

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)



جلد ۱۰ شماره ۴

Vol. 10 No. 4

زمستان ۱۳۹۷

Winter 2019

Journal of Agroecology (Quarterly)

ISSN: 2008-7713

شماره ۴: ۷۷۱۳-۲۰۰۸

(شماره پیاپی ۳۸)

عنوان مقالات

- مقایسه اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در الگوهای کشت اول و دوم با روش ارزیابی چرخه‌حیات (مطالعه موردی: شهرستان ساری) ۹۴۹
عبداله ملافیلابی
- ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با برخی گیاهان زراعی ۹۶۵
سحر مریداحمدی، سرور خرم دل، علیرضا کوچکی، جواد شهابنگ و عبداله ملافیلابی
- اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات کیفی اسانس اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط آب و هوایی افغانستان ۹۸۳
محمد یوسف جامی، عبداله ملافیلابی و مجید امینی دهقانی
- اندازه‌گیری تمایل به پرداخت برای خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک تادوره و عوامل مؤثر بر آن ۱۰۰۷
محمد قربانی، علیرضا کوچکی و محسن رجب زاده
- رذپای اکولوژیکی غذا در ایران ۱۰۱۳
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و سرور خرم‌دل
- روند تغییرات زمانی رذپای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده ۱۰۳۵
مهدی نصیری محلاتی، علیرضا کوچکی و سرور خرم‌دل
- توزیع زیستی حشرات در بوم نظام‌های زراعی از گنابک و راج گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه فریمان ۱۰۵۱
منصوره محلوچی راد، پرویز رضوانی مقدم، مهدی پارسا، قربانعلی اسدی و ناصر شاهنوشی
- تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) ۱۰۶۷
نادر مدافع بهزادی، پرویز رضوانی مقدم و محسن جهان
- بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کفنی و کیفی علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) ۱۰۸۱
مرضیه اله دادی، یعقوب رامی، بابک بحرینی نژاد و اکبر نفی زاده
- اثر تنش باد تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات کمی چای ترش (*Hibiscus subdariffa* L.) ۱۰۹۳
ملحه محمدزاده، براتعلی قاضی، نقیسه مهدی نژاد و رفیع محمدپور
- واکنش عملکرد و صفات فیزیولوژیک عدس (*Lens culinaris* L.) به کودهای شیمیایی فسفری و زیستی در شرایط متفاوت رطوبتی ۱۱۰۷
مراد محمدی، محمدرضا قانع، ناصر مجنون حسینی و حسین مقدم
- مدیریت علف‌های هرز با استفاده از کشت مخلوط غلات- کدو ۱۱۲۱
لیلا سلیمانپور، روح اله نادری، احسان یزین زاده و یحیی امام
- ارزیابی زیست محیطی سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) استان گلستان ۱۱۳۵
رضا عارفی، افشین سلطانی و حسین عجم نوروزی
- ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن ارقام جدید و قدیم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی استان گلستان (مطالعه موردی: گنبد کاووس) ۱۱۴۹
علی اصغر میرزایی، علی راحمی کاریزکی، علی‌بخش مقدم و عبدالطیف قلی‌زاده
- بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان ۱۱۶۱
فاطمه برزگری و حسین ملکی نژاد
- مستندسازی فرآیندهای تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در سیستم‌های آبی و دیم در استان گلستان ۱۱۷۷
مریم طهماسبی، محمود رمروزی، افشین سلطانی، احمد قنبری و براتعلی قاضی
- ارزیابی اثر عوامل مختلف زراعی و اجتماعی بر عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط اقلیمی استان کرمانشاه- دهستان سنجایی ۱۲۰۳
ناصر سهرابی، علیرضا باقری، فرزاد مندلی و ایرج نصری
- ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی برخی گونه‌های آویشن (*Thymus* spp.) جهت کشت در فضای سبز ۱۲۱۷
حسن ملکی لاجپار، هدایت زکی زاده، یوسف حمیدالوعلی، اسماعیل چمنی و محمد حسن بیگلرلی
- اثر هم‌زیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذور بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح تنش خشکی ۱۲۲۹
عبدالحسین عسکری، محمدرضا اردکانی، سعید وزان، فرزاد پاک نژاد و یعقوب حسینی
- تأثیر مدیریت تغذیه ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب کلزا (*Brassica napus* L.) - گندم (*Triticum aestivum* L.) ۱۲۴۵
حامد اکبری و سید علی محمد مدرس تالویی
- خصوصیات رشدی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تأثیر مصرف تلفیقی کود دامی و شیمیایی ۱۲۵۹
هادی زرقانی، پرویز رضوانی مقدم، احمد قنبری و عبدالجلیل باق

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

جلد ۱۰

شماره ۴

زمستان ۱۳۹۷

Vol. 10

No. 4

Winter 2019

Journal of Agroecology (Quarterly)

Contents

- Comparison of Environmental Impacts for Rice (*Oryza sativa* L.) Agroecosystems in the First and Second Planting Patters by using Life Cycle Assessment (Case Study: Sari County) 963
A. Mollafilabi
- Evaluation of Yield and Yield Components of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) and Land Equivalent Ratio affected as Row Intercropping with some Field Crops 980
S. Morid Ahmadi, S. Khorramdel, A. Koocheki, J. Shabahang and A. Maollafilabi
- Effect of Irrigation Regimes on Yield, Yield Components and Characteristics Criteria of Essential Oil Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Ecotypes in Afghanistan 1004
M.Y. Jami, A. Mollafilabi and M. Amini Dehaghi
- Measuring Willingness to Pay for Economic and Ecological Services in Tandooreh National Park 1020
M. Ghorbani, A. Koocheki and M. Rajab zade
- Ecological Footprint of Foodstuff in Iran 1033
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and S. Khorramdel
- Temporal Trends of Ecological Footprint of Foodstuffs in Iran and Evaluation of Future Scenarios 1049
M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki and S. Khorramdel
- Insect's Biodiversity in Conventional and Organic Agro-ecosystems for Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Potato (*Solanum tuberosum*) in Fariman Region 1065
M. Mahloji Rad, P. Rezvani Moghaddam, M. Parsa, Gh.A. Asadi and N. Shahnooshi
- Effects of Planting Date and Plant Density on Morphology and Yield of Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) as a Medicinal Plant 1078
N. Modafe Behzadi, P. Rezvani Moghaddam and M. Jahan
- Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Forage 1091
M. Allahdadi, Y. Raei, B. Bahreinejad and A. Taghizadeh
- The Effects of Wind Stress on the Quantitative Features of Hibiscus under Different Levels of Chemical and Biological Fertilizers (*Hibiscus sabdariffa* L.) 1105
M. Mohammadzade, B. Fakheri, N. Mehdi Nejad and R. Mohammadpoor
- Response of Lentil (*Lens culinaris* L.) Yield and Physiological Traits to Chemical and Bio-phosphorus Fertilizers under Different Irrigation Regimes 1118
M. Mohammadi, M. Ghane, N. Majnoun Hoseini and H. Moghaddam
- Ecological Weed Management in Cereal-legume Intercropping 1132
L. Soltanipour, R. Naderi, E. Bijanzadeh and Y. Eimam
- Environmental Assessment of Agricultural Pesticides Used in Cotton Fields in Golestan Province 1147
R. Arefi, A. Soltani, and H. Ajam Norouzi
- Evaluation of Nitrogen Use Efficiency Indices of New and Old Barley Cultivars in Climatic Conditions of Golestan Province (Case Study: Gonbad Kavous) 1159
A.A. Mirzaei, A. Raheimi-Karizaki, A. Nakhzari-Moghadam and E. Gholizadeh
- Investigation of the Effects of Climate Change on Sustainability of Water Need and Water Consumption of Agricultural Section in the Yazd-Ardakan Plain 1175
F. Barzegari and H. Malekinezhad
- Documenting the Process of Wheat Production in Irrigated and Rain-fed Systems in Golestan Province 1201
M. Tahmasebi, M. Ramroudi, A. Soltani, A. Ghanbari and B.A. Fakheri
- Assessment of Various Agronomic and Social Factors Impacts on the Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.): A Case Study. Kermanshah Province, Sanjabi Rural District 1215
N. Sohrabi, A. Bagheri, F. Mondani and I. Nosrati
- Evaluation of Freezing Tolerance of Some Thyme (*Thymus* spp.) Species in Green Space 1226
H. Maleki Lajayer, H. Zakizadeh, Y. Hamidoghli
- Effect on Mycorrhizal Fungi Symbiosis and Priming on Yield and Yield Components of Sesame Seeds at Levels of Drought Stress 1243
A. H. Askari, M. R. Ardekani, S. Vazan, F. Paknejad, and Y. Hosseini
- Effects of Nutritional Management on Yield, Nitrogen Use Efficiency, Soil Organic Carbon and Nitrogen in Canola-Wheat Crop Rotation 1256
H. Akbari, and S.A.M. Modares Sanavy
- Growth Characteristics and Grain Yield of Corn (*Zea mays* L.) (Single Cross 704) Affected by the Combined Consumption of Chemical and Manure Fertilizers 1267
H. Zarghani, P. Rezvani Moghaddam, A. Ghanbari and A.J. Yanegh

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۱۰ شماره ۴ زمستان ۱۳۹۷

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

دکتر محمد پسرکلی، استاد پژوهشی، دانشکده علوم گیاهی، دانشگاه آریزونا

دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

دکتر سرور خرم دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر عادل دباغ محمدی نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر احمد زارع فیض آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

دکتر حمید شاهنده، پژوهشگر علوم خاک، گروه علوم خاک و گیاهان زراعی، دانشگاه تگزاس A & M

دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمد گلوی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

دکتر مهدی نصیری محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۱۰ نسخه

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق

پستی: ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴

پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.

<http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology>

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۹۴۹ مقایسه اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در الگوهای کشت اول و دوم با روش ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهرستان ساری)
عبداله ملافیلابی
- ۹۶۵ ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با برخی گیاهان زراعی
سحر مریداحمدی، سرور خرم دل، علیرضا کوچکی، جواد شباهنگ و عبداله ملافیلابی
- ۹۸۳ اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات کیفی اسانس اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط آب و هوایی افغانستان
محمد یوسف جامی، عبداله ملا فیلابی و مجید امینی دهقی
- ۱۰۰۷ اندازه‌گیری تمایل به پرداخت برای خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک تندوره و عوامل مؤثر بر آن
محمد قربانی، علیرضا کوچکی و محسن رجب زاده
- ۱۰۲۳ رد پای اکولوژیکی غذا در ایران
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و سرور خرم‌دل
- ۱۰۳۵ روند تغییرات زمانی رد پای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده
مهدی نصیری محلاتی، علیرضا کوچکی و سرور خرم‌دل
- ۱۰۵۱ تنوع زیستی حشرات در بوم نظام‌های زراعی ارگانیک و رایج گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه فریمان
منصوره محلوچی راد، پرویز رضوانی مقدم، مهدی پارسا، قربانعلی اسدی و ناصر شاهنوشی
- ۱۰۶۷ تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی وسمه (*Indigofera tinctoria* L.)
نادر مدافع بهزادی، پرویز رضوانی مقدم و محسن جهان
- ۱۰۸۱ بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.)
مرضیه اله دادی، یعقوب راعی، بابک بحرینی نژاد و اکبر تقی زاده
- ۱۰۹۳ اثر تنش باد تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات کمی جای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)
ملیحه محمدزاده، براتعلی فاخری، نفیسه مهدی نژاد و رقیه محمدپور
- ۱۱۰۷ واکنش عملکرد و صفات فیزیولوژیک عدس (*Lens culinaris* L.) به کودهای شیمیایی فسفوری و زیستی در شرایط متفاوت رطوبتی
مراد محمدی، محمدرضا قانع، ناصر مجنون حسینی و حسین مقدم
- ۱۱۲۱ مدیریت علف‌های هرز با استفاده از کشت مخلوط غلات- لگوم
لیلا سلیمانپور، روح اله نادری، احسان بیژن زاده و یحیی امام
- ۱۱۳۵ ارزیابی زیست محیطی سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) استان گلستان
رضا عارفی، افشین سلطانی و حسین عجم نوری
- ۱۱۴۹ ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن ارقام جدید و قدیم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی استان گلستان (مطالعه موردی گنبد کاووس)
علی اصغر میرزایی، علی راحمی‌کاریزکی، علی نخزری مقدم و عبدالطیف قلی‌زاده

- ۱۱۶۱ بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان
فاطمه برزگری و حسین ملکی نژاد
- ۱۱۷۷ مستندسازی فرآیندهای تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در سیستم‌های آبی و دیم در استان گلستان
مریم طهماسبی، محمود رمرودی، افشین سلطانی، احمد قنبری و براتعلی فاخری
- ۱۲۰۳ ارزیابی اثر عوامل مختلف زراعی و اجتماعی بر عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.): مطالعه موردی استان کرمانشاه- دهستان
سنجایی
ناصر سهرابی، علیرضا باقری، فرزاد مندنی و ایرج نصرتی
- ۱۲۱۷ ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی برخی گونه‌های آویشن (*Thymus* spp.) جهت کشت در فضای سبز
حسن ملکی لجایر، هدایت زکی زاده، یوسف حمیداوغلی، اسماعیل چمنی و محمد حسن بیگلویی
- ۱۲۲۹ اثر هم‌زیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح
تنش خشکی
عبدالحسین عسکری، محمدرضا اردکانی، سعید وزان، فرزاد پاک نژاد و یعقوب حسینی
- ۱۲۴۵ تأثیر مدیریت تغذیه ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب کلزا (*Brassica napus* L.)- گندم
(*Triticum aestivum* L.)
حامد اکبری و سید علی محمد مدرس ثانوی
- ۱۲۵۹ خصوصیات رشدی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تأثیر مصرف تلفیقی کود دامی و شیمیایی
هادی زرقانی، پرویز رضوانی مقدم، احمد قنبری و عبدالجلیل یاتق

اسامی ارزیابان جلد ۱۰ شماره ۴ (زمستان ۱۳۹۷) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی	دکتر حمیدرضا فلاحي	دانشگاه بیرجند
دکتر امیر بهزاد بذرگر	دانشکده علوم محیطی، دانشگاه گوئلف	دکتر احمد قاسمی	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان
دکتر بهاره پارسا مطلق	دانشگاه جیرفت	دکتر رضا قربانی	دانشگاه فردوسی مشهد
مهندس حسن پرسا	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر اسماعیل قلی نژاد	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق	دکتر مجیدرضا کیانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر مجید جامی الاحمدی	دانشگاه بیرجند	دکتر سیداحمد محدث حسینی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر سید مهدی جوادزاده	دانشگاه ایرانشهر	دکتر منصوره محلوجی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر کمال حاج محمدنیا قالیباف	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر روح اله مرادی	دانشگاه کرمان
دکتر علیرضا خدائشناس	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی	دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر حامد منصوری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
دکتر محمد خیرخواه	مجتمع آموزش عالی شیروان	دکتر سید شهاب الدین معین الدینی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا دیهیم فرد	دانشگاه شهید بهشتی	دکتر سید یوسف موسوی طغانی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دکتر اسماعیل رضائی چپانه	دانشگاه ارومیه	دکتر سید محسن موسوی نیک	دانشگاه زابل
دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر رامین نظریان	دانشگاه هرات
دکتر الهام عزیزی	دانشگاه پیام نور	دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مرتضی عظیم زاده	دانشگاه آزاد شیروان	دکتر جواد وفابخش	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر عبدالعلی غفاری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجانغربی		

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

It is very appropriate that a new Journal of Agroecology has appeared in a part of the world that history tells us is where some of the earliest organized crop farmers and animal managers in the world first began their work. The traditional farmers of the Persian region are famous for their ability to design and manage sustainable agroecosystems, making them some of the first agroecologists. Their extensive knowledge about water conservation, dryland farming, irrigation, crop and animal domestication, to name a just few of their abilities, have long served as models of wise natural resource management under limiting environmental conditions.

Traditional agroecosystems have developed in the region that are complex systems of interrelated activities focused on the work of each household unit, and their relationships with local communities. Crop farming, animal husbandry, and local handicrafts all combine to provide year-round participation of the entire family. A large variety of animal and plant products, available throughout the year, provide food security that withstands major environmental limitation (especially from drought) and socio-economic uncertainty (especially from market fluctuations). But perhaps most importantly, many farmers of the region live and work within the limitations of the ecological backdrop within which they are located, using local resources and inputs. The ecological and social sustainability of agriculture in such systems is strongly interdependent.

But modern agriculture in the region, as in most parts of the world today, is rapidly displacing this local, traditional knowledge. New sources of energy and technology, most often dependent on non-renewable and costly external inputs, have helped raise yields dramatically. A strong focus has been placed on production for distribution to distant markets that are not in touch with the local understanding of the limits to agroecosystem design and management.

Over the past few decades, the long-term costs and liabilities of the introduction of these modern farming techniques have been documented. Soil and water degradation, loss of agricultural biodiversity, contamination of air and water by pesticides and fertilizers, and increased pest and disease resistance to agrichemicals, are just a few of the environmental problems faced by agriculture today. And the loss of productive agricultural land to urban and industrial development, the displacement of farmers from the land to the cities, and the frequent hunger and poverty in rural regions have become all too common problems on the social side of agriculture.

This journal offers a forum for the re-building of a sustainable agriculture for the region. Using the ecological concepts and principles, local agroecologists can provide a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

I congratulate Dr. Alireza Koocheki and Dr. Reza Ghorbani of the Faculty of Agriculture at Ferdowsi University in Mashhad, Iran, for this big step forward for agroecology and sustainable food systems. They are both pioneers in this field and a valuable example for students and farmers of the region.

Steve Gliessman
Ruth and Alfred Heller Professor of Agroecology
University of California, Santa Cruz
March 2010

سخن سردبیر

در حال حاضر بوم‌نظام‌های تولید غذا در جهان با اتکاء به دستاوردهای حاصل از تکنولوژی‌های جدید، توانسته است از دیدگاه کمی غذای مورد نیاز جمعیت کره زمین را تولید نماید، ولی از نظر کیفی هنوز بیش از یک میلیارد و دویست میلیون نفر در گرسنگی یا سوء تغذیه بسر می‌برند و این در حالی‌ست که بوم‌نظام‌های فعلی تولید غذا با مشکلات بسیاری از جمله فرسایش خاک، بحران آب، تخریب زمین‌های حاصلخیز، مقاومت علف‌های هرز و آفات به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، طغیان آفات و بیماری‌های ناشی از تدوام بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

به همین دلیل امروزه دیدگاه‌های جهانی نسبت به تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی به سرعت در حال تغییر است. موضوع تولیدات کشاورزی و غذا از نوع صرفاً فنی به موضوعی کاملاً پیچیده از ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سیاسی تبدیل شده است. علاوه بر آن، عقیده بر این است خدمات یک بوم‌نظام تنها آن چیزی نیست که بطور مستقیم تولید می‌کند، بلکه خدمات مجازی یا پنهان آن می‌تواند ارزشی به مراتب فراتر از تولید مستقیم آن داشته باشد. به همین دلیل اصطلاحاً کشاورزی را نیز باید از ابعاد چند کارکردی نگریست و در قالب محیط زیست آن را مدیریت کرد و منابع زیست محیطی آن را افزایش داد. برای رسیدن به این هدف به نظر می‌رسد طراحی مجددی را برای بوم‌نظام‌های کشاورزی ضروری باشد.

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردید بهره‌گیری از مبانی بوم‌شناختی در تولید مواد غذایی نه تنها شناخت بیشتری را می‌طلبد، بلکه فرآیندی درازمدت و با ثبات بوده و برای ارزیابی آن باید مقیاس زمانی طولانی‌تری را مدنظر قرار داد. طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر چنین مبانی، مراحل مختلفی از جمله مرحله بالابردن کارایی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

نشریه بوم شناسی کشاورزی هنوز در ابتدای راه موفقیت قرار دارد. هدف دست اندرکاران نشریه در سال جاری و سال‌های آینده بهبود کمی و کیفی مقالات منتشر شده و اقدام در جهت نمایه نمودن نشریه در فهرست مجلات ISI می‌باشد، لذا راهنمای نگارش مقالات مطابق با استانداردهای اعلام شده آن مؤسسه باشد.

بدیهی است که ادامه و پیشرفت کمی و کیفی یک مجله به ارتباط علمی با تمامی همکاران گرامی دانشگاهی، پژوهشگران محترم مراکز پژوهشی، دانشجویان عزیز و سایر علاقمندان علم بوم‌شناسی کشاورزی و استفاده از رهنمودها و تجارب ارزشمند آنها بستگی دارد. لذا از کلیه عزیزان دعوت می‌شود تا با ارسال نتایج ارزشمند تحقیقاتی خود و کمک در داوری مقالات ما را جهت پُر بارتر کردن مطالب مجله، یاری دهند. از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد با ارسال انتقادات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت ارتقای هر چه بیشتر کیفیت نشریه بهره‌مند فرمایند.

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی



به نام خدا



پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

گرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی در تولید مواد غذایی غیرقابل انکار است، ولی پیامدهای منفی ناشی از آن نیز از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل توجه است. فرسایش خاک و منابع ژنتیکی، آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین، تنها بخشی از مشکلات ناشی از فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی توسط انسان است. به همین دلیل، امروزه در جستجو برای نوعی کشاورزی جایگزین، به کاربرد مبانی بوم‌شناسی در عملیات کشاورزی توجه خاصی معطوف شده است. چنین رهیافتی جز با نگرشی نظام‌مند به کشاورزی و در چارچوب آنچه که به اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین ترتیب طراحی بوم‌نظام‌هایی با اتکاء به اصول بوم‌شناختی را ضروری می‌سازد. آنچه در کشاورزی بوم‌سازگار مطرح است نگاهی جامع به مجموعه‌ای از کارکردها است که هدف از آن تنها کسب محصول صرفاً اقتصادی نیست و عملکرد مفهومی فراتر از مفهوم رایج آن، به عنوان تنها بخشی از کارکرد یک بوم‌نظام کشاورزی، را در بر می‌گیرد. در همین چارچوب در بوم‌نظام‌های کشاورزی در حقیقت کسب عملکرد بیشینه هدف نیست، بلکه عملکردی پایدار و چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور نه تنها دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا در رشته کشاورزی بوم‌سازگار دایر شده است، بلکه حجم قابل ملاحظه‌ای از مقالات علمی که در حال حاضر در نشریات رایج علمی- پژوهشی کشاورزی منتشر می‌شود، بر همین مبنا است. به همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله‌ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله‌ای «بوم‌شناسی» است، لذا اطلاعات علمی مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی که بر این مبنا استوار باشد متناسب با این مجله می‌باشد.

با توجه به سابقه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در رابطه با کشاورزی بوم‌سازگار، این مجله توسط این گروه و سالانه در چهار شماره در زمینه‌های زیر منتشر خواهد شد:

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حداقل اتکاء به نهاده‌های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره‌برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی اگر و اکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیک، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآورده‌های بیولوژیک
- مدیریت اکولوژیک آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز با استفاده از روابط بیولوژیکی و عملیات تلفیقی
- عملیات ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از گیاهان دارویی در تناوب و یا بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد، رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر 20 صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین 600-700 واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title

2. Author

3. Affiliation

4. Introduction

5. Materials and Methods

6. Results and Discussion

9. Conclusion

10. Acknowledgements

11. Keywords

12. References

- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آنها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آنها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمت‌های چکیده مبسوط متناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه‌گیری کلی نوشته شود.

- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پراکنش ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007). برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).
- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999), Smith & Samuel (2009) و Samuel et al. (2008).
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌های جدول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملاً انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انگلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

- الف - کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 انتخاب گردد.
- ب - کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.
- ج - در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.
- د - در صورتی که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.
- مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:
- 1- مجلات:
Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.
 - 2- کتاب تالیف شده:
Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.
 - 3- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):
Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.), Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139-158.

4- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Flora, C.B. 2004. Agricultural change and rural development. Rural Development News 27(3):1-3. Available at Web site <http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol27No3-2004/agchange.htm> (verified 5 September 2000).

5- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی همراه با نام نگارنده:

Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. 2006. IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at Web site <http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm> (verified 5 September 2007).

6- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی بدون نام نگارنده:

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site <http://faostat.fao.org/default.aspx> (verified 5 September 2007).

7- رساله‌های تحصیلی:

Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

8- کنفرانس‌های علمی:

Verschwele, A. 2007. Reducing weed infestation in winter wheat by sowing technique. In Seventh EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11-14 March 2007, p. 91-96.

9- گزارش‌های علمی:

Pretty, J. and Hine, R. 2001. Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Final report from the 'SAFE World' Research Project, University of Essex. Available at <http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEWexecsumfinalreport.htm> (accessed 22 February 2007).

NJF. 2005. NJF-Seminare 369. Organic farming for a new millennium – status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists, NJP Report Volume 1, No. 1. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. p. 252-256.

California Department of Food and Agriculture. 2004. State organic crop and acreage report. Available at Web site: www.cdfa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

10- نرم افزارهای کامپیوتری:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

Systat. 2004. Systat Version 11. Systat Software, London, UK.

از کلیه همکاران، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که مایل به چاپ مقاله در این مجله می‌باشند، تقاضا می‌شود مقالات خود را با مشخصات فوق تهیه و از طریق سایت نشریه به صورت الکترونیکی برای دفتر نشریه ارسال فرمایند.

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفتر مجله بوم‌شناسی کشاورزی

صندوق پستی: 91775-1163

تلفن: 051-38804654 نمابر: 051-38787430 E-mail: Agroecology@um.ac.ir

<http://jm.um.ac.ir/index.php/agroecology>

از آنجائیکه نشریه بوم‌شناسی کشاورزی مبتنی به نتایج پژوهش‌هایی است که مستقیماً با محیط طبیعی در ارتباط است، نتایج پژوهش‌های مربوط به محیط‌های تحت کنترل مانند گلخانه و آزمایشگاه تناسب چندانی با این نشریه ندارند و لذا از پذیرش مقالاتی که حاصل چنین پژوهش‌هایی باشد معذوریم.



مقایسه اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در الگوهای کشت اول و دوم با روش ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهرستان ساری)

عبداله ملا فیلابی^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

ملا فیلابی، ع. ۱۳۹۷. مقایسه اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در الگوهای کشت اول و دوم با ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهرستان ساری). بوم شناسی کشاورزی، ۱۰ (۴): ۹۴۹-۹۶۴.

چکیده

ارزیابی چرخه حیات (LCA) یکی از توسعه‌یافته‌ترین و قابل قبول‌ترین ابزارهای جهانی برای مقایسه اثرات زیست محیطی فرآورده‌ها و خدمات است که اثرات زیست محیطی و پتانسیل تأثیر یک فرآورده را از تولید تا مصرف مطالعه و ارزیابی می‌کند. برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهمترین محصولات زراعی است. هدف این مطالعه تعیین اثرات زیست محیطی تولید برنج در روش کشت اول و دوم در شهرستان ساری با استفاده از ارزیابی چرخه حیات بود. بدین منظور، میانگین نهاده‌های مصرفی طی سال ۱۳۹۳ به ازای یک هکتار تعیین شد. اطلاعات از ۱۰۵ کشاورز برنج‌کار از طریق مصاحبه با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شد. LCA بر اساس روش ارائه شده در ایزو ۱۴۰۴۴ در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی تأثیر چرخه حیات و تلفیق و تفسیر نتایج محاسبه گردید. پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در محیط‌های خشکی و آبی به عنوان سه گروه تأثیر مهم مدنظر قرار گرفتند. واحد کارکردی نظام‌های تولید برنج معادل یک تن شلتوک در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی برنج در مقایسه الگوهای کشت مربوط به کشت دوم با ۸۴۰/۳۶ واحد معادل کیلوگرم CO₂ به ازای یک تن شلتوک بود. در الگوی کشت دوم، میزان انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای شامل CO₂، CH₄ و N₂O به ترتیب برابر با ۴۰۲/۸۲، ۰/۸۵ و ۴۳۶/۷۰ معادل کیلوگرم CO₂ به ازای یک تن شلتوک تعیین شد. در الگوی کشت دوم میزان انتشار انواع آلاینده‌ها در گروه تأثیر اسیدی شدن شامل NH₃، NO_x و SO₂ به ترتیب برابر با ۰/۲۲۵، ۰/۵۴۱ و ۲/۰۷ واحد معادل کیلوگرم SO₂ به ازای یک تن شلتوک بود. بالاترین پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های آبی و خشکی در الگوی کشت دوم برابر با ۲/۰۷ واحد معادل کیلوگرم PO₄ به ازای یک تن شلتوک و ۲/۴۸ واحد معادل کیلوگرم NO_x به ازای یک تن شلتوک محاسبه شد. مجموع شاخص زیست محیطی برنج در الگوی کشت دوم برابر با ۰/۳۹ EcoX به ازای یک تن شلتوک بدست آمد. بنابراین، می‌توان بهره‌گیری از اصول اکولوژیک نظیر کاهش خاکورزی و مصرف کودهای آلی را به عنوان راهکارهایی پایدار در مدیریت مزارع برنج به ویژه در الگوی کشت دوم به منظور کاهش اثرات زیست محیطی مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: اوتریفیکاسیون بوم‌نظام آبی، مدیریت اکولوژیک، گرمایش جهانی، شلتوک

مقدمه

خود اختصاص داده است و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (Chabra et al., 2006). برنج تولیدی در ایران حدود دو سوم مصرف سالانه کشور را تأمین می‌کند و مابقی آن وارد می‌گردد. لزوم توجه به اثرات زیست محیطی نظام‌های مختلف تولید این محصول مهم، امری ضروری می‌باشد.

تجزیه و تحلیل انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی رهیافتی سودمند جهت ارزیابی کارایی مصرف انرژی، مشکلات زیست محیطی

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهمترین محصولات کشاورزی دنیاست و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه در جهان به

۱- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
(*) نویسنده مسئول:
(Email: a.filabi@rifst.ac.ir)

و ارتباط آنها با پایداری محسوب می‌شود (Giampietro et al., 1992). بیشترین انرژی غیرمستقیم در مزارع، مربوط به کود نیتروژنه (۲۰-۳۰ درصد) و ماشین آلات (۶-۱۲ درصد) می‌باشد (Marini et al., 2002). ارزیابی انرژی مصرفی برنج در گیلان نشان داد که کارایی انرژی در روش نیمه‌مکانیزه بیشتر از روش سنتی می‌باشد (Peyman et al., 2005). نتایج مقایسه دو سیستم کشت کم‌نهاده و مرسوم تولید برنج در استان‌های مازندران و گیلان نشان داد که ورودی‌های انرژی کشت مرسوم بالاتر بوده که از این میان سوخت و الکتریسیته بیشترین سهم را به خود اختصاص دادند (Mansoori et al., 2012).

به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی بوم‌نظام‌های کشاورزی روش‌های مختلفی وجود دارد (Schröder et al., 2003) که هدف اصلی و مشترک این روش‌ها، بررسی اثرات زیست محیطی فعالیت‌های مختلف می‌باشد (Payraudeau & van der Werf, 2005). با این وجود، تعداد زیادی از محققان (Brentrup et al., 2001; Brentrup et al., 2004a; Brentrup et al., 2004b; Finkbeiner et al., 2006; Roy et al., 2009) بر این باورند که LCA، مناسب‌ترین رویکرد برای ارزیابی پایداری فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. در این رویکرد، اثرات زیست محیطی مرتبط با نظام تولیدی در نظر گرفته شده و نظام‌های زراعی ارزیابی می‌شوند (Nemecek et al., 2011). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2015) در بررسی ارزیابی چرخه حیات تولید شلتوک برنج در گرگان در دو نظام کشت بهاره و تابستانه و پنج گروه تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه انرژی غیرتجدیدشونده، اوتریفیکاسیون و تخلیه منابع آبی اظهار داشتند که تولید شلتوک در کشت بهاره دارای تأثیرات نامناسب زیست محیطی کمتری نسبت به کشت تابستانه بود؛ به طوری که در نظام کشت بهاره پتانسیل آسیب زیست‌محیطی در گروه‌های تأثیر مورد مطالعه شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون، تخلیه انرژی غیرتجدیدشونده و تخلیه منابع آب به ترتیب ۳۴، ۲۹، ۳۰، ۳۵ و ۴۴ درصد کمتر از نظام تابستانه محاسبه گردید. دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) در پژوهشی با مقایسه انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در شالیزارهای مازندران به این نتیجه رسیدند که بیشترین درصد انتشار گاز CO₂ و پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به ورودی نیروی برق مورد استفاده برای پمپ کردن آب بود. کود

نیتروژن و سوخت نیز در رتبه‌های دوم و سوم تشدیدکنندگی قرار گرفتند. این محققان متوسط پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید برنج را برابر ۲۳۰۷ کیلوگرم CO₂ در هکتار محاسبه نمودند. برخی محققان اثرات زیست محیطی محصولات مختلف همچون گندم (*Triticum aestivum* L.) (Fallahpour et al., 2012;) جو (*Hordeum vulgare* L.) (Khorramdel et al., 2013)، زعفران (*Crocus sativus* L.) (Khorramdel et al., 2015)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) (Mollafilabi et al., 2015)، سیب زمینی (*Solanum* L.) (Nikkhah et al., 2015)، سویا (*Glycine tuberosum* L.) (Esmailpour et al., 2015) و (max L. در گلستان (Mohammadi et al., 2013) را با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بررسی نموده‌اند.

بر این اساس، اگرچه مطالعات نسبتاً جامعی در خصوص کارایی انرژی محصولات مختلف در کشور انجام شده است، ولی از آنجا که در زمینه ارزیابی اثرات زیست محیطی الگوهای مختلف تولید برنج به عنوان یکی از گیاهان مهم مورد استفاده در مناطق عمده تولید آن اطلاعاتی در دسترس نیست، لذا این تحقیق با هدف محاسبه LCA برای الگوهای تولید این محصول مهم زراعی در کشت اول و کشت دوم در شهرستان ساری انجام شد.

مواد و روش‌ها

استان مازندران یکی از سه استان شمالی ایران می‌باشد که در بین محدوده طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۸ دقیقه شرقی و محدوده عرض جغرافیایی بین ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و عرض ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی قرار دارد. این مطالعه به صورت پرسشنامه‌ای در شهرستان ساری از طریق مراجعه حضوری به کشاورزان برنج‌کار در سال ۱۳۹۳ انجام شد. همزمان با تکمیل پرسشنامه، مصاحبه‌هایی با صاحب‌نظران منطقه در اداره جهاد کشاورزی، مراکز خدمات کشاورزی، تعاونی‌های خدمات کشاورزی و همچنین مهندسین ناظر انجام شد و دیدگاه‌ها و نظرات آنان در مورد وضعیت و مسائل کشت این محصول در الگوهای کشت اول و دوم مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین تعداد کشاورزان از روش نمونه‌گیری تصادفی و فرمول ارائه شده توسط کوکران استفاده شد (Snedecor & Cochran, 1980). بر این اساس، تعداد کشاورزان در الگوهای کشت اول و دوم به ترتیب ۴۵ و

۶۰ نفر تعیین گردید. شلتوک برنج در الگوهای کشت اول و دوم در شهرستان ساری در میانگین عملکرد و نهاده‌های مورد استفاده برای تولید یک تن جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقدار نهاده‌ها و ستانده‌های برنج در الگوهای کشت اول و دوم به ازای یک هکتار
Table 1- Amount of inputs and outputs for rice at the first and second planting patterns per one ha

الف) نهاده‌ها A) Inputs	کشت اول First planting	کشت دوم Second planting
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (hr)	350	400
سوخت (لیتر) Fuel (l)	200	300
کودهای شیمیایی (کیلوگرم) Chemical fertilizers (kg)		
الف) نیتروژن A) Nitrogen	150	190
ب) پتاسیم B) Potassium	67	40
ج) فسفر C) Phosphorus	154	105
سموم شیمیایی (کیلوگرم) Chemical biocides (kg)		
الف) علف‌کش A) Herbicide	5	8.5
ب) حشره‌کش B) Insecticide	13	15
ب) ستانده‌ها B) Outputs		
شلتوک (کیلوگرم) Paddy	3999	2380
کاه (کیلوگرم) Straw	1761	1140

محاسبه شد (Brentrup et al., 2001). اثرات زیست محیطی نیز بر اساس استانداردهای بین‌المللی برآورد شد (Finkbeiner et al., 2006).

ج- ارزیابی تأثیر چرخه حیات^۳: گروه‌های تأثیر مورد بررسی شامل اوتریفیکاسیون در محیط‌های آبی و خشکی، گرمایش جهانی و اسیدی شدن بودند. به منظور تجزیه و تحلیل کمی نتایج بخش ممیزی، برای هر یک از گروه‌های تأثیر، ضریب تأثیر تعریف شد (Brentrup et al., 2004a; Finkbeiner et al., 2006).

گرمایش جهانی: پتانسیل گرمایش جهانی^۴ برای بیان میزان مشارکت انواع گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته از بوم‌نظام‌های زراعی

بر اساس روش ارائه شده در ISO14044 (International Organization for Standardization, 2006; Brentrup et al., 2004a)، LCA در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه، ممیزی چرخه حیات، ارزیابی تأثیر چرخه حیات و تلفیق و تفسیر نتایج محاسبه و تعیین شد.

الف- تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه^۱: «واحد کارکردی» معادل یک تن شلتوک در نظر گرفته شد (Brentrup et al., 2004a).

ب- ممیزی چرخه حیات^۲: در این مرحله، میزان مصرف نهاده‌ها از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و بر حسب واحد کارکردی

3- Life cycle impact assessment (LCIA)

4- Global warming potential

1- Objectives and definition of scope

2- Life cycle inventory (LCI)

در بروز مشکلات زیست محیطی و تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sheng-Wei et al., 2010). این گروه تأثیر پس از تعیین از طریق برآورد میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل CO₂، CH₄ و N₂O، بر اساس واحد معادل CO₂ یکسان‌سازی شد (جدول ۲) (International Organization for Standardization, 2006).

جدول ۲- ضرایب وزن‌دهی گروه‌های تأثیر مورد مطالعه (Brenttrup et al., 2004a, b)
Table 2- Weighting coefficients for impact categories (Brenttrup et al., 2004a, b)

گرمایش جهانی (واحد معادل CO ₂ به ازای کیلوگرم انتشار)	
Global warming potential (in kg CO ₂ equivalent per kg emission)	
فاکتور	مقدار (کیلوگرم)
Factor	Amount (kg)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
اسیدی شدن (واحد معادل SO ₂ به ازای کیلوگرم انتشار)	
Acidification potential (in kg SO ₂ equivalent per kg emission)	
SO ₂	1.2
NO _x	0.5
NH ₃	1.06
اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی (معادل NO _x به ازای کیلوگرم انتشار)	
Terrestrial eutrophication potential (in kg NO _x equivalent per kg emission)	
NO _x	1.2
NH ₃	4.3
اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های آبی (معادل PO ₄ به ازای کیلوگرم انتشار)	
Aquatic eutrophication potential (in kg PO ₄ equivalent per kg emission)	
P	0.95
NO ₃	0.1
NO _x	0.13
NH ₄	0.33
NH ₃	0.35
N	0.42
NO ₃ -N	0.42

دو زیرگروه محیط‌های خشکی و آبی برآورد و به ترتیب بر اساس NO_x و PO₄ یکسان‌سازی شدند (جدول ۲) (Brenttrup et al., 2004a; Biswas et al., 2008).

پس از آن، نرمال کردن شاخص‌ها بر اساس دستورالعمل ISO انجام شد (Guinée, 1996; Guinée, 2001). به این ترتیب، ابتدا سه گروه تأثیر فوق‌میزی و تأثیر کارکرد بوم‌نظام‌های تولید برنج در الگوهای کشت اول و دوم بصورت کمی تعیین شد. این گروه‌های تأثیر که بسته به ماهیت ممکن است منبع یا عوامل انتشار یافته باشند در ضریب تأثیر مربوطه ضرب و تأثیر آنها به ازای واحد کارکردی مشخص شد (معادله ۱).

$$N_i = \frac{I_i}{I_{i,ref}} \quad \text{معادله (۱)}$$

– **اسیدی شدن:** شاخص مربوط به این گروه تأثیر بر اساس میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی به خاک برآورد و بر اساس SO₂ یکسان‌سازی شد (Brenttrup et al., 2004a; Biswas et al., 2008). پتانسیل اسیدی شدن^۱، به صورت واحد معادل کیلوگرم SO₂ به ازای واحد کارکردی بیان شد (جدول ۲) (Brenttrup et al., 2004a).

– **اوتریفیکاسیون:** با در نظر گرفتن این مطلب که منبع تشدیدکننده اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی ورود NH₃ و NO_x و در بوم‌نظام‌های آبی ورود ترکیبات نیتروژنه و فسفره به آب-های سطحی می‌باشد (Brenttrup et al., 2004a)، این گروه تأثیر در

1- Acidification potential

هر گروه تأثیر در محاسبات لحاظ گردد (معادله ۲) (Brenttrup et al., 2004a):

$$W_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{T_{ijk}} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، W_{ijk} : وزن مربوط به شاخص i در منطقه j در سال k ، C_{ijk} : مقدار فعلی شاخص i در منطقه j در سال k و T_{ijk} : مقدار هدف برای شاخص i در منطقه j در سال k می‌باشد.

که در این معادله، Ni : مقدار نرمال شده شاخص مربوط به گروه تأثیر i به ازای واحد کارکردی تعریف شده (یک تن شلتوک)، Ii : مقدار محاسبه شده (غیر نرمال) شاخص مربوط به گروه تأثیر i (به ازای یک تن شلتوک) و Ii,ref : مقدار شاخص مربوط به هر گروه تأثیر در شرایط مرجع می‌باشد (Lindeijer, 1996). سپس شاخص‌های نرمال شده با استفاده از ضرایب ارائه شده در جدول ۳ موزون شدند تا شدت تأثیر آنها بر حسب وزن (W) مربوط به

جدول ۳- ضرایب نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر مورد مطالعه (Brenttrup et al., 2004a, b)
Table 3- Normalization coefficients for each studied impact category (Brenttrup et al., 2004a, b)

گروه تأثیر	فاکتور
Impact Factor	Factor
گرمایش جهانی	9730
Global warming	
اسیدی شدن	47.4
Acidification	
اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی	60.7
Terrestrial eutrophication	
اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های آبی	8.56
Aquatic eutrophication	
گرمایش جهانی	9730
Global warming	

گروه تأثیر گرمایش جهانی: بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در مقایسه بین دو الگوهای کشت، به الگوی کشت دوم (۸۴۰/۳۶) واحد معادل کیلوگرم CO_2 به ازای یک تن شلتوک بود که ۱۹ درصد بیشتر از پتانسیل گرمایش جهانی در الگوی کشت اول تعیین شد. میزان انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای در این گروه تأثیر شامل CO_2 ، CH_4 و N_2O به ترتیب برابر با ۴۰۲/۸۲، ۰/۸۵ و ۴۳۶/۷۰ معادل کیلوگرم CO_2 به ازای یک تن شلتوک بود که به ترتیب ۱۳، ۲۵ و ۲۵ درصد بالاتر از میزان انتشار این آلاینده‌ها در الگوی کشت اول بود (شکل ۱) که دلیل این افزایش می‌تواند مصرف زیاد کودهای شیمیایی باشد.

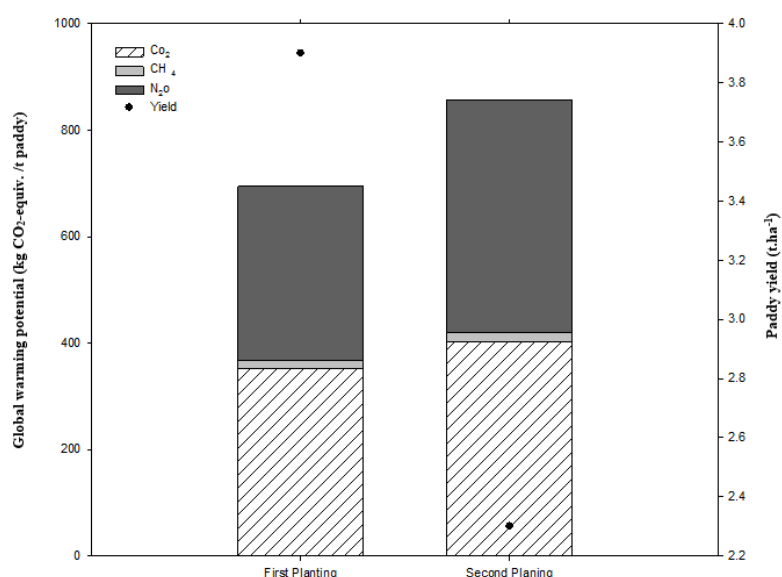
دلیل عمده تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بوم‌نظام‌های زراعی مربوط به مصرف سوخت‌های فسیلی و اجرای عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت و همچنین مصرف کودهای نیتروژن به ویژه به صورت شیمیایی است. در همین راستا، بررسی‌ها نشان داده که ۵۹ درصد کل انتشار CO_2 بطور مستقیم مربوط به فرآیند تولید کودهای شیمیایی نیتروژنه است (Brenttrup et al., 2004b).

د- تلفیق و تفسیر نتایج^۱: در آخرین مرحله شاخص زیست-محیطی تحت عنوان شاخص بوم‌شناخت ($Eco-X$)^۲ که معیار نهایی LCA می‌باشد، محاسبه شد (Brenttrup et al., 2004a). پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، دسته‌بندی اطلاعات و محاسبات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گردید. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Sigma plot رسم شدند. برای سنجش پایایی^۳ پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ^۴ استفاده گردید (Cronbach, 1951).

نتایج و بحث

ضریب آلفای کرونباخ برای مقیاس اصلی پرسشنامه ۸۲٪/α محاسبه شد که نشان‌دهنده قابلیت اعتماد بالای پرسشنامه بوده است.

- 1- Integration and interpretation
- 2- Eco-Index
- 3- Reliability
- 4- Cronbach's Alfa



شکل ۱- پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم
Fig. 1- Global warming potential for one tonne paddy in the first and second planting patterns

حاصل شد (Khorramdel et al., 2015).

علاوه بر افزایش غلظت دی اکسید کربن طی قرون گذشته، برخی بررسی‌ها نشان داده است که غلظت N₂O در اتمسفر کره زمین از ۲۷۵ به ۳۱۹ ng/g افزایش یافته که موجب تخریب لایه ازن شده است (Crutzen, 1981). انتشار N₂O به طور مستقیم وابسته به تولید و مصرف کودهای شیمیایی است (Bouwman, 1990; Barker-Reid et al., 2004a). باکر-رید و همکاران (Barker-Reid et al., 2005) انتشار سالانه N₂O از مزارع تولید گندم در استرالیا را برابر با ۰/۲۷-۰/۲۰ kgN₂O-N/ha (۰/۱۱-۰/۰۶ درصد نیتروژن مصرفی) گزارش نمودند. آنها دلیل عمده این امر را به مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه مربوط دانستند.

عمده‌ترین دلایل انتشار CH₄ در بوم‌نظام‌های زراعی برنج ناشی از مصرف کودهای دامی و ایجاد شرایط غرقابی می‌باشد. البته بایستی به این مهم توجه کرد اگرچه غلظت CH₄ موجود در اتمسفر کمتر از CO₂ می‌باشد، ولی پتانسیل گرمایش جهانی آن ۲۱ برابر بیشتر از CO₂ است (FAO, 2003).

بر این اساس، اگرچه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بین نظام‌های مختلف غلات بسته به نوع مدیریت، شرایط اقلیمی، خاکی و نظام تولید متفاوت می‌باشد (Barton et al., 2008)، ولی با توجه به

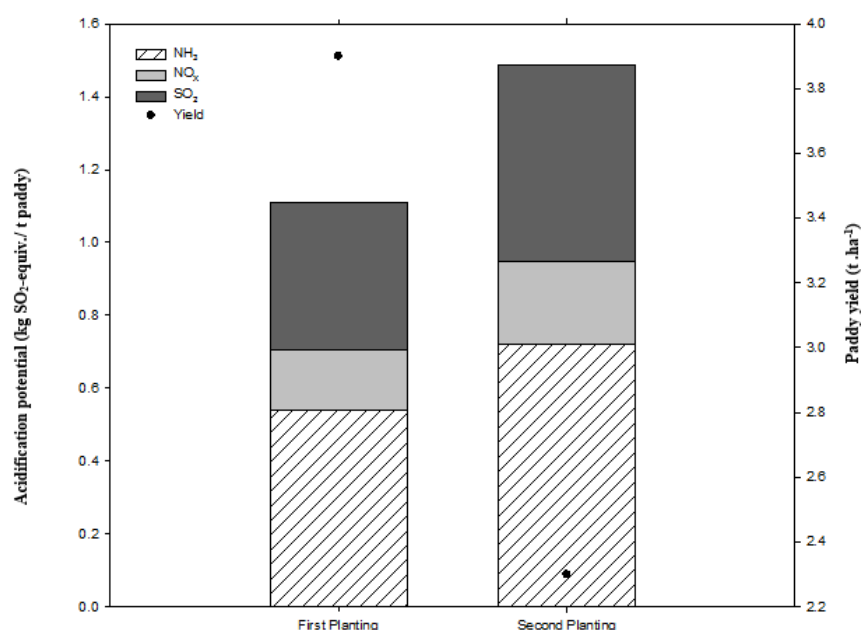
خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2013) گزارش

نمودند که بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی نظام تولیدی گندم آبی برابر با ۸۸۹/۶۱ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی بیش از ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برای گندم دیم برابر با ۹۳۷/۷۳ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی بیش از ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. نتایج دیگر مطالعه این محققان، نشان داد که بالاترین پتانسیل گرمایش جهانی در نظام تولیدی جو آبی برابر با ۸۹۸/۲۴ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی ۱۴۰-۱۸۰ نیتروژن در هکتار و در نظام جو دیم برابر با ۶۰۴/۶۶ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطح کودی ۴۰-۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (Khorramdel et al., 2013). همچنین اگر چه میزان انتشار CH₄ در تمام سطوح مصرف نیتروژن برای بوم‌نظام‌های آبی و دیم نسبتاً کم بود، ولی بالاترین میزان انتشار این آلاینده در هر دو نظام تولیدی به همین سطوح کودی اختصاص داشت. بیشترین میزان انتشار N₂O در گروه تأثیر گرمایش جهانی از نظام‌های تولید آبی و دیم به ترتیب برابر با ۳۸۱/۶۹ و ۴۸۰/۷۱ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن دانه برای سطوح ۱۴۰-۱۸۰ و ۴۰-۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

کود شیمیایی را مدنظر قرار داد. چارلز و همکاران (Charles et al., 2006) با انجام مطالعات بهینه‌سازی محصولات زراعی با بهره‌گیری از ارزیابی چرخه حیات خاطر نشان ساختند که به منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، بایستی میزان عملکرد محصول افزایش یابد تا شدت انتشار آلاینده‌ها به سبب استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی توجیه‌پذیر گردد.

گروه تأثیر اسیدی شدن: بالاترین پتانسیل گروه تأثیر اسیدی شدن برنج در مقایسه الگوهای کشت برای کشت دوم با ۱/۴۸۸ واحد معادل کیلوگرم SO_2 به ازای یک تن شلتوک بدست آمد که ۲۵ درصد بالاتر از پتانسیل این گروه تأثیر برای الگوی کشت اول محاسبه شد. در الگوی کشت دوم میزان انتشار انواع آلاینده‌ها در این گروه تأثیر شامل NH_3 ، NO_x و SO_2 به ترتیب برابر با ۰/۷۲۱، ۰/۲۲۵ و ۰/۵۴۱ واحد معادل کیلوگرم SO_2 به ازای یک تن شلتوک تعیین گردید که از میزان انتشار آن‌ها در الگوی کشت اول ۲۵ درصد بالاتر بود (شکل ۲).

سهم بالای انتشار گازهای گلخانه‌ای و به ویژه CO_2 و N_2O از مزارع تولید برنج در الگوهای کشت اول و دوم پیشنهاد می‌شود که از راهکارهایی نظیر کاهش عملیات خاکورزی و مصرف کودهای آلی بجای مصرف مستقیم کودهای شیمیایی نیتروژنه به عنوان راهکارهایی برای تخفیف اثرات این گروه تأثیر به ویژه در الگوی کشت دوم نظام تولیدی برنج بهره‌گیری گردد (Braschkat et al., 2003). مونت و همکاران (Monti et al., 2009) اظهار داشتند که وارد کردن گیاهان چندساله و گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب عاملی عمده برای تخفیف غلظت CO_2 تحت تأثیر کاهش عملیات خاکورزی و مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه محسوب می‌شود. همچنین از آنجا که افزایش مصرف کود نیتروژن، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، بروز آلودگی‌های زیست محیطی، انتشار CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای به محیط را نیز به دنبال دارد، لذا به منظور حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی در الگوهای تولید برنج به ویژه در کشت دوم، بایستی مصرف مقادیر مناسب این



شکل ۲- پتانسیل اسیدی شدن به ازای یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم

Fig. 2- Acidification potential for one tonne paddy in the first and second planting patterns

نمود. برخی محققان دلیل انتشار این آلاینده‌ها را به تبخیر نیتروژن حاصل از کاربرد شیمیایی نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی به ویژه در شرایط مصرف بالای این عنصر نسبت دادند (Fallahpour et al.,

افزایش بیش از حد مصرف کودهای نیتروژنه در الگوهای مختلف تولید برنج به ویژه در کشت دوم باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها شامل NH_3 ، NO_x و SO_2 به محیط شد و پتانسیل اسیدی شدن را تشدید

در این گروه تأثیر در الگوی کشت اول ۲۵ درصد بالاتر بود (شکل ۳-الف).

پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام آبی در الگوی کشت دوم برابر با ۲/۰۷ واحد معادل کیلوگرم PO_4 به ازای یک تن شلتوک بود که ۳۹ درصد بالاتر از پتانسیل این گروه تأثیر در الگوی کشت اول تعیین گردید. میزان انتشار انواع آلاینده‌ها در گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام آبی شامل N ، NH_3 ، NH_4 ، NO_x ، NO_3 ، P و PO_4 به ترتیب برابر با ۰/۴۱۷، ۰/۴۱۷، ۰/۳۲۷، ۰/۱۲۹، ۰/۹۹۲ و ۰/۹۹۹ و ۰/۰۰۱ واحد معادل کیلوگرم PO_4 به ازای یک تن شلتوک محاسبه شد که از میزان انتشار آنها در الگوی کشت اول به ترتیب ۲۵، ۲۵، ۲۵، ۲۵، ۴۹ و ۴۹ درصد بالاتر بود (شکل ۳-ب). همانگونه که در شکل ۳-ب مشاهده می‌شود، بیشترین و کمترین میزان انتشار آلاینده‌ها در این گروه تأثیر به ترتیب به P و PO_4 اختصاص داشت.

در الگوهای مختلف تولید برنج، مصرف مقادیر متفاوت کود نیتروژن و سایر کودهای شیمیایی، انتشار آلاینده‌های مختلف به ویژه NH_3 و NO_x و آزادسازی مستقیم P به محیط باعث افزایش پتانسیل این گروه تأثیر شد. از آنجا که انتشار NO_x عمدتاً وابسته به نقل و انتقال و استفاده از ماشین‌آلات است (Brentrup et al., 2004a)، لذا میزان انتشار و در نتیجه پتانسیل اوتریفیکاسیون این گاز برای محیط خشکی به مراتب بالاتر از محیط آبی بود. همچنین از آنجا که انتشار NO_x و سایر آلاینده‌های نیتروژنه به محیط زیست وابسته به مصرف نهاده‌های شیمیایی نیتروژنه نیز است (Brentrup et al., 2004b)، لذا میزان انتشار این آلاینده‌ها به دلیل مصرف بیشتر نیتروژن و بکارگیری بیشتر ماشین‌آلات در الگوی کشت دوم بالاتر از الگوی کشت اول تعیین گردید (جدول ۱).

مقایسه نتایج نشان می‌دهد که مقدار کود نیتروژنه مصرفی در نظام‌های تولید برنج احتمالاً بالاتر از مصرف گیاه بوده و علاوه بر آشنوبی، به دلیل عدم جذب آن توسط گیاه از طریق آزادسازی و انتشار آن به فرم‌های مختلف تحت تأثیر وجود شرایط غرقابی باعث افزایش سهم گروه‌های مختلف تأثیر در الگوهای تولید این محصول شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2015) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن واکنش عملکرد دانه نسبت به مصرف این نهاده کاهش یافت. بدین ترتیب، آنها نتیجه گرفتند به منظور بهبود کارایی نیتروژن و کاهش هزینه‌های تولید

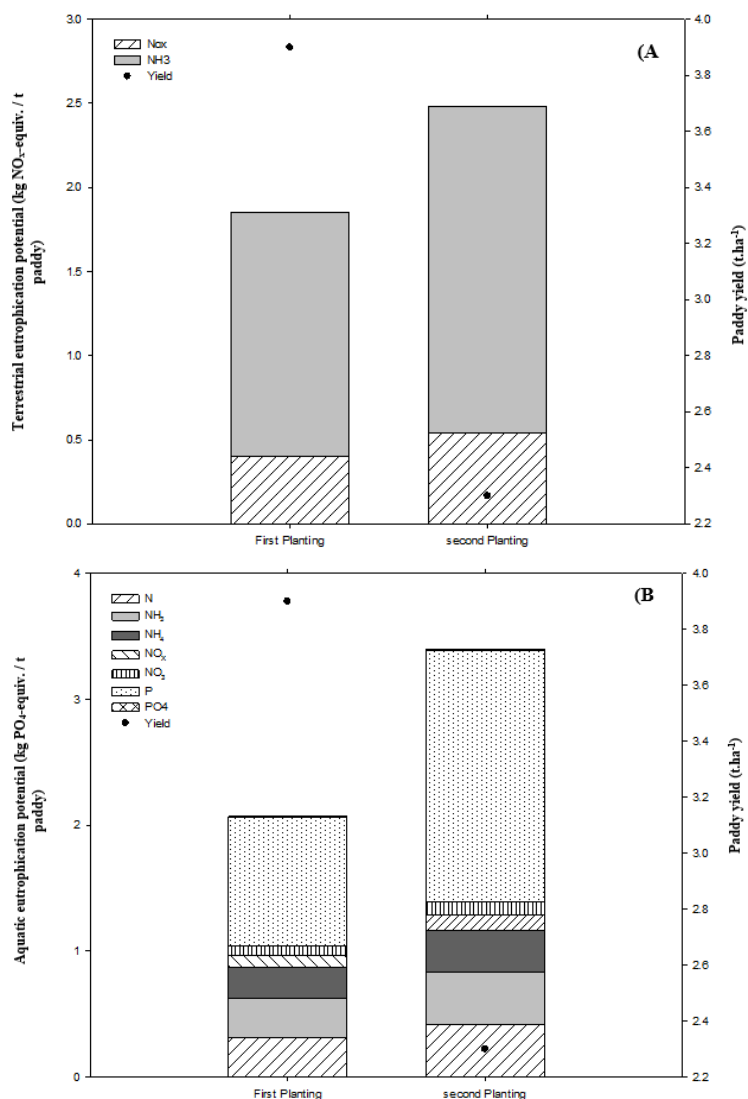
خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2015) گزارش نمودند که بالاترین پتانسیل اسیدی شدن برای نظام تولید جو آبی برابر با ۱/۶۴ واحد معادل دی اکسید گوگرد به ازای یک تن دانه برای مقدار ۱۸۰-۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برای گندم دیم معادل با ۱/۳۰ واحد معادل دی اکسید گوگرد به ازای یک تن دانه برای سطح ۴۰-۳۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد. این محققان همچنین اعلام نمودند که بیشترین انتشار NH_3 به ازای مصرف ۱۸۰-۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در نظام آبی (۰/۷۹) واحد معادل دی اکسید گوگرد به ازای یک تن دانه) و ۴۰-۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در نظام دیم (۰/۶۳) واحد معادل دی اکسید گوگرد به ازای یک تن دانه) در گروه تأثیر اسیدی شدن حاصل شد. هاس و همکاران (Haas et al., 2001) دریافته‌اند که مرتع تحت مدیریت ارگانیک علاوه بر کاهش مصرف انرژی، پتانسیل گرمایش جهانی و اسیدی شدن کمتری نسبت به مرتع با مدیریت رایج داشت. این محققان همچنین پتانسیل اسیدی شدن دامداری‌های گاو شیری تحت مدیریت گسترده و فشرده را به ترتیب ۱۱۹ و ۱۳۶ واحد معادل دی اکسید گوگرد به ازای یک هکتار گزارش نمودند. آنها دلیل این امر را به اعمال مدیریت کم‌نهاده بر مبنای مصرف کودهای آلی و خاکورزی‌های حداقل نسبت دادند. نمسک و همکاران (Nemecek et al., 2011) بهره‌گیری از مدیریت ارگانیک را به عنوان راهکاری پایدار برای بهره‌برداری بهتر از منابع محیطی، حفظ محیط زیست و افزایش پایداری در بوم‌نظام‌های زراعی معرفی نمودند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که از مدیریت کم‌نهاده و ارگانیک با تأکید بر کاهش کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه، مصرف کودهای نیتروژنه با پوشش گوگردار و افزایش مصرف نهاده‌های آلی و جایگزین در نظام‌های تولید برنج می‌توان به عنوان راهکاری برای کاهش پتانسیل اسیدی شدن به ویژه در الگوی کشت دوم بهره جست.

گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی و

آبی: پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام خشکی برنج در الگوی کشت دوم برابر با ۲/۴۸ واحد معادل کیلوگرم NO_x به ازای یک تن شلتوک محاسبه گردید که ۲۵ درصد بالاتر از پتانسیل این گروه تأثیر در الگوی کشت اول بود. در الگوی کشت دوم میزان انتشار انواع آلاینده‌ها در گروه تأثیر اوتریفیکاسیون بوم‌نظام خشکی شامل NO_x و NH_3 به ترتیب برابر با ۰/۵۴ و ۱/۹۴ واحد معادل کیلوگرم NO_x به ازای یک تن شلتوک بود که از میزان انتشار این آلاینده‌ها

مصرف کود نیتروژن از ۲۵۰ به بیش از ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظام‌های تولید سیب زمینی، افزایش ۶۵ و ۵۶ درصدی پتانسیل اوتریفیکاسیون را به ترتیب برای محیط‌های خشکی و آبی به دنبال داشت.

بایستی مصرف میزان مناسب این عنصر در بوم‌نظام‌های زراعی بر اساس نیاز گیاه، شرایط آب و هوایی، حاصلخیزی خاک، روش استفاده و محتوی رطوبتی خاک به دقت مدنظر قرار داد. اسماعیل‌پور و همکاران (Esmailpour et al., 2015) نشان دادند که افزایش



شکل ۳- پتانسیل اوتریفیکاسیون بوم‌نظام‌های (الف) خشکی و (ب) آبی به ازای یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم
Fig. 3- Potential of (a) terrestrial and (b) aquatic eutrophication for one tonne paddy in the first and second planting patterns

دیم برابر با ۳/۷۴ واحد معادل کیلوگرم PO₄ به ازای یک تن دانه برای مقدار نیتروژن بیشتر از ۶۰ کیلوگرم حاصل شد. این محققان همچنین بیان داشتند که بالاترین پتانسیل اوتریفیکاسیون در محیط خشکی برای بوم‌نظام تولید گندم آبی برابر با ۱/۱۱ واحد معادل

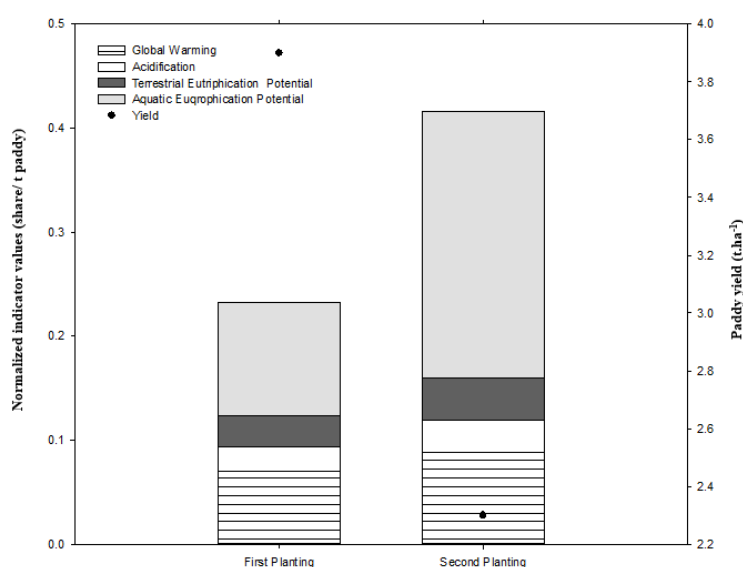
خرمدل و همکاران (Korramdel et al., 2013) گزارش نمودند که بیشترین پتانسیل اوتریفیکاسیون در محیط آبی برای تولید گندم آبی برابر با ۲/۴۱ واحد معادل کیلوگرم PO₄ به ازای یک تن دانه برای سطح بیشتر از ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برای گندم

محللول خاک افزایش می‌یابد (Zolfi Bavariani & Nouruzi, 2010). والن و چانگ (Whalen & Chang, 2002) بیان داشتند که استفاده درازمدت از مواد آلی باعث نگهداری فسفر با پیوندهای کم-انرژی‌تر شده و قابلیت فراهمی آن را در نیمرخ خاک افزایش می‌دهد. ریوسو و دی‌لوسیا (Russo & De Lucia, 2008) اظهار داشتند که برای کاهش اثرات زیست‌محیطی کودهای شیمیایی در خاک، پیش از هر گونه استفاده، بایستی میزان ماده آلی خاک به همراه تعیین گردد تا با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، میزان و نوع کود مصرفی انتخاب شود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود مصرف نهاده‌های آلی همچون کود سبز، کمپوست، کود دامی و تناوب زراعی را به منظور راهکارهایی اکولوژیک برای تخفیف اثرات اوتریفیکاسیون مدنظر قرار داد.

مقادیر شاخص نرمال شده: مقدار شاخص نرمال شده در الگوی کشت دوم برابر با ۰/۴۵۵ به ازای یک تن شلتوک محاسبه گردید که ۴۹ درصد بالاتر از مقدار این شاخص در الگوی کشت اول تعیین گردید. سهم گروه‌های تأثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی و آبی از مقدار شاخص نرمال شده در الگوی کشت دوم به مراتب بالاتر از الگوی کشت اول تعیین شد که به ترتیب برابر با ۰/۰۸۶، ۰/۰۳۱، ۰/۰۴۱ و ۰/۲۹۷ به ازای یک تن شلتوک بود که این میزان به ترتیب ۱۹، ۲۵، ۲۵ و ۵۲ درصد بالاتر از الگوی کشت اول بود (شکل ۴).

کیلوگرم NO_x به ازای یک تن دانه برای مقدار نیتروژن بیشتر از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار و برای نظام تولید گندم داریم برابر با ۵/۰۵ واحد معادل کیلوگرم NO_x به ازای یک تن دانه برای سطح بیش از ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. هاسپیدو و همکاران (Hospido et al., 2003) پتانسیل اوتریفیکاسیون محیط‌های آبی دامپروری‌های گاو شیری را معادل با ۵/۳۱ واحد معادل PO_4 به ازای ۱۰۰۰ لیتر شیر برآورد نمودند.

فسفر به عنوان اصلی‌ترین عامل اوتریفیکاسیون در بیشتر بوم-نظام‌های آبی دنیا محسوب می‌شود (Charles et al., 2006). فسفر محللول مورد نیاز برای اکثر محصولات کشاورزی ۰/۳-۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که در این غلظت، گیاهان قادرند تا بالاترین میزان محصول را تولید نمایند (Fageria, 2009; Riemersma et al., 2006). خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2013) بیان داشتند که در میان نهاده‌های مصرفی، مهم‌ترین عامل مؤثر در تشدید اوتریفیکاسیون مربوط به فسفات (سهم ۶۸ درصد) می‌باشد. لذا احتمال آلودگی آب‌های سطحی و زیرسطحی به این عنصر بالا می‌باشد. از طرف دیگر، مواد آلی می‌توانند به صورت پوششی محافظ در اطراف ذرات کود، به عنوان پیونددهنده فسفر در محل‌های تبادل آنیونی و یا از طریق واکنش با فسفر و تشکیل ترکیبات فسفات آلی عمل نمایند که در تمامی این حالات قابلیت استفاده فسفر برای گیاه افزایش یافته و آزادسازی تدریجی فسفر در



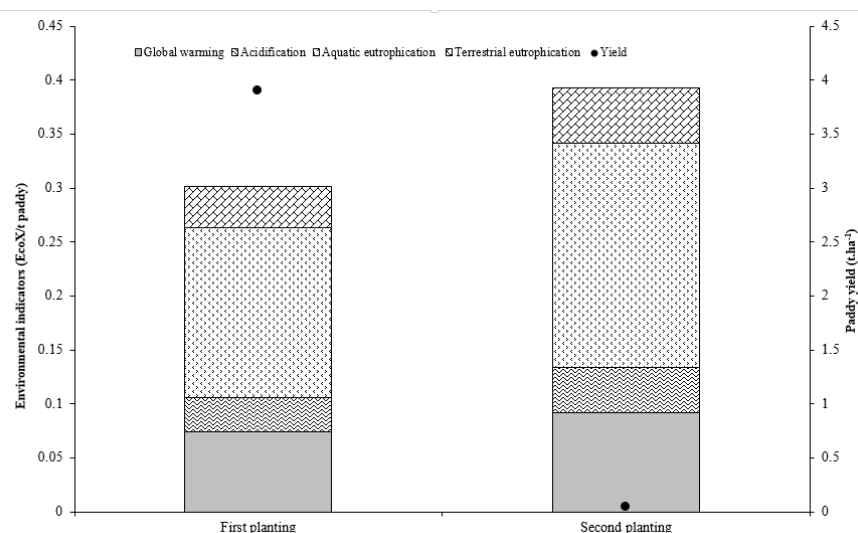
شکل ۴- شاخص نرمال شده به ازای یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم

Fig. 4- Normalized indicator values for one tonne paddy in the first and second planting patterns

محاسبه گردید. همچنین همانگونه که مشخص است بیشترین سهم در مقایسه گروه‌های تأثیر از مجموع شاخص زیست محیطی مربوط به اوتریفیکاسیون بوم‌نظام خشکی بود و کمترین میزان برای گروه تأثیر اسیدی شدن بدست آمد. در الگوی کشت اول، سهم گروه‌های تأثیر مختلف شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون بوم‌نظام‌های آبی و خشکی از مجموع شاخص زیست محیطی به ترتیب ۲۵، ۱۰، ۵۲ و ۱۳ درصد تعیین گردید؛ در حالی که سهم این گروه‌ها برای الگوی کشت دوم به ترتیب برابر با ۲۳، ۱۱، ۵۳ و ۱۳ درصد بود (شکل ۵).

مجموع شاخص زیست محیطی: مجموع شاخص زیست

محیطی برنج در الگوی کشت دوم برابر با $EcoX = 0.39$ به ازای یک تن شلتوک محاسبه شد که ۲۳ درصد بالاتر از مجموع این شاخص در الگوی کشت اول بود. سهم گروه‌های مختلف تأثیر مورد مطالعه از شاخص زیست محیطی در الگوی کشت دوم به مراتب بالاتر از الگوی کشت اول بود که این مقادیر برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون بوم‌نظام خشکی و آبی به ترتیب برابر با 0.092 ، 0.042 ، 0.208 و 0.515 به ازای یک تن شلتوک بود که به ترتیب ۱۹، ۲۵، ۲۴ و ۲۵ درصد بالاتر از الگوی کشت اول



شکل ۵- مجموع شاخص زیست محیطی به ازای یک تن شلتوک در الگوهای کشت اول و دوم

Fig. 5- Aggregated environmental indicator value (Eco-X) for one tonne paddy in the first and second planting patterns

کاهش اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی به ویژه در بوم‌نظام‌های تولید برنج، افزایش کارایی مصرف منابع خصوصاً نیتروژن می‌باشد (Brentrup et al., 2004b). ایرپارته و همکاران (Iriarte et al., 2010) با بررسی اثرات زیست محیطی نظام تولید آفتابگردان و کلزا بیان داشتند که بالاترین اثرات زیست محیطی برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی و اوتریفیکاسیون حاصل گردید. آنها دلیل این امر را به تولید و مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و عملیات مختلف خاکورزی نسبت دادند. برنتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004b) با ارزیابی نظام تولید گندم زمستانه در مقادیر مختلف کود نیتروژن گزارش نمودند که کمترین و بیشترین

بر اساس محاسبه شاخص زیست محیطی که نشان‌دهنده مجموع اثرات زیست محیطی انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست است (Brentrup et al., 2004b)، مشخص گردید که بالاترین سهم در بین گروه‌های تأثیر مورد مطالعه از مجموع شاخص زیست محیطی نظام‌های تولید برنج مربوط به اوتریفیکاسیون بوم‌نظام خشکی بود (شکل ۵). نتایج نشان می‌دهد که مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه به صورت شیمیایی به دلیل پتانسیل بالاتر بروز آلودگی‌های زیست محیطی به ویژه در شرایط غرقابی علاوه بر تأثیر بر کارایی مصرف نیتروژن و کاهش آن، سبب افزایش بروز تشدید اثرات زیست محیطی می‌شود. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که راهکار پایدار جهت

عملکرد شلتوک در الگوی کشت دوم و همچنین جذب کمتر کود مصرف شده توسط گیاه تحت تأثیر آبیاری بیشتر، احتمالاً اتلاف بیشتر نیتروژن و انتشار آن به فرم‌های مختلف به محیط باعث تشدید پتانسیل آلودگی آن در گروه‌های مختلف تأثیر در مقایسه با الگوی کشت اول شده است. به طوری که مجموع اثرات زیست محیطی تولید در الگوی کشت دوم به مراتب بالاتر از کشت اول تعیین گردید. همچنین بالاترین اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید برنج مربوط به گروه تأثیر اوتریفیکاسیون محیط خشکی بود. بدین ترتیب، پیشنهاد می‌شود از مدیریت اکولوژیک شالیزارهای برنج به ویژه در الگوی کشت دوم بر مبنای بهره‌گیری از اصول کم‌نهاد و اکولوژیک برای کاهش این اثرات زیست‌محیطی بهره‌جست. از جمله روش‌های مؤثر در این زمینه می‌توان به روش‌های پایدار و کاربردی مدیریتی نظیر اعمال خاکورزی‌های کاهش یافته و حداقل، مصرف کودهای نیتروژنه با پوشش گوگردی و انواع کودهای آلی و بقایای گیاهی، وارد کردن گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب زراعی با برنج و کشت مخلوط با این گونه‌های تثبیت‌کننده همچون شبدر برسیم اشاره کرد.

اثرات زیست محیطی به ترتیب برای گروه‌های تأثیر کاربری اراضی و اوتریفیکاسیون بدست آمد. هایشی (Hayashi, 2005) نیز دریافت که فشردگی عملیات زراعی همبستگی قوی با درجه اثرات زیست محیطی به ازای تولید یک تن میوه گوجه فرنگی داشت. نی و همکاران (Nie et al., 2010) اظهار داشتند که استفاده از کشت مخلوط با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن می‌تواند به عنوان راهکاری مطلوب برای جلوگیری از مصرف زیاد نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی مد نظر قرار گیرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که کاهش فشردگی مدیریت زراعی بر مبنای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به عنوان راهکاری اکولوژیک در جهت تخفیف اثرات زیست محیطی تولید برنج به ویژه در الگوی کشت دوم مدنظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی، با توجه به نتایج و با مقایسه دو الگوی کشت برنج در شهرستان ساری به نظر می‌رسد اگرچه مقدار مصرف کود نیتروژن در هر دو الگوی کاشت نسبتاً بالا است (جدول ۱)، ولی خلاً بالاتر

منابع

- Barker-Reid, F., Gates, W.P., Wilson, K., Baigent, R., Galbally, I.E., Meyer, C.P., Weeks, I.A., and Eckard, R.J. 2005. Soil nitrous oxide emission from rainfed wheat in SE Australia. In: A. van Amsted (Ed.). Non-CO₂ greenhouse gases (NCGG-4). Utrecht, the Netherlands: Mill Press.
- Barton, L., Kiese, R., Gatter, D., Butterbach-bahl, K., Buck, R., Hinz, C., and Murphy, D. 2008. Nitrous oxide emissions from a cropped soil in a semi-arid climate. *Global Change Biology* 14: 177-192.
- Biswas, W.K., Barton, L., and Carter, D. 2008. Global warming potential of wheat production in Western Australia: A life cycle assessment. *Water Environmental Journal* 22: 206-216.
- Bouwman, A.F. 1990. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. In: A.F. Bouwman (Eds.), *Soils and the greenhouse effect* (pp. 61-127). Chichester: Wiley.
- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., and Reinhardt, G.A. 2003. Life cycle assessment of bread production—a comparison of eight different scenarios. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*, October 6-8, Bygholm, Denmark. p. 9-16.
- Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. *European Journal of Agronomy* 14: 221-233.
- Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology, I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy* 20: 247-264.
- Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology, II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy* 20: 265-279.
- Chabra, D., Kashani Nezhad, M., and Rafiee, S.H. 2006. Comparison of the contents of waste in different drying rice. *Proceedings of the First National Conference on Rice*. 5-4 December, Amol. (In Persian)
- Charles, R., Jolliet, O., Gillard, G., and Pellet, D. 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat production

- using life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 216-225.
- Cronbach, L.J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika* 16(3): 297-334.
- Crutzen, P.J. 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, including nitrous oxide. In: C.C. Delwiche (Ed.), *Denitrification, nitrification, and atmospheric nitrous oxide* (17-44 pp.). New York: Wiley.
- Dastan, S., Soltani, A., Noor Mohammadi, G.H., and Madani, H. 2013. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in the paddy planting. *Journal of Agricultural Ecology* 6(4): 823-835. (In Persian with English Summary)
- Esmailpour, B., Khorramdel, S., and Amin Ghafari, A. 2015. Study of Environmental impacts for potato Agroecosystems of Iran based on nitrogen fertilizer by using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. *Electronic Journal of Crop Production* 8(3): 199-224. (In Persian with English Summary)
- Fageria, N.K. 2009. *The use of nutrients in plants*. Taylor & Francis Group, CRC Press 430 pp.
- Fallahpour, F., Aminghafoori, A., Ghalegolab Behbahani, A., and Bannayan, M. 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. *Environment, Development and Sustainability* 14: 979-992.
- FAO. 2003. *World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective*. <http://www.fao.org>
- Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO₁₄₀₄₀ and ISO₁₄₀₄₄. *International Journal of Life Cycle Assessment* 11(2): 80-85.
- Giampietro, M., Cerretelli, G., and Pimentel, D. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38: 219-244.
- Guinée, J.B. 1996. Data for the Normalization Step within Life Cycle Assessment of Products. CML Paper No. 14 (Revised version). CML (Centre of Environmental Science), Leiden.
- Guinée, J.B. 2001. *Life cycle assessment: an operational guide to the ISO standards*. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden.
- Haas, G., Wetterich, F., and Kopke, U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83: 43-53.
- Hayashi, K. 2005. Practical implications of functional units in life cycle assessment for horticulture: Intensiveness and environmental impacts. *LCM2005: Innovation by Life Cycle Management: Barcelona, Spain* 1: 368-371
- Hospido, A., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2003. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. *International Dairy Journal* 13(10): 783-796.
- Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Cleaner Production* 18: 336-345.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040: 2006 (E) Environmental Management – Life Cycle Assessment– Principles and Framework.
- Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Amin Ghafari, A. 2015. Comparison of environmental impacts for dryland and irrigated barley Agroecosystems of Iran by using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. *Journal of Plant Production* 22(1): 243-364. (In Persian with English Summary)
- Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafari, A. 2013. Evaluation of environmental impacts for wheat Agroecosystems of Iran by using Life Cycle Assessment methodology. *Cereal Research* 4(1): 27-44. (In Persian with English Summary)
- Khoshnevisan, B., Rafiei, S., Omid, M., Keyhani, A., and Movahedi, M. 2013. Assessing of energy indices and environmental impacts of potato production (Case study: Fereydoonshahr region, Isfahan province). *Iranian Journal of Biosystems and Engineering* 44(1): 57-66. (In Persian with English Summary)
- Lindeijer, E. 1996. Normalisation and valuation. In: Udo de Haes, H.A. (Eds.), *Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment*, SETAC, Brussels.
- Mansoori, H., Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Energy budget and economic analysis in conventional and organic rice production systems and organic scenarios in the transition period in Iran. *Frontiers in Energy* 6(4): 341-350.
- Marini, M., Senhaji, F., and Pimentel, D. 2002. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impact on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agriculture* 20: 5-27.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Hermansen, J.E. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of Life

- Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis. *Journal of Cleaner Production* 54: 89-100.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A.R., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Nguyen, T.L.T., Borek, R., and Hermanse, J.E. 2015. Joint life cycle assessment and data envelopment analysis for the benchmarking of environmental impacts in rice paddy production. *Journal of Cleaner Production* 106: 521-532.
- Mollafilabi, A., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Hosseini, M. 2014. Evaluation of environmental impacts for saffron agroecosystems of Khorasan by using Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Saffron* 2(2): 165-179. (In Persian with English Summary)
- Monti, A., Fazio, S., and Venturi, G. 2009. Cradle-to-farm gate life cycle assessment in perennial energy crops. *Europ. Journal of Agronomy* 31: 77-84.
- Nikkhah, A., Taheri-Rad, A.R., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Khorramdel, S. 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. *Journal of Cleaner Production* 92: 84-90.
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., and Gaillard, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104: 217-232.
- Nie, S.W., Gao, W.S., Chen, Y.Q., Sui, P., and Eneji, A.E. 2010. Use of life cycle assessment methodology for determining phytoremediation potentials of maize-based cropping systems in fields with nitrogen fertilizer over-dose. *Journal of Cleaner Production* 18: 1530-1534.
- Payraudeau, S., and van der Werf, H.M.G. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 1-19.
- Peyman, M., Ruhi, R., and Alizadeh, R. 2005. Set in the traditional and semi-mechanized to produce energy. *Journal of Agricultural Engineering* 6(22): 67- 80. (In Persian with English Summary)
- Riemersma, S., Little, J., Ontkean, G., and Moskal-Hébert, T. 2006. Phosphorus Sources and Sinks in Watersheds: A Review. Alberta Soil Phosphorus Limits Project.
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., and Okadome, H. 2009. A review of cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* 90: 1-10.
- Russo, G., and De Lucia, B. 2008. Environmental evaluation by means of LCA regarding the ornamental nursery production in rose and sowbread greenhouse cultivation. *Acta Horticulturae* 801: 1597-1604.
- Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., ten Berge, H.F.M., van Keulen, H., and Neeteson, J.J. 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* 20: 33-44.
- Sheng-Wei, N., Wang-Sheng, G., Yuan-Quan, C., and Peng-Sui, A. 2010. Use of life cycle assessment methodology for determining phytoremediation potentials of maize-based cropping systems in fields with nitrogen fertilizer. *Journal of Cleaner Production* 18: 1530-1534.
- Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1980. *Statistical Methods*. Iowa State University Press.
- Whalen, J.K., and Chang, C. 2002. Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 33: 1011-1026.
- Zolfi Bavariani, M., and Nouruzi, M. 2010. Effect of organic matter on residual phosphorus recovering in a calcareous soil. *JWSS- Isfahan University of Technology* 14(52): 87-98. (In Persian with English Summary)



Comparison of Environmental Impacts for Rice (*Oryza sativa* L.) Agroecosystems in the First and Second Planting Patters by using Life Cycle Assessment (Case Study: Sari County)

A. Mollafilabi^{1*}

Submitted: 19-06-2006

Accepted: 06-10-2018

Mollafilabi, A. 2019. Comparison of environmental impacts for rice (*Oryza sativa* L.) agroecosystems in the first and second planting patters by using life cycle assessment (Case Study: Sari County). Journal of Agroecology. 10(4): 949-964.

Introduction

Life Cycle Assessment (LCA) is the most developed and the worldwide accepted tool for environmental comparison of products and services. Environmental Life Cycle Assessments (LCA) studies the environmental aspects and potential impacts of a product from 'cradle-to-grave' (Brenttrup *et al.*, 2004b). Compared to other environmental impact assessment methods, LCA incorporates all the various stages of an agricultural production supply chain. This method is the only environmental assessment methodology which has been standardized. Life cycle assessment (LCA) is a methodology to assess all environmental impacts associated within a product/service by a accounting and evaluating its resource consumption and emission to environment (Nemecek *et al.*, 2011).

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important crops (Chabra *et al.*, 2006). The aim of this study was to determine environmental impacts of rice production systems in the first and second planting patterns by using Life Cycle Assessment.

Material and Methods

This study evaluated the environmental impacts of rice production systems in the first and second planting patterns by using life cycle assessment (LCA) methodology, mean consumed inputs per one hectare in rice agroecosystems of Sari province were determined during 2014. The data were collected from 105 paddy farmers by interviewing the farmers using questionnaire. Four steps including goal definition and scoping (D & S), inventory analysis (IA), life cycle impact assessment (LCIA) and integration & interpretation (I & I) were considered based on ISO (International Organization for Standardization) 14040 methods. Global warming, acidification and aquatic and terrestrial eutrophication were considered as three important impact categories. Functional unit of rice agroecosystems was considered as one tone paddy. Cronbach's alpha coefficient was calculated as a tool for the reliability assessment.

Results and discussion

Cronbach's alpha coefficient for questionnaire was calculated equal to $\alpha=0.82$. The results showed that the highest global warming potential between two cropping patterns was related to the second pattern with 840.36 kg CO₂-equiv. one ton paddy. In the second planting pattern, pollutant emissions in global warming category CO₂, CH₄ and N₂O calculated 402.82, 0.85 and 436.70 kg CO₂-equiv. one ton paddy per ha⁻¹, respectively. In the second planting pattern, pollutant emissions in acidification category such as NH₃, NO_x and SO₂ were computed 0.721, 0.225 and 0.541 kg SO₂-equiv. one ton paddy per ha⁻¹, respectively. The maximum eutrophication potential in aquatic and terrestrial environments was belonged to the second planting pattern with 2.07 kg PO₄-equiv. one ton paddy per ha and 2.48 kg NO_x-equiv. one ton paddy per ha⁻¹, respectively. The maximum environmental indicator for rice production systems in the second planting pattern were computed 0.39 EcoX

1- Assistant Professor, Deporatment of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Techonlogy (RIFST), Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: a.filabi@rifst.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.56929

one ton paddy.

Conclusion

LCA is an appropriate method to quantify the impact of utilized agricultural inputs and different managements on environment. The highest environmental impacts of rice production systems in the first and second planting patterns by using life cycle assessment (LCA) methodology was related to aquatic eutrophication category. Therefore, it can be concluded that applying ecological principles such as reduced tillage and organic fertilizer as sustainable approaches were considered for management of rice agroecosystems especially in the second planting pattern.

Keywords: Aquatic eutrophication, Ecological management, Global warming, Paddy



ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با برخی گیاهان زراعی

سحر مریداحمدی^۱، سرور خرم دل^{۲*}، علیرضا کوچکی^۳، جواد شباهنگ^۴ و عبدالله ملافیلابی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۰

مریداحمدی، س.، خرم دل، س.، کوچکی، ع.، شباهنگ، ج.، و ملافیلابی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با برخی گیاهان زراعی. بوم شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۹۶۵-۹۸۱.

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط کشت مخلوط ردیفی با تعدادی از گیاهان دارویی و زراعی، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۱ تیمار در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای کشت مخلوط ردیفی شامل کدو پوست کاغذی با ذرت (*Zea mays* L.)، ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. *saccharata*)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، کرچک (*Ricinus communis* L.) و تک کشتی آنها بود. صفات مورد مطالعه شامل اجزای عملکرد کدو پوست کاغذی (شامل تعداد میوه، وزن میوه، عملکرد میوه، تعداد دانه در میوه، وزن دانه در میوه و وزن ۱۰۰۰ دانه)، عملکرد بیولوژیکی و دانه کدو پوست کاغذی، ذرت، ذرت شیرین، کنجد و کرچک و نسبت برابری زمین (LER) بود. نتایج نشان داد که اثر کشت مخلوط ردیفی با گیاهان زراعی و دارویی بر تعداد میوه، وزن تک میوه، عملکرد میوه در هکتار، تعداد و وزن دانه در میوه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کدو پوست کاغذی معنی‌دار بود. بیشترین تعداد میوه کدو پوست کاغذی از کشت خالص با ۳۱۶۵۰ میوه در هکتار و کمترین تعداد از کشت مخلوط با آفتابگردان با ۱۴۳۸۶ میوه در هکتار بدست آمد. بیشترین تعداد دانه از کشت مخلوط با آفتابگردان با ۳۳۳/۷۵ دانه در میوه حاصل شد. بالاترین عملکرد دانه ذرت، ذرت شیرین، آفتابگردان، کنجد و کرچک در کشت خالص به ترتیب برابر با ۱۷۲/۱۷، ۴۳۷/۵۹، ۵۶۳/۶۹ و ۱۷۷/۷۵ گرم بر متر مربع بدست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین برای کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی با ذرت شیرین با ۱/۵۷ محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیکی، عملکرد میوه، گیاه دارویی، آفتابگردان

مقدمه

نشان‌دهنده درصد بالای چربی دانه‌های آن است (Siami et al., 2003). بذره‌های این گیاه منبع سرشاری از پروتئین و روغن بوده و حاوی مواد موثره ارزشمندی از جمله اسید چرب، فیتواسترول و ویتامین E (به ویژه گاما توکوفرول) می‌باشند (Aroiee & Omidbaigi, 2004). امروزه به دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، رویکرد عمومی به مصرف داروهای گیاهی روز به روز در حال افزایش است (Aliabadi Farahani et al., 2003). با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات موثره گیاهان دارویی نیاز به بهره‌گیری از

کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) گیاهی علفی، یکساله، ارزشمند و دارویی از خانواده کدوئیان می‌باشد (Shabahang et al., 2010). نتایج تحقیقات انجام شده روی دانه این گیاه

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار، استاد و دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
(*) نویسنده مسئول:
(Email: khorramdel@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v10i4.63921

پوست کاغذی در شرایط مخلوط با برخی گیاهان زراعی در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۱ تیمار در زمینی با مساحت ۱۳۹۶ متر مربع اجرا شد. کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی با پنج گروه از گیاهان دارویی-زراعی شامل ذرت (*Zea mays* L.)، ذرت شیرین (*Zea mays convar. saccharata*)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، کرچک (*Ricinus communis* L.) و کشت خالص این گونه‌ها به عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند. در این تحقیق، از بذرهای کدو پوست کاغذی و کرچک تهیه شده از باغ گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی، ذرت بومی تربت جام، ذرت شیرین رقم سوپر هیبرید، آفتابگردان توده بومی نیشابور و کنجد توده بومی مشهد استفاده شد.

پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل دو نوبت شخم عمود بر هم و دیسک، کاشت بذرها به صورت دستی در ۳۱ اردیبهشت ماه پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین عملیات کاشت بذرها به صورت دستی بر روی هفت ردیف انجام شد. فاصله بین ردیف کدو پوست کاغذی در تیمارهای مختلف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر (بر اساس تراکم ۴/۵ بوته در متر مربع) (Choopan et al., 2014)) در نظر گرفته شد. گونه‌های همراه ذرت، ذرت شیرین، آفتابگردان، کنجد و کرچک به ترتیب با تراکم‌های ۸، ۶، ۱۲، ۵۰ و ۴ بین ردیف‌های کدو پوست کاغذی به صورت ردیفی و یک در میان کاشته شد. بین کرت‌ها یک ردیف نکاشت و بین بلوک‌ها یک متر فاصله به عنوان راهرو در نظر گرفته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به شیوه نشتی با فاصله هر هفت روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد. پس از سبز شدن اولیه جهت اطمینان از حصول تراکم، عملیات تنک در مرحله ۴-۶ برگی انجام شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد به صورت دستی وجین شد. در طی دوره رشد هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد. نیمی از کرت به اندازه‌گیری‌های تخریبی در طول فصل رشد و نیم دیگر

اصول اکولوژیک مانند کشت مخلوط در تولید پایدار این گیاهان امری ضروری می‌باشد (Zimdahl, 2007).

امروزه کشاورزان به واسطه سهولت در تولید به سمت سامانه‌های تک‌کشتی گرایش پیدا کرده‌اند که با سایر عملیات کشاورزی نوین از قبیل شخم فشرده، کاربرد کودهای شیمیایی، آبیاری و کنترل شیمیایی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز همراه هستند (Nassiri et al., 2003). از این‌رو، توجه بیشتری به کشاورزی پایدار معطوف شده که همگام با طبیعت بوده و اصول بنیادین آن ایجاد و حفظ تنوع زیستی است (Beheshti et al., 2010). لذا گرایش به سمت طراحی و مدیریت سیستم‌های متکی بر فرآیندهای اکولوژیکی، جهت حفظ تولید و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز کمتر وابستگی به مواد شیمیایی، افزایش یافته است (Liebman et al., 1989). از جمله این روش‌های مدیریتی می‌توان به کشت گیاهان پوششی، شخم حفاظتی، تناوب زراعی، مدیریت تلفیقی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بهره‌گیری از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی اشاره کرد (Ghanbari Bonjar, 2000).

کشت مخلوط، نوعی عملیات پایدار کشاورزی است (Maffei & Mucciarelli, 2003) که نقش مهمی در ایجاد تنوع زیستی (Hongjiao et al., 2010)، افزایش کارایی استفاده از منابع (Ghosh et al., 2006) و کاهش تداخل علف‌های هرز، حشرات و آفات (Baumann et al., 2002) دارد و سبب افزایش پایداری عملکرد (Agegnehu et al., 2008) می‌شود. به طور کلی، مهم‌ترین دلیل توجه به کشت مخلوط، سودمندی عملکرد نسبت به تک‌کشتی است (Li et al., 2001) که از طریق افزایش اثرات همراهی گونه‌ها و کاهش رقابت بین گونه‌ای حاصل می‌شود (Ofosu & Limbant, 2007). افزایش جذب و بهبود استفاده از نور اغلب یکی از مزایای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیان گردیده است (Watiki et al., 1993). هنگامی که دو گونه با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت به صورت همزمان در کشت مخلوط کاشته می‌شوند، کم‌ترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند که این موضوع باعث افزایش عملکرد می‌شود (Khan et al., 2003; Klindt & Andersen et al., 2007).

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت تولید اکولوژیک گیاهان دارویی به صورت وارد کردن این گونه‌ها در کشت مخلوط با سایر گیاهان، این آزمایش با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گونه دارویی کدو

رسم اشکال با نرم افزار Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین اجزای عملکرد گیاه کدو پوست کاغذی تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با برخی گیاهان زراعی- دارویی در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای عملکرد اختصاص داده شد. بعد از رسیدگی کامل میوه‌های کدو پوست کاغذی (زرد شدن ۷۵ درصد میوه)، نصف کرت (۱۲ متر مربع) با حذف اثرات حاشیه‌ای جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در نیمه دوم مرداد ماه (۸۲ روز پس از کاشت) برداشت گردید. میوه‌های مربوط به هر کرت، جداگانه توزین، سپس دانه آنها جدا و پس از خشک شدن، بذرها نیز شمارش و توزین شدند. در پایان، عملکرد میوه، عملکرد دانه، تعداد میوه در واحد سطح، تعداد دانه در میوه، وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و محاسبه گردید. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.11 انجام شد.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط ردیفی با برخی گیاهان زراعی- دارویی بر اجزای عملکرد کدو پوست کاغذی
Table 1- Mean comparison for the effect of row intercropping treatments with some crops-medicinal plants on yield components of pumpkin

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	تعداد میوه Number of fruit (No.ha ⁻¹)	وزن تر تک میوه Single fruit weight (g.plant ⁻¹)	تعداد دانه در میوه Number of seeds per fruit	وزن دانه در میوه Weight of seeds per fruit (g)	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)
کدو+آفتابگردان Pumpkin+ sunflower	14386 c*	1451 a	333 a	67 a	184 a
کدو+ذرت Pumpkin+ corn	18319 b	1338 ab	311 b	58 ab	163 bc
کدو+ذرت شیرین Pumpkin+ sweet corn	20200 b	1263 b	310 b	60 ab	158 c
کدو+کرچک Pumpkin+ caster bean	14515 c	1425 ab	318 ab	60 ab	180 ab
کدو+کنجد Pumpkin+ sesame	16962 bc	1399 ab	311 b	61 ab	176 ab
کشت خالص Monoculture	31650 a	944 c	283 c	47 b	155 c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند ($P \leq 0.05$).

* Means with the same letter(s) in each column have not significantly difference based on Duncan test ($P \leq 0.05$).

میوه در هکتار در تیمارهای کشت مخلوط کدو با ذرت، ذرت شیرین، کنجد و کرچک به ترتیب ۴۲، ۳۶، ۴۱ و ۵۴ درصد نسبت به کشت خالص کدو پوست کاغذی کاهش یافت (جدول ۱).

احتمالاً در کشت مخلوط سایه‌اندازی گونه‌های همراه به ویژه آفتابگردان، کرچک و کنجد بر روی بوته‌های کدو پوست کاغذی باعث کاهش تعداد میوه در هر بوته شده است. نتایج نشان داده است که در تراکم یکسان در کشت مخلوط رقابت درون گونه‌ای (رقابت بین گیاهان هم گونه) و رقابت برون گونه (رقابت بین گیاهان از گونه‌های مختلف) بیشتر در زمان ظهور گل بوجود می‌آید که در اثر آن تعداد گل در هر گیاه کاهش و به تبع تعداد میوه نیز کمتر خواهد

عملکرد و اجزای عملکرد کدو پوست کاغذی در تیمارهای مختلف کشت مخلوط ردیفی

تعداد میوه در هکتار: تعداد میوه کدو پوست کاغذی به طور

معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با سایر گیاهان دارویی- زراعی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. بالاترین تعداد میوه با ۳۱۶۵۰ میوه در هکتار مربوط به تک‌کشتی بود که با تمام تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با سایر گیاهان دارویی- زراعی تفاوت معنی‌داری را نشان داد و کمترین تعداد میوه از کشت مخلوط با آفتابگردان با ۱۴۳۸۶ میوه در هکتار بدست آمد که با تیمار کشت مخلوط با کنجد و کرچک تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱). تعداد

۷۵ سانتی‌متر، وزن متوسط میوه را افزایش داد.

تعداد دانه در میوه و وزن دانه در میوه: اثر کشت مخلوط

با گیاهان زراعی - دارویی بر وزن دانه در میوه کدو پوست کاغذی در سطح احتمال پنج درصد و بر تعداد دانه در میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه از کشت مخلوط با آفتابگردان برابر با ۳۳۳ دانه در میوه بدست آمد که با تیمار کشت مخلوط با کرچک تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه از کشت خالص کدو پوست کاغذی با ۲۸۳ دانه در میوه حاصل شد که با همه تیمارهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). می‌توان گفت که در تراکم‌های پایین‌تر (کشت مخلوط) به دلیل گسترش تک بوته‌ها امکان تولید برگ بیشتر و میوه‌هایی با دانه بیشتر مشاهده شد، ولی در تراکم‌های بیشتر (کشت خالص)، رقابت بر سر منابع و عوامل محیطی موجب شده، بوته‌ها توانایی تولید دانه زیادی در هر میوه را نداشته باشند. نتیجه این آزمایش با نتایج مرادی و همکاران (Moradi et al., 2014) مبنی بر معنی‌داری اثر کشت مخلوط ذرت، لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و کدو پوست کاغذی بر تعداد دانه در میوه کدو پوست کاغذی همخوانی داشت. کاهش تراکم (کشت مخلوط) باعث افزایش فضای قابل دسترس برای رشد و کاهش احتمال قرارگیری میوه‌های این گیاه درون جوی آب شده که در نهایت، باعث کاهش پوسیدگی میوه‌ها و افزایش رقابت بین بوته‌های مجاور شده که این امر احتمالاً از یک طرف باعث کاهش تولید میوه و از طرف دیگر، به دلیل خاصیت جبران‌کنندگی اجزای عملکرد بر یکدیگر، باعث افزایش تعداد دانه در میوه شده است. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2010) بیان داشتند که بیشترین و کمترین تعداد دانه در میوه کدو پوست کاغذی به ترتیب در فاصله روی ردیف ۴۰ و ۲۰ سانتی‌متر با ۳۷۱/۸ و ۳۵۱/۴ دانه در متر مربع حاصل شد، ضمن اینکه افزایش فاصله بین ردیف از یک به دو متر باعث افزایش تعداد دانه از ۳۴۷/۲ به ۳۷۶/۱ دانه در متر مربع شد. همچنین بالاترین وزن دانه در میوه کدو پوست کاغذی با ۶۷/۲۲ گرم از تیمار کشت مخلوط با آفتابگردان و کمترین وزن دانه در میوه با ۴۷/۴۹ گرم از کشت خالص بدست آمد که تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). می‌توان افزایش وزن و تعداد دانه در میوه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را به افزایش وزن تک میوه در کشت مخلوط نسبت داد (جدول ۱). با افزایش تراکم، وزن دانه در میوه کدو پوست کاغذی کاهش داشت. بیشترین وزن دانه در میوه با

بود (Schultz et al., 1982). در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط بادمجان (*Solanum melongena* L.) و ذرت شیرین، بیشترین تعداد میوه در بوته مربوط به کشت خالص بادمجان بود که تفاوت معنی‌داری با نسبت‌های ۷۵ و ۵۰ درصدی بادمجان در اختلاط با ذرت شیرین نداشت. این محققان نتیجه گرفتند که کاهش رقابت درون گونه‌ای پس از برداشت ذرت با کاهش رقابت بین گونه‌ای باعث افزایش نفوذ نور به داخل تاج پوشش و استفاده بهتر بادمجان از منابع موجود گردید و به دنبال آن افزایش تعداد میوه در بوته را در پی داشت (Asadi et al., 2016). در آزمایشی دیگر بر روی کشت مخلوط خیار (*Cucumis sativus* L.) و پیاز (*Allium cepa* L.)، محققان گزارش کردند در کشت خالص به علت عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای، افزایش در تعداد گل ماده و افزایش تعداد میوه در بوته، عملکرد بیشتری تولید شد (Boland Nazar et al., 2011).

وزن تر تک میوه: اثر کشت مخلوط با گیاهان زراعی - دارویی

بر وزن تک میوه کدو پوست کاغذی معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. بیشترین و کمترین وزن تک میوه به ترتیب از کشت مخلوط کدو پوست کاغذی و آفتابگردان (۱۴۵۱ گرم در بوته) و تک‌کشتی کدو پوست کاغذی (۹۴۴ گرم در بوته) بدست آمد (جدول ۱). وزن تک میوه کدو پوست کاغذی در کشت مخلوط ردیفی با ذرت، ذرت شیرین، کنجد و کرچک به ترتیب ۴۲، ۳۳/۷۹، ۴۸ و ۵۱ درصد نسبت به کشت خالص افزایش یافت (جدول ۱).

با توجه به افزایش تعداد میوه در تیمار تک‌کشتی کدو پوست کاغذی نسبت به کشت مخلوط با سایر گیاهان زراعی - دارویی به نظر می‌رسد اگرچه افزایش تعداد بوته در تک‌کشتی باعث افزایش تعداد میوه گردید، ولی به دلیل تخصیص حجم بیشتری از مواد فتوسنتزی به تعداد بیشتر میوه تحت تأثیر وجود رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد، وزن میوه در مقایسه با کشت مخلوط ردیفی این گیاه کاهش یافته است (Koocheki et al., 2013). عبادی و همکاران (Ebadi et al., 2008) نیز اعلام کردند با افزایش فاصله بین دو بوته در روی ردیف از ۰/۳ به ۰/۹ متر، وزن متوسط میوه ۲۹/۲۴ درصد افزایش یافت. افزایش وزن متوسط میوه با افزایش فاصله بین بوته روی ردیف به دلیل استفاده بهتر از نور و افزایش دسترسی به مواد غذایی به ویژه نیتروژن موجود در خاک می‌باشد. کالچر و همکاران (Kultur et al., 2001) بر روی گیاه طالبی (*Cucumis melo* var. *inodorus*) نشان دادند که افزایش فاصله بین دو بوته نیز بر روی ردیف از ۳۵ به

۲۰۳۰۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. عملکرد میوه کدو پوست کاغذی در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با ذرت، ذرت شیرین، کنجد و کرچک به ترتیب برابر با ۸۲، ۸۵، ۸۰ و ۷۰ درصد کشت خالص بود (شکل ۱).

احتمالاً در کشت مخلوط سایه‌اندازی گیاه همراه بر روی بوته‌های کدو پوست کاغذی و همچنین تشدید رقابت بین گونه‌ای بین بوته‌ها بر سر منابع به ویژه نور باعث کاهش عملکرد میوه شده است. نتایج این مطالعه با آزمایش قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2006) همخوانی داشت. این محققان در آزمایشی بر روی کشت مخلوط کدو و ذرت بیشترین عملکرد میوه کدو اظهار داشتند که نور رسیده در مخلوط ذرت-کدو در مراحل انتهایی رشد به دلیل ارتفاع زیاد و توسعه تاج پوشش گیاهی ذرت، بیشتر توسط سایه‌انداز این گیاه جذب شده و میزان نور عبوری کاهش می‌یابد و از طرفی پیری و ریزش برگ‌های کدو باعث کاهش استفاده بهینه از نور عبوری شده و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه بیشترین عملکرد میوه کدو (۳۸ تن در هکتار) در تک کشتی بدست آمد. در پژوهشی روی اثر کشت مخلوط ذرت و خیار گزارش شده است که بیشترین عملکرد میوه خیار مربوط به تک کشتی بود که با عملکرد میوه آن در کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری نشان داد. آنها دلیل کاهش عملکرد میوه خیار در کشت مخلوط را رقابت با بوته‌های ذرت بر سر جذب منابع بیان کردند (Ghanbari et al., 2006). در کشت مخلوط ذرت و بادمجان (*Solanum melongena* L.) نتیجه گرفته شد که بیشترین عملکرد بادمجان (۳۳۱۹۸ کیلوگرم در هکتار) در تک کشتی مشاهده و با افزایش سهم ذرت و کاهش تعداد بوته بادمجان از عملکرد کاسته شد (Asadi et al., 2016).

عملکرد بیولوژیک و دانه: تغییرات عملکرد بیولوژیک کدو

پوست کاغذی به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط با سایر گیاهان زراعی-دارویی قرار گرفت. به طوری که حداکثر و حداقل عملکرد بیولوژیک کدو به ترتیب از کشت خالص (۱۸۵۵۳ کیلوگرم در هکتار) و کشت مخلوط با کنجد (۱۳۰۵۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. عملکرد بیولوژیک کدو در تیمارهای کشت مخلوط با ذرت، ذرت شیرین، آفتابگردان و کرچک به ترتیب برابر با ۷۲/۲۹، ۷۴/۶۸، ۷۰/۹۵ و ۷۰/۷۳ درصد کشت خالص این گیاه تعیین گردید (شکل ۲). اگرچه عملکرد بیولوژیک در کشت خالص با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان

میانگین ۲۷ گرم مربوط به تیمار ۲/۵ بوته در متر مربع بود و کمترین وزن دانه در میوه با ۲۰ گرم مربوط به تیمار ۴ بوته در متر مربع بود (Choopan et al., 2014).

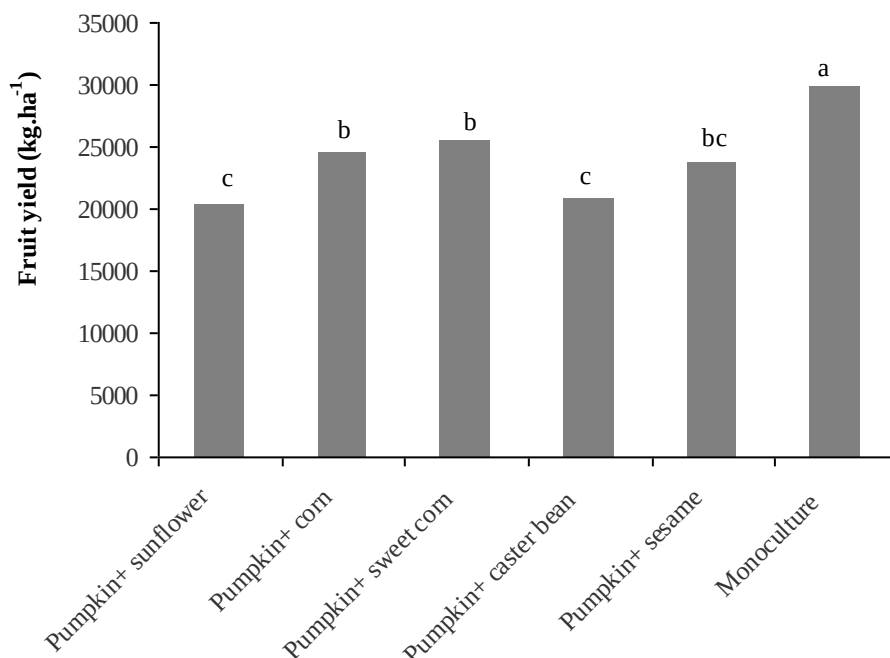
وزن هزار دانه: کشت مخلوط ردیفی کدو با گیاهان زراعی-

دارویی به طور معنی‌داری وزن هزار دانه کدو پوست کاغذی را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه تقریباً عکس نتایج عملکرد میوه بود که این امر با توجه به وجود رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد قابل توجیه است. به طوری که بالاترین و پایین‌ترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط کشت مخلوط کدو با آفتابگردان (۱۸۴/۲۵ گرم) و کشت خالص کدو (۱۵۵ گرم) بود (جدول ۲). احتمالاً به دلیل افزایش تعداد میوه و به دنبال آن کاهش وزن تک میوه در تیمار کشت خالص تحت تأثیر افزایش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های کدو برای جذب آب، نور و عناصر غذایی و همچنین وجود رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در کشت خالص کدو کاهش یافته است. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2013) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بیشترین وزن هزار دانه شنبلیله را به ترتیب در کشت خالص (۱۸/۳۳ گرم) و کشت مخلوط (۱۹/۱۹ گرم) گزارش کردند. مؤذن و همکاران (Moazzen et al., 2006) نقش تراکم را در تولید و عملکرد کدوی پوست کاغذی مؤثر دانستند و عنوان کردند که انتخاب تراکم گیاه مطلوب باعث می‌شود تا گیاهان از منابع موجود به ویژه نور استفاده مؤثرتری نموده که این موضوع از طریق کاهش رقابت سبب افزایش عملکرد می‌شود؛ آنها همچنین با بررسی سه تراکم کاشت ۱۳۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ بوته در هکتار عنوان کردند که در تراکم کمتر بوته بیشترین وزن هزار دانه حاصل شد. بر این اساس، به نظر می‌رسد که وارد کردن یک گیاه به عنوان گونه همراه در کشت مخلوط از طریق کاهش رقابت درون گونه‌ای باعث بهبود وزن هزار دانه شده است.

عملکرد تر میوه: نتایج تجزیه واریانس عملکرد میوه کدو

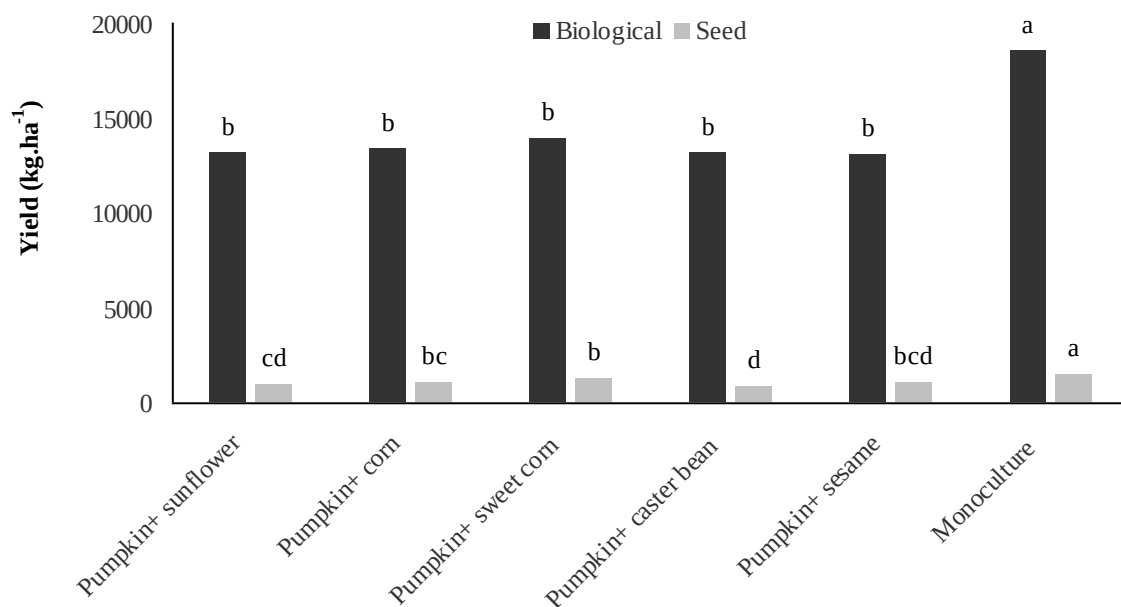
پوست کاغذی نشان داد که کشت مخلوط ردیفی با سایر گیاهان زراعی و دارویی عملکرد میوه را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد؛ به طوری که بالاترین عملکرد میوه مربوط به تک کشتی کدو پوست کاغذی با ۲۹۸۱۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد میوه از کشت مخلوط کدو پوست کاغذی با آفتابگردان با

داد، ولی هیچ کدام از تیمارهای کشت مخلوط از لحاظ عملکرد بیولوژیک با یکدیگر تفاوت معنی داری را نشان ندادند (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با برخی گیاهان زراعی- دارویی بر عملکرد میوه کدو پوست کاغذی

Fig. 1- Mean comparison for the effect of row intercropping with some field crops-medicinal plants on fruit yield of pumpkin



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه کدو پوست کاغذی در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با برخی گیاهان زراعی- دارویی

Fig. 2- Mean comparisons for the effect of row intercropping with some field crops-medicinal plants on biological and seed yield of pumpkin

al., 2014) نیز اعلام کردند که کشت خالص کدو (۱۳۴ گرم در متر مربع) و کشت مخلوط با سه ردیف لوبیا چیتی (۱۰۷ گرم در متر مربع) به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه کدو را در واحد سطح نشان داد که دلیل آن را به تعداد میوه بیشتر در کشت خالص به جهت استفاده بهینه بوته از شرایط محیطی نسبت دادند.

عملکرد گیاهان همراه در کشت خالص و مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

عملکرد ذرت: عملکرد دانه ذرت به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت؛ به طوری که عملکرد دانه در کشت مخلوط کدو و ذرت ۲۶/۱۷ درصد نسبت به تک‌کشتی کاهش یافت (شکل ۳). احتمالاً یکی از دلایل افزایش عملکرد در تک‌کشتی ذرت نسبت به کشت مخلوط، افزایش سطح کشت بوده است. در کشت خالص ذرت چون فقط رقابت درون گونه‌ای حاکم است، عملکرد اقتصادی خیلی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد، ولی در کشت مخلوط با باقلا (Vicia faba L.) وجود رقابت برون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد نسبت به کشت خالص شده است (Rezaei-Chianeh et al., 2011). شاید یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه ذرت در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط را به خاطر کاهش فضای لازم برای رشد و به دنبال آن رقابت به خاطر آب، مواد غذایی و نور نسبت داد. نتایج مطالعه ماکینده و همکاران (Makinde et al., 2009) نشان داد که در کشت مخلوط خیار با دو رقم ذرت، بالاترین عملکرد خیار در کشت خالص حاصل گردید و در کشت مخلوط با هر دو رقم به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. تومار و همکاران (Tomar et al., 1988) علت کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌های دانه‌ای را به رقابت لگوم‌ها برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند. عملکرد بیولوژیک ذرت به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر کشت مخلوط ردیفی با کدوپوست کاغذی قرار گرفت. بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت با ۲۳۴۸/۸۵ گرم بر متر مربع از تک‌کشتی و کمترین با ۱۵۹۳/۵۲ گرم بر متر مربع از کشت مخلوط آن حاصل شد (شکل ۳). علت کاهش عملکرد بیولوژیک به خاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط است. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2006) در آزمایشی نشان دادند که

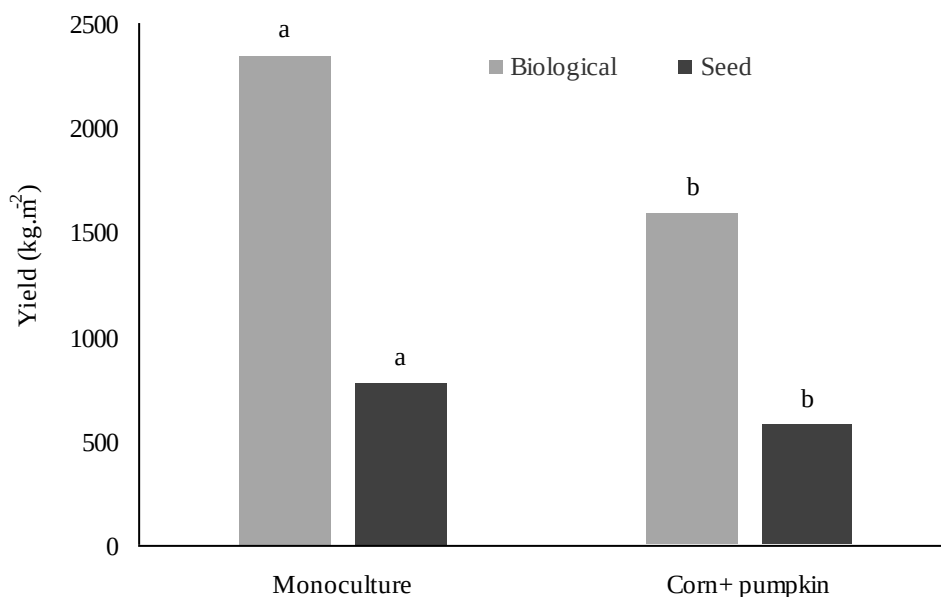
دلیل این امر را می‌توان به رقابت بین گونه‌ای نسبت داد که باعث کاهش در تعداد برگ‌ها می‌شود که این موضوع موجب کاهش شدت و میزان فتوسنتز شده و در نتیجه به دلیل کاهش تجمع مواد ذخیره‌ای، درصد ماده خشک و عملکرد بیولوژیک کاهش پیدا کرده است. نتایج راعی (Raei, 2007) نشان داد که در کشت مخلوط سورگوم و سویا به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای بین دو گیاه و غالب بودن سورگوم به طور معنی‌داری از عملکرد بیولوژیک سویا کاسته شد. محققان در بررسی بر روی کشت مخلوط لوبیا قرمز و ذرت بیان کردند که بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا از کشت خالص حاصل شد (Fotouhi-Chiane et al., 2012). این محققان دلیل این امر را به رقابت بین گونه‌ای نسبت دادند. نتایج مطالعه ال-دالاین (Al-Dalain, 2009) روی کشت مخلوط سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و ذرت نشان داد که درصد ماده خشک سیب‌زمینی در کشت مخلوط کاهش پیدا کرد.

اثر نوع گیاه همراه در کشت مخلوط ردیفی، عملکرد دانه کدو پوست کاغذی را به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. به طوری که حداکثر عملکرد دانه از کشت خالص کدو با ۱۵۰۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با همه تیمارهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری را نشان داد و حداقل عملکرد دانه از کشت مخلوط با کرچک برابر با ۸۷۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (شکل ۲). عملکرد دانه کدو در تیمارهای کشت مخلوط با ذرت، ذرت شیرین، کنجد و آفتابگردان به ترتیب برابر با ۷۳/۱۹، ۸۱/۲۲، ۶۸/۰۹ و ۶۴/۰۳ درصد کشت خالص بود (شکل ۲).

مرادی و همکاران (Moradi et al., 2014) بیشترین عملکرد دانه را از کشت خالص کدو گزارش کردند. نتایج مطالعه خرمی‌وفا و همکاران (Khorramivafa et al., 2011) نشان داد که کاشت کدوی پوست کاغذی به صورت یک در میان با ردیف‌های ذرت منجر به کاهش عملکرد دانه نسبت به کشت‌های خالص شد. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه هنگامی رخ داد که تراکم کدوی پوست کاغذی از دو به سه بوته در واحد سطح افزایش یافت که علت این امر را تشدید رقابت بین دو گیاه بیان کردند. کاهش عملکرد دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به کاهش تراکم و فضای اختصاص یافته به بوته‌ها جهت رشد در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی نسبت داد. رشدی و همکاران (Roshdi et

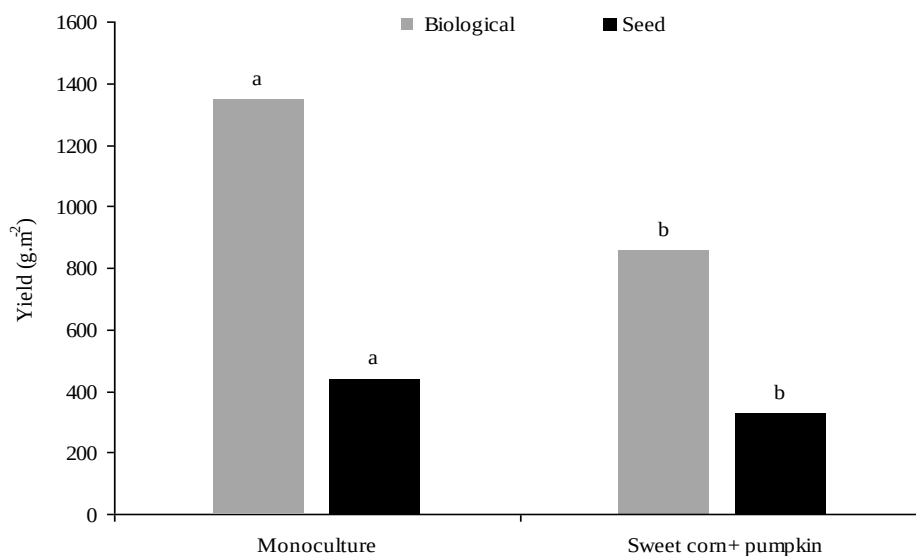
(2014) دلیل این امر را به کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نسبت دادند. سایر محققین، علت کاهش عملکرد بیولوژیک را به خاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط گزارش کرده‌اند (Rezaei-Chianeh et al., 2011).

بیشترین عملکرد بیولوژیک ۱۲/۱ تن در هکتار در کشت خالص ذرت و کمترین عملکرد بیولوژیک، در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰٪ ذرت + ۱۰۰٪ کدو با ۴/۸ تن در هکتار مشاهده شد که دلیل آن را کاهش تراکم ذرت و افزایش رقابت بین گونه‌ای و غالبیت کدو در این تیمار می‌باشد. دهمرده و کشته‌گر (Dehmardeh & Keshtegar,



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت در مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

Figure 3- Mean comparison for the effect of row intercropping with pumpkin on seed and biological yield of corn



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت شیرین در مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

Fig. 4- Mean comparison for the effect of row intercropping with pumpkin on seed and biological yield of corn sweet

معنی‌داری داشت. بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار کشت خالص با ۱۳۶۴ گرم بر مترمربع بود که افزایش ۵۹ درصدی را نسبت به مخلوط ذرت شیرین با کدو نشان داد (شکل ۴).

نتیجه آزمایش رضائی چپانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) نشان داد که عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد. آنان علت کاهش عملکرد بیولوژیک را علاوه بر کاهش تراکم در کشت مخلوط، به خاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط گزارش کرده‌اند. محققین نیز گزارش کرد که عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط با لوبیا است (Tayefe Noori, 2004).

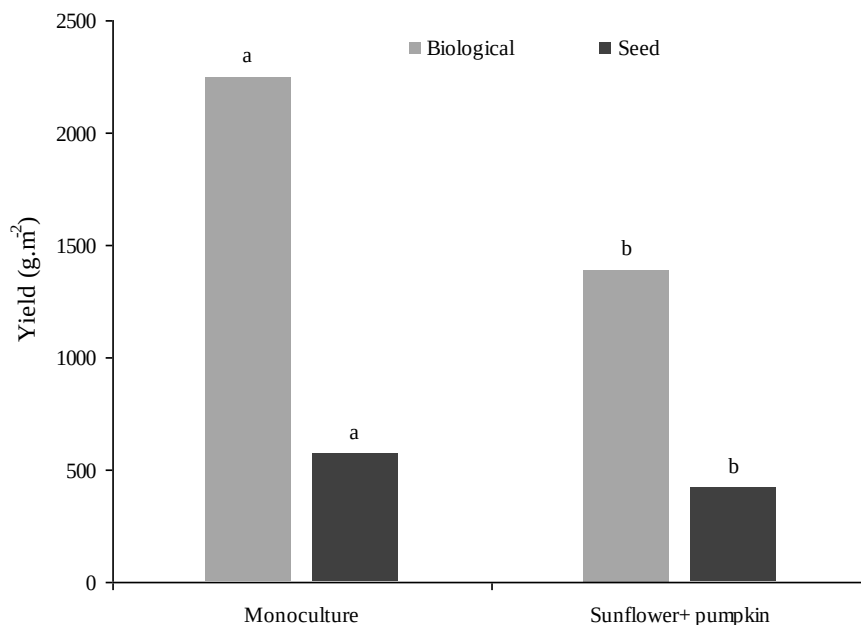
عملکرد آفتابگردان: اثر کشت مخلوط ردیفی با کدوپوست کاغذی بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان از تیمار کشت خالص آفتابگردان برابر با ۵۶۲ گرم بر متر مربع و کمترین عملکرد دانه از تیمار کشت مخلوط آن با کدو برابر با ۴۱۶ گرم بر متر مربع حاصل شد که تیمار کشت خالص افزایش ۳۵ درصدی را نشان داد (شکل ۵).

عملکرد ذرت شیرین: عملکرد دانه ذرت شیرین تحت تأثیر

کشت مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی از نظر آماری تنها در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کشت خالص (۴۳۷ گرم بر مترمربع) بود که نسبت به کشت مخلوط با کدو ۳۴ درصد افزایش پیدا کرد (شکل ۴).

محققان در کشت مخلوط ذرت و باقلا گزارش کردند که با افزایش تراکم ذرت بطور معنی‌داری عملکرد دانه ذرت به دلیل رقابت درون گونه‌ای کاهش می‌یابد و بیشترین عملکرد دانه ذرت از کشت خالص و کمترین آن از کشت مخلوط بدست آمد که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد (Rezaei-Chianeh et al., 2011). در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا چشم بلبلی، بالاتر بودن عملکرد دانه ارزن دانه‌ای در کشت خالص را بیشتر از مخلوط گزارش شده است (Ghanbari et al., 2010).

عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ اختلاف



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک آفتابگردان در مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

Fig. 5- Mean comparison for the effect of row intercropping with pumpkin on seed and biological yield of sunflower

آفتابگردان غلبه کرد و قطر طبق و تعداد دانه در طبق و به تبع آن عملکرد آفتابگردان در کشت های مخلوط نسبت به کشت

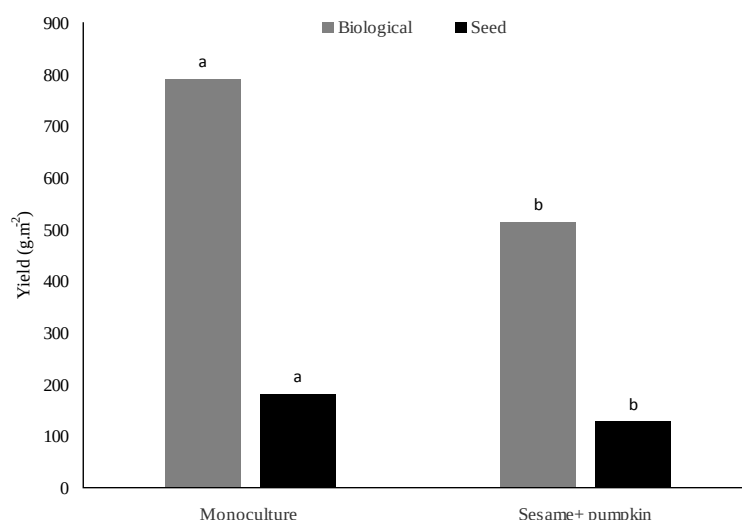
در حالت کشت مخلوط، کدو پوست کاغذی به علت فرم رشدی رونده با سایه‌اندازی روی برگ‌های آفتابگردان از نظر رقابتی به

تیمار کشت خالص (۲۲۴۶ گرم بر مترمربع) و کشت مخلوط با کدو پوست کاغذی (۱۳۸۷ گرم بر متر مربع) حاصل گردید که کشت خالص افزایش ۶۱ درصدی را نسبت به تیمار مخلوط نشان داد (شکل ۵). عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط با کدوی تخم کاغذی نسبت به کشت خالص کاهش یافت (Khorramivafa et al., 2011). از نظر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز کشت خالص لوبیا دارای بالاترین عملکرد بیولوژیک بود و در کشت‌های مخلوط نیز با افزایش تراکم لوبیا به خصوص در تیمارهای بدون کنترل علف هرز عملکرد بیولوژیک لوبیا افزایش یافت (Aliabadi Farahani et al., 2008).

عملکرد کنجد: عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد به طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط ردیفی با کدوپوست کاغذی به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد قرار گرفت. میزان افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد در کشت خالص نسبت به مخلوط به ترتیب ۶۷ و ۵۳ درصد محاسبه گردید (شکل ۶).

خالص کاهش یافت. در نتایج تحقیقی تأثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد دانه ۴۱۴۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کشت مخلوط ردیفی بود و کمترین عملکرد دانه با ۳۱۳۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار از کشت خالص به دست آمد (Rezaei-Chianeh & Gholinezhad, 2015). کاندھرو و همکاران (Kandhro et al., 2007) طی آزمایشی با کشت مخلوط آفتابگردان و ماش اعلام کردند که به علت افزایش یافتن رقابت برون گونه ای، عملکرد آفتابگردان در حالت کشت مخلوط نسبت به کشت مخلوط ۲۲ درصد کاهش یافت. مورالس و همکاران (Morales et al., 2009) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا اعلام کردند که در کشت مخلوط رقابت برای منابع به ویژه نور افزایش یافته و عملکرد آفتابگردان کاهش می‌یابد.

عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در کشت مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد در مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

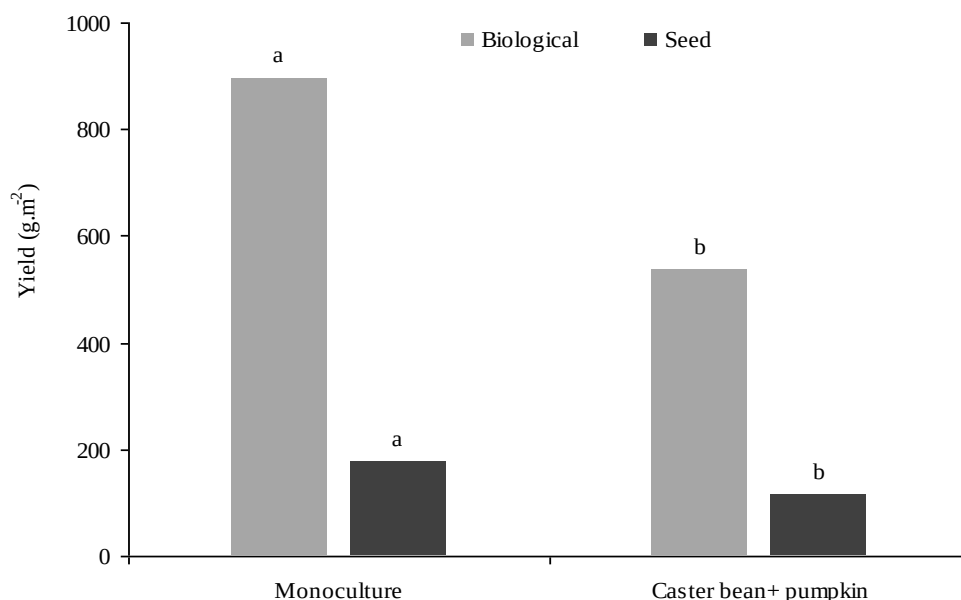
Fig. 6- Mean comparison for the effect of row intercropping with pumpkin on seed and biological yield of sesame

دانه کمتری بود. همچنین با کاهش تراکم کنجد در کشت مخلوط از عملکردهای بیولوژیک و دانه به میزان بیشتری کاسته شد.

عملکرد کرچک: عملکرد بیولوژیک ($p \leq 0.05$) و دانه ($p \leq 0.01$) کرچک به طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط ردیفی

پورامیر و همکاران (Poor Amir et al., 2010) نیز با ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی اظهار کردند که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن دارای عملکرد بیولوژیک و عملکرد

با کدوپوست کاغذی قرار گرفت. میزان افزایش عملکرد بیولوژیک و درصد محاسبه گردید (شکل ۷).
دانه کرچک در کشت خالص نسبت به مخلوط به ترتیب ۶۷ و ۵۳



شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک کرچک در مخلوط ردیفی با کدو پوست کاغذی

Fig. 7- Mean comparison for the effect of row intercropping with pumpkin on seed and biological yield of castor bean

نسبت برابری زمین: اثر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بر نسبت برابری زمین جزئی و کلی کدو پوست کاغذی با گیاهان زراعی- دارویی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود، LER کل در تمامی تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بالاتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است.

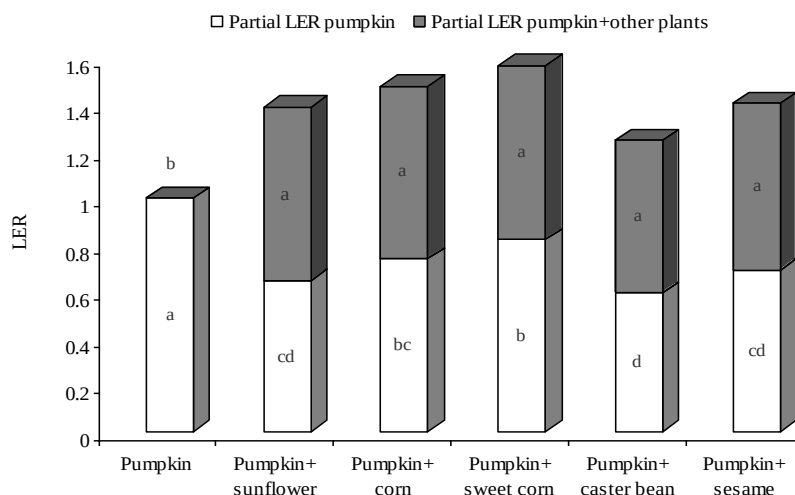
از میان تیمارهای کشت مخلوط ردیفی، بیشترین LER کل در تیمار کشت مخلوط کدو با ذرت شیرین با ۱/۵۷ و کمترین مقدار مربوط به تیمار کشت مخلوط کدو با کرچک ۱/۲۴ بدست آمد (شکل ۸). همانگونه که در شکل ۸ ملاحظه می گردد، نسبت برابری زمین جزئی کشت مخلوط ردیفی کدو با گیاهان زراعی- دارویی بالاتر از نسبت برابری زمین جزئی کدو در کشت خالص بود. خرمی وفا و همکاران (Khorramivafa et al., 2011) در آزمایشی روی کشت مخلوط کدوی پوست کاغذی با نخود و عدس (*Lens culinaris* L.) در سطوح مختلف کود نیتروژن گزارش کردند که بالاترین مقدار LER از کشت مخلوط کدوی پوست کاغذی با عدس با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ($LER = 2/20$) به دست آمد. در

بعلت رقابت بین گونه ای میان کرچک و کدو پوست کاغذی در کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. این مسأله در عملکرد دانه کرچک نیز وجود داشت. به نحوی که از میزان این ویژگی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاسته شد. زعفرانی (Zaferanie, 2015) بیان داشت کشت خالص نخود (*Carthamus tinctorius*) و نسبت کاشت نخود-گلرنگ (۱۰۰:۰) و نسبت کاشت نخود-گلرنگ (۷۵:۲۵) به ترتیب با ۲۲۷۴/۷ و ۴۴۱/۸ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و کمترین عملکرد بودند. این نتایج در خصوص گلرنگ نیز صادق بود. بیشترین و کمترین عملکرد گلرنگ به ترتیب مربوط به کشت خالص گلرنگ (۱۰۰:۰) با ۲۳۴۶/۹ و نسبت کاشت نخود-گلرنگ (۲۵:۷۵) با ۷۵۹/۸ کیلوگرم در هکتار بود.

با توجه به این که ساختار پوشش گیاهی حاصل از کشت مخلوط نقش مهمی در استفاده بهینه از تابش خورشید و در نتیجه افزایش عملکرد محصول دارد، بنابراین افزایش تعداد شاخه های فرعی کرچک در تیمار کشت مخلوط می تواند به علت در اختیار داشتن فضای مناسب به خصوص در یک سوم فوقانی پوشش گیاهی حاصل از کشت مخلوط کرچک- کدو پوست کاغذی باشد.

کنجد با بادام زمینی با نسبت ۲:۱ بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۵) را در بین دیگر گیاهان داشت (Sarkar & Kunda, 2001).

آزمایشی روی کشت مخلوط کنجد با گیاهانی نظیر ماش سبز (*Vigna radiata* L.)، ماش سیاه (*Vigna mungo* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و آفتابگردان، مشاهده کردند که کشت



شکل ۸ - مقایسه میانگین LER جزئی کدو پوست کاغذی در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با برخی گیاهان زراعی - دارویی
Fig. 8- Mean comparison of partial LER pumpkin in row treatments with some field crops-medicinal plants

وزن دانه در میوه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کدو پوست کاغذی معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه ذرت، ذرت شیرین، آفتابگردان، کنجد و کرچک در کشت خالص بدست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نیز در تمامی تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بیشتر از یک بود و بالاترین میزان آن در کشت مخلوط کدو با ذرت شیرین و کمترین مقدار آن در کشت مخلوط کدو با کرچک بدست آمد. بر این اساس، از آنجا که سیستم‌های کشت مخلوط یکی از روش‌های مدیریت تولید محصولات گیاهان دارویی است که در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار و عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی اجرا می‌گردد، توصیه می‌گردد که توسعه کشت و کار گیاهان دارویی به صورت کشت مخلوط به منظور بهبود ویژگی‌های اکولوژیکی آن‌ها در بوم نظام‌های زراعی مد نظر قرار گیرد.

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می‌شود که تیمارهای کشت مخلوط ردیفی کدو پوست کاغذی با سایرین به علت نیازهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت، از منابع محیطی به طور کامل استفاده نموده و این موضوع باعث بهبود رشد دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آنها گردید. با توجه به اینکه در این مطالعه نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از ۱ بوده است، نتیجه بیانگر راندمان بهره‌وری بالاتر از زمین و بقیه نهاده‌های کشاورزی در زراعت مخلوط این دو گیاه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کدو پوست کاغذی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی با سایر گیاهان زراعی - دارویی قرار گرفت. اثر کشت مخلوط ردیفی بر تعداد میوه، وزن تک‌میوه، عملکرد میوه در هکتار، تعداد و

منابع

Agegehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2008. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed

- intercropping. *Agronomy Sustainable Development* 28: 257-263.
- Al-Dalain, S.A. 2009. Effect of intercropping of *Zea mays* with potato *Solanum tuberosum* on potato growth and on the productivity and land equivalent ratio of potato and *Zea mays* with potato *Solanum tuberosum* on potato. *Agricultural Journal* 4: 164-170.
- Aliabadi Farahani, H., Arbab, A., and Abbaszadeh, B. 2008. The effects of super phosphate triple, water deficit stress and *Glomus* biological fertilizer on some quantity and quality characteristics of *Coriandrum sativum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24(1): 18-30. (In Persian with English Summary)
- Aroiee, H., and Omidbaigi, R. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity medicinal pumpkin. *Acta Horticulture* 6(29): 415-419.
- Asadi, G.H., Ghorbani, R., Bichranloo, B., and Bagheri Shirvani, M. 2016. Influence of different ratios of intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* Var. *Saccharata*) and eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Sustainable Agricultural and Production Science* 26(2): 1-15. (In Persian with English Summary)
- Baumann, D.T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., Laar, H.H., and Kropff, M.J. 2002. Analysing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. *Agricultural Systems* 73: 173-203.
- Beheshti, S.A., Soltanian, B., and Sadr Abadi Haghighi, R. 2010. Effect of density and different planting ratios on grain and biomass yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping system. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(1): 167-176. (In Persian with English Summary)
- Boland Nazar, S., Pazani, Z., and Mohammadi, J. 2011. The study of cucumber and onion intercropping. *Journal of Sustainable Agricultural and Production Science* 21(3): 135- 145. (In Persian with English Summary)
- Choopan, F., Bannayan, M., Asadi, G.H., and Shabahang, J. 2014. Effect of planting date and density on yield and yield components of medicinal plant pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agroecology* 6(2): 383- 392. (In Persian with English Summary)
- Dehmardeh, M., and Keshtegar, A. 2014. Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agroecology* 6(2): 311-323. (In Persian with English Summary)
- Ebadi, A., Gholi Pour, A., and Nikkhah Bahrami, R. 2008. Effect of head pruning and between row spacing on yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Pajouhesh va Sazandgi* 78: 41-47. (In Persian with English Summary)
- Fotouhi- Chiane, S., Javanshir, A., Dabagh Mohammadinasab, A., Zand, E., Razavi, F. and Rezaei-Chianeh, E. 2012. Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. *Journal of Agroecology* 4(2): 131-143. (In Persian with English Summary)
- Ghanbari Bonjar, A., 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low – input forage. Ph. D dissertation. Wye College, University of London, English.
- Ghanbari, A., Ghadiri, H., Jokar, M. 2006. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. *Pajouhesh Va Sazandgi* 73: 193-199. (In Persian with English Summary)
- Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Inter- specific interaction and nutrient use in soybean sorghum intercropping system. *Agronomy Journal* 98: 1097-1108.
- Hongjiao, C., Minsheng, Y., and Cui, L. 2010. Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. *Acta Ecologica Sinica* 30: 190-195.
- Kandhro, M.N., Tunio, S.D., Memon, H.R., and Ansari, M.A. 2007. Growth and yield of sunflower under influence of mungbean intercropping. *Pakistan Journal Agricultural Research* 23: 9-13.
- Khan, M., Khan, R., Wahab, A., and Rashid, A. 2005. Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of chickpea, lentil and rapeseed in different proportions. *Pakistan Journal of Science* 42(3-4): 1-3.
- Khorramivafa, M., Eftekharinasab, N., Nemati, A., Sayadian, K., and Najafi, A. 2011. Economic evaluation of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. *Styriac*) chickpea- lentil intercropping system associated with several nitrogen levels. *Journal of Agronomy Sciences* 3(5): 53-62. (In Persian with English Summary)
- Klindt Andersen, M., Hauggaard- Nielsen, H., Weiner, J., and Steen Jensen, E. 2007. Competitive dynamics in two- and three-component intercrops. *Journal of Applied Ecology* 44: 545-551.

- Kultur, F., Harrison, H. C., and Staub, J.E. 2001. Spacing and genotype affect fruit sugar concentration, yield and fruit size of muskmelon. *Horticulture Science* 36(2): 274-278.
- Li L Sun, J., Zhang, F., Li X Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat/ maize or wheat/ soybean strip intercropping, I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crops Research* 71: 123-137.
- Liebman, M. 1989. Effects of nitrogen fertilizer, irrigation and crop genotype on canopy relation and yield of an intercrop/ weed mixture. *Field Crops Research* 22: 83-100.
- Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229-240.
- Makinde, A.A., Bello, N.J., Olasantan, F.O., and Adebisi, M.A. 2009. Hydrothermal effects on the performance of maize and cucumber intercrop in a tropical wet and dry climate in Nigeria. *Journal of Agriculture Research* 4: 225-235.
- Moazzen, S.H., Daneshian, J., Valad Abadi, S.A., and Baghdadi, H. 2006. Study of plant density and phosphorous rate on some agronomic characters, seed and fruit yield of naked- seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22(4): 397-409. (In Persian with English Summary)
- Moradi, P., Asghari, J., Mohsen Abadi, G. H., and Samiezhadeh, H. 2014. Evaluation of the beneficial effects of triple intercropping of maize (*Zea mays* L.), pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Crop Production and Processing* 6(19): 177-189. (In Persian with English Summary)
- Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., and Volke, H.V.H. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agro Ecosystems* 10: 431-439.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2003. *Agroecology*. Ferdowsi University Publications, Mashhad, Iran, 459 p. (in Persian)
- Ofori, A., and Limbant, N.V. 2007. Effect of intercropping on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. *International Journal of Agriculture and Biology* 9(4): 594-597.
- Poor Amir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation the effect of different planting ratios on yield and yield components of intercropping sesame and chickpea in additive series. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(5): 747-757. (In Persian with English Summary)
- Raei, Y. 2007. Check sorghum and clover. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture Tabriz University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Rezaei-Chianeh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology* 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)
- Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi Golezani, K., and Aharizad, S. 2011. Intercropping of maize and faba bean at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research* 7: 1786-1793.
- Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R.A. 2013. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Journal of Field Crop Science* 43 (2): 217-230. (In Persian with English Summary)
- Roshdi, M., Reza Doost, S., and Khalili Mahalle, J. 2014. Effect of nitrogen biofertilizers on yield and yield components of pumpkin in cultivation mixed with pinto bean. *Journal of Crop Production Research* 4(3): 279-292. (In Persian with English Summary)
- Sarkar, R.K., and Kunda, C. 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*Sesamum indicum*) with pulse and oilseed crop on rice fallow land. *Indian Journal of Agricultural Science* 71: 545-550.
- Shabahang, J., Khorramdel, S., Asadi, G., Meerabai, A., and Nemati, H. 2010. The effects of intra and inter-row spaces and planting pattern on the yield components, seed and oil yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agroecology* 2(3): 417-427. (In Persian with English Summary)
- Siami, A., Heidaari, R., and Dastpak, A. 2003. Assessment of lipid content and studying fatty acids in some varieties of *Cucurbita* L. *Pajouhesh v Sazandegi* 16(2): 16-19. (In Persian with English Summary)
- Tayefe Noori, M. 2004. Intercropping of maize and cowpea. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Tabriz University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Tomar, J.S., Mackenzie, A.F., Mehuys, G.R., and Ali, I. 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen,

- and legume intercrops. *Agronomy Journal* 80: 802-807.
- Watiki, J.M., Fukai, S., Banda, J.A., and Keating, B.A. 1993. Radiation interception and grow to of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant density and cowpea cultivar. *Field Crops Research* 35: 123-133.
- Zaferanie, M. 2015. Useful indicators of performance evaluation and safflower and chickpea intercropping. 2nd National Conference on Applied Researches in Agriculture Sciences, Tehran, Iran, March 12 2015, p.1-7. (In Persian)
- Zimdahl, R.H. 2007. Fundamentals of weed sciences. *Journal of Academic Press* 10: 183-193.



Evaluation of yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) and land equivalent ratio affected as row intercropping with some field crops

S. Morid Ahmadi¹, S. Khorramdel^{2*}; A. Koocheki^{3*}; J. Shabahang⁴ and A. Maollafilabi⁵

Submitted:23-04-2017

Accepted:01-07-2017

Morid Ahmadi, S., Khorramdel, S., Koocheki, A., Shabahang, J., and Maollafilabi, A. 2018. Evaluation of yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) and land equivalent ratio affected as row intercropping with some field crops. Journal of Agroecology, 10(4): 965-981.

Introduction

Medicinal and aromatic plants are looked upon not only as a source of affordable health care products but also as a source of income. Several studies emphasized the need for cultivation of medicinal and aromatic plants in agricultural systems based on low input management. One of such causes is production of medicinal plants with oil seed with unsaturated fatty acids such as oleic and linoleic acid. Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) is an important oil seed plant belongs to family Cucurbitaceae with a prostrate stem. This seeds is used in food industry, cosmetics and health items. Active ingredients of seed are fatty acids, Vitamin E and β -phytosterols. The major components of pumpkin oil are linoleic, oleic, palmitic and stearic acids. Seeds of pumpkin species contain 39.5-56.5% oil and 21-67.4% linoleic acid (Aroiee & Omidbaigi, 2004; Siami et al., 2003). Because of its ability to tolerate shade and to cover ground rapidly with its creeping growth habit (Aroiee & Omidbaigi, 2004), is often intercropped with other plants. This intercropping system could be effective in suppressing weed growth and increasing crop yields.

Intercropping is defined as the intensification and diversification of agricultural system in time and space dimensions. Increased food production by intercropping with more variety can to be effective in improving yield and ecosystem services and functions.

The purposes of the experiment were evaluating the yield and yield components of pumpkin in row intercropping treatments with some field crops and medicinal plants

Materials and Methods

This experiment was done based on a randomized complete block design with four replications and 11 treatments at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season 2014-2015. Row intercropping of pumpkin with corn (*Zea mays* L.), sweet corn (*Zea mays* convar. *saccharata*), sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.), castor been (*Ricinus communis* L.) and their monoculture were considered as treatments. Studied traits were yield components of pumpkin (such as number of fruit, fruit weight, fruit yield, number of seeds per fruit, weight of seeds per fruit and 1000- seed weight), biological and seed yield of pumpkin, corn, sweet corn, sunflower, sesame and castor been and land equivalent ratio (LER).

Results and Discussion

The results showed that the effect of rows intercropping with some field crops and medicinal plants was significant on fruit number, fruit weight, fruit yield per ha, seed number per fruit, seed weight per fruit, 1000-seed weight, seed yield and biological yield of pumpkin. The highest fruit number of pumpkin was observed in monoculture with 31650 fruits.ha⁻¹ and the lowest was intercropping with sunflower with 14386 fruit.ha⁻¹. The maximum seed number was related to intercropping with sunflower with 333.75 seeds.fruit⁻¹. The highest seed yield of corn, sweet corn, sunflower, sesame and castor bean was obtained in their monoculture with 772.17, 437.59, 563.69, 177.75 and 177 g.m⁻², respectively. The maximum land equivalent ratio was calculated for

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Crop Ecology, Associate Professor, Professor and PhD in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

5- Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: khorramdel@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i4.63921

intercropping of pumpkin+ sweet corn with 1.57.

Conclusion

The results highlight the importance of intercropping medicinal plants and crops for improving the yield and yield components of pumpkin. The yield advantage of intercropping system occur when the component plants are in complementarily with each other, resulting in more effective use of environmental resources such as nutrients, radiation and water and yield compared with when produce as monoculture. The highest LER was computed for intercropped pumpkin with sweet corn. It seems that sweet corn had lowest competitive effects on pumpkin. On the other hand, weakness of pumpkin competitive ability in comparison with castor bean possible was due to morphology and its growth form (prostrate form). Of course it is always necessary to determine the types of interactions in intercrops in order to find out and select the best plant in intercropping with pumpkins in which the competition is the lowest, while yield components are the highest.

Keywords: Biological yield, Fruit yield, Medicinal plant, Sunflower



اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات کیفی اسانس اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum Cyminum* L.) در شرایط آب و هوایی افغانستان

محمد یوسف جامی^۱، عبدالله ملا فیلابی^{۲*} و مجید امینی دهقی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۴

جامی، م.ی.، ملافیلابی، ع.، و امینی دهقی، م. ۱۳۹۷. اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات کیفی اسانس اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum Cyminum* L.) در شرایط آب و هوایی افغانستان. بوم شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۹۸۳-۱۰۰۵.

چکیده

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که کشت و کار آن می‌تواند به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک در شرایط کم‌آبی حائز اهمیت باشد. به منظور بررسی و تعیین بهترین زمان آبیاری و انتخاب توده‌های مناسب زیره سبز در منطقه هرات-افغانستان، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه هرات انجام شد. چهار رژیم آبیاری شامل دیم (W_1)، بعد از ساقه رفتن (W_2)، اوایل گلدهی (W_3) و اوایل دانه‌بندی (W_4) به عنوان عامل اصلی و توده‌های بذریه راجستان هند (V_1)، بادغیس افغانستان (V_2) و کاشمر ایران (V_3) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر، تعداد ساقه فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و صفات کیفی شامل مواد مؤثره موجود در اسانس زیره سبز بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده و متقابل زمان آبیاری و توده بر عملکرد و حجم اسانس، عملکرد بذریه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در چتر، تعداد ساقه فرعی، شاخص برداشت، درصد کومین آلدئید و پارا-سیمن معنی‌دار بود. بالاترین مقدار برای آبیاری در اوایل گلدهی و توده هندی مشاهده شد، اما بیشترین تعداد ساقه فرعی از توده افغانستان بدست آمد. بالاترین درصد شاخص برداشت و تعداد ساقه‌های فرعی به ترتیب برای آبیاری در اوایل دانه‌بندی و دیم بدست آمد. بیشترین میزان کومین آلدئید از توده‌های ایرانی و افغانستانی به ترتیب با ۲۷/۳۵٪ و ۲۵/۷۳٪ و بیشترین مقدار پارا-اسیمن (۲۵/۸۱٪) از اثر متقابل توده هندی با تیمار آبیاری اوایل دانه‌بندی بدست آمد. طبق نتایج توده هندی + آبیاری در اوایل گلدهی برای شرایط آب و هوایی هرات-افغانستان توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: منطقه خشک و نیمه خشک، حجم و عملکرد اسانس، گیاه دارویی، عملکرد دانه

مقدمه

گیاهان دارویی از منابع بسیار ارزشمند در عرصه‌های گسترده منابع

طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، اهلی کردن، کشت، توسعه و بهره‌برداری بهینه می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشند. زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گیاهی یک‌ساله و متعلق به تیره چتریان است (Omidbaigi, 2007) با شاخه‌های نازک و معطر که ارتفاع آن بسته به شرایط محیطی بین ۱۵ تا ۵۰ سانتی‌متر متغیر است (Kafi et al., 2002). این گیاه، به آب کم نیاز دارد و در مناطق خشک و نیمه خشک ایران رشد می‌کند (Amini Dehaghi et al., 2011). زیره سبز از اقلام مهم صادراتی افغانستان بوده و نقش بسزایی در معیشت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: a.filabi@rifst.ac.ir)

کشاورزان و اقتصاد خانوار روستایی افغانستان بویژه استان هرات دارد و در مناطق خشک و نیمه‌خشک به خصوص اراضی هرات تولید می‌شود (Wafiq, 2005). از مهم‌ترین و پر کاربردترین گیاهان دارویی تیره چتریان به شمار می‌رود و به منظور استفاده از اسانس تولیدی از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کشت می‌شود (Omidbaigi, 2007). متوسط عملکرد بذر زیره سبز در شرایط دیم تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط آبی تا ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Kafi et al., 2002; Kafi et al., 2011). در شرایط غیر تنش، تغییرات عملکرد بیولوژیک ۳۲۰۰ تا ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه ۱۱۰۴ تا ۱۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت دانه ۲۷-۲۰ درصد گزارش شده است (Esfini Farhani et al., 2012).

تنش خشکی از جمله بزرگ‌ترین چالش‌ها در تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از جمله ایران به شمار می‌رود، شناخت واکنش‌های متفاوت گیاهان دارویی به کمبود آب اهمیت خاصی دارد (Moghaddam et al., 2014). با ارزیابی توده‌های بومی از هر گیاه که در شرایط تنش کم‌آبی قادر به تولید عملکرد به نسبت قابل قبولی باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری در نواحی خشک و نیمه‌خشک آن‌ها را کشت کرد. از آنجا که گیاهان در دوره رشد با تنش‌های پر شمار محیطی از جمله تنش خشکی روبرو می‌شوند، بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژی گیاه در انتخاب رقم‌های مقاوم به خشکی و هم‌چنین ذخیره و مصرف کارآمد آب، مؤثر خواهد بود. هریک از تنش‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی تغییرات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی چندی را در گیاهان سبب شوند که این امر سبب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه سبب کاهش محصول می‌شود (Imam et al., 2005). آب یکی از عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای در رشد و نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. خشکی و کم‌آبی از عوامل مؤثر بر کیفیت تولید بوده که در پاره‌ای از مواقع باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول نیز می‌گردد (Arabzadeh, 2012; Amini Dehghani et al., 2011).

با توجه به اینکه افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق افزایش کارایی فنی تولیدکنندگان، تنها روش مناسب برای افزایش تولید است، بهینه‌سازی راندمان آبیاری به منظور استفاده هرچه بیشتر از آب بسیار

مهم است (Rahimian Mashhadi, 1992). یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب، کم‌آبیاری می‌باشد که در آن گیاه با هدف مشخص در مراحل رشدی خاصی تحت تنش قرار می‌گیرد که باید گیاهانی با فصل رویشی کوتاه و متحمل به خشکی انتخاب شوند. زیره سبز یکی از گیاهانی است که این شرایط را داراست (Kafi et al., 2002) و با توجه به قیمت بالا می‌تواند با مصرف مقادیر کم آب، ارزش اقتصادی بالایی را تولید نماید.

بتایب و همکاران (Bettaieb et al., 2011) گزارش کردند که تنش رطوبتی ملایم سبب افزایش درصد روغن‌های فرار در زیره سبز شده است. بالتدیری (Balandari, 2004) اعلام نمود که گرما و خشکی باعث افزایش و هوای معتدل و مرطوب باعث کاهش درصد اسانس زیره سبز می‌شود؛ به‌طوری‌که توده‌هایی که در طول زمان با تنش‌های محیطی بیشتری مواجه بوده‌اند (خشکی و دمای زیاد)، از درصد اسانس بیشتری برخوردارند؛ اما توده‌هایی که در مناطق معتدل‌تر، با تنش‌های کمتری روبرو شده‌اند، اسانس کمتری دارند. کمبود منابع آبی از یک سو و عدم موجودیت رطوبت در زمان مناسب (در اثر تغییرات اقلیمی) از سوی دیگر، کشت آبی این گیاه با پیمانانه زیاد را با چالش‌هایی مواجه ساخته است. شناخت نیازهای این گیاه و از جمله زمان مناسب و مورد نیاز آبیاری که سازگاری با توده مناسب داشته باشد، می‌تواند صفات کمی و کیفی گیاه مورد نظر را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داده، سبب استفاده بهینه از نهاده‌های زراعی گردیده و امکان وسعت کشت آن را میسر سازد. هم‌چنان می‌تواند از گزینه‌های مطلوب کشت جایگزین برای خشخاش در افغانستان باشد. با وجود تعداد مطالعات، درباره رژیم آبیاری این گیاه اطلاع دقیقی در دست نیست و کشاورزان بر اساس دانش و تجربه بومی خود اقدام به زراعت آن می‌کنند. بنابراین، مطالعه و بررسی اثر میزان آب آبیاری (به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان) و عوامل مرتبط با مصرف بهینه آب یکی از عمده‌ترین مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

بر این اساس، با توجه به اهمیت موارد ذکر شده در فوق، هدف از این تحقیق بررسی اثر زمان آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه توده زیره سبز در شرایط اقلیمی استان هرات بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های

هزار دانه ۲/۸۲ گرم و توده بذری کشور ایران از منطقه کاشمر (V_3) با وزن هزار دانه ۳/۰۸ گرم تهیه شد.

بعد از آماده شدن زمین، با توجه به نتایج آنالیز خاک و در نظر گرفتن نیاز گیاه، کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم و P_2O_5 به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کود پایه به خاک برای هرکرت اضافه گردید. بذرها قبل از کشت با پودر قارچ کش ویتاواکس به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در هر کرت به روش دست پاش و به صورت کاملاً یکنواخت، همزمان با کاشت ضدعفونی و سپس بذور در عمق یک سانتی‌متری خاک کاشته شدند. بلافاصله بعد از اتمام کاشت، خاک‌آب برای تیمارها اعمال شد، سبز شدن بذور از اوایل اسفند ۱۳۸۸ آغاز شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز با گرم شدن تدریجی هوا، جهت جلوگیری از طغیان، به صورت وجین دستی انجام شد.

برداشت در پایان دوره رشد و همزمان با زرد شدن و رسیدگی بوته‌ها، جهت جلوگیری از ریزش دانه‌ها در حالت سبز و زرد شدن برگ‌ها از سطحی معادل یک مترمربع با حذف ۱/۵ متر از ابتدا و انتها و ۱ متر از طرفین کرت، توسط کوادراتی به ابعاد ۱×۱ متر صورت گرفت، سپس نمونه‌ها به طور مجزا داخل کیسه‌های نخی گذاشته و پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای تعیین صفات از هرکرت پنج نمونه انتخاب گردید. صفات مورد مطالعه شامل صفات کمی چون ارتفاع، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر، تعداد ساقه فرعی، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و حجم و عملکرد اسانس و صفات کیفی شامل: مواد مؤثره موجود در اسانس زیره سبز بودند. شاخص برداشت نیز از معادله ۱ محاسبه شد.

کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه هرات افغانستان با طول جغرافیایی ۶۲° و ۱۲° شرقی، عرض جغرافیایی $۳۴'$ و ۲۲° شمالی با $۹۴۶/۴۰۴$ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. متوسط میزان بارندگی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در استان هرات ۲۳۳/۹ میلی‌متر، پائین‌ترین درجه حرارت در زمستان و بهار این سال زراعی ۱۲-۷ درجه سانتی‌گراد و بالاترین درجه حرارت ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد گزارش گردید. چهار رژیم آبیاری (W_1 = دیم (بدون آبیاری)، W_2 = بعد از ساقه رفتن، W_3 = اوایل گلدهی و W_4 = اوایل دانه‌بندی) و سه توده زیره سبز (V_1 = راجستان هند، V_2 = بادغیس افغانستان و V_3 = کاشمر ایران) به ترتیب به عنوان فاکتورهای اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند.

در مرحله آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت، نمونه‌ای مرکب از عمق ۰-۴۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمون خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

عملیات آماده‌سازی بستر کاشت با استفاده از گاوآهن و دیسک صورت گرفت. تهیه کرت‌ها طبق نقشه اجرا گردید (شکل ۱).

مساحت کرت‌های اصلی ۴۰ متر مربع (۱۰×۴ متر)، مساحت کرت‌های فرعی ۱۲ متر مربع (۴×۳ متر)، فاصله بین تیمارها در کرت‌های اصلی ۰/۵ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱ متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با فاصله هفت روز یکبار به شیوه نشتی و با استفاده از سیفون صورت پذیرفت. توده بذرها زیره سبز مورد استفاده از کشور هندوستان (V_1) از منطقه راجستان با وزن هزار دانه ۴/۰۴ گرم، توده بذری کشور افغانستان از منطقه بادغیس (V_2) با وزن

<table><tr><td colspan="3">W₁</td></tr><tr><td>V₁</td><td>V₂</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₁			V ₁	V ₂	V ₃	<table><tr><td colspan="3">W₃</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₁</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₃			V ₂	V ₁	V ₃	<table><tr><td colspan="3">W₂</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₁</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₂			V ₂	V ₁	V ₃	<table><tr><td colspan="3">W₄</td></tr><tr><td>V₃</td><td>V₁</td><td>V₂</td></tr></table>	W ₄			V ₃	V ₁	V ₂	تکرار اول First replication
W ₁																												
V ₁	V ₂	V ₃																										
W ₃																												
V ₂	V ₁	V ₃																										
W ₂																												
V ₂	V ₁	V ₃																										
W ₄																												
V ₃	V ₁	V ₂																										
<table><tr><td colspan="3">W₄</td></tr><tr><td>V₃</td><td>V₁</td><td>V₂</td></tr></table>	W ₄			V ₃	V ₁	V ₂	<table><tr><td colspan="3">W₁</td></tr><tr><td>V₁</td><td>V₂</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₁			V ₁	V ₂	V ₃	<table><tr><td colspan="3">W₃</td></tr><tr><td>V₁</td><td>V₃</td><td>v₂</td></tr></table>	W ₃			V ₁	V ₃	v ₂	<table><tr><td colspan="3">W₂</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₁</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₂			V ₂	V ₁	V ₃	تکرار دوم Second replication
W ₄																												
V ₃	V ₁	V ₂																										
W ₁																												
V ₁	V ₂	V ₃																										
W ₃																												
V ₁	V ₃	v ₂																										
W ₂																												
V ₂	V ₁	V ₃																										
<table><tr><td colspan="3">W₂</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₁</td><td>V₃</td></tr></table>	W ₂			V ₂	V ₁	V ₃	<table><tr><td colspan="3">W₄</td></tr><tr><td>V₁</td><td>V₃</td><td>V₂</td></tr></table>	W ₄			V ₁	V ₃	V ₂	<table><tr><td colspan="3">W₁</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₃</td><td>V₁</td></tr></table>	W ₁			V ₂	V ₃	V ₁	<table><tr><td colspan="3">W₃</td></tr><tr><td>V₃</td><td>V₂</td><td>V₁</td></tr></table>	W ₃			V ₃	V ₂	V ₁	تکرار سوم Third replication
W ₂																												
V ₂	V ₁	V ₃																										
W ₄																												
V ₁	V ₃	V ₂																										
W ₁																												
V ₂	V ₃	V ₁																										
W ₃																												
V ₃	V ₂	V ₁																										
<table><tr><td colspan="3">W₃</td></tr><tr><td>V₂</td><td>V₃</td><td>V₁</td></tr></table>	W ₃			V ₂	V ₃	V ₁	<table><tr><td colspan="3">W₂</td></tr><tr><td>V₃</td><td>V₂</td><td>V₁</td></tr></table>	W ₂			V ₃	V ₂	V ₁	<table><tr><td colspan="3">W₄</td></tr><tr><td>V₃</td><td>V₂</td><td>V₁</td></tr></table>	W ₄			V ₃	V ₂	V ₁	<table><tr><td colspan="3">W₁</td></tr><tr><td>V₁</td><td>V₃</td><td>V₂</td></tr></table>	W ₁			V ₁	V ₃	V ₂	تکرار چهارم Fourth replication
W ₃																												
V ₂	V ₃	V ₁																										
W ₂																												
V ₃	V ₂	V ₁																										
W ₄																												
V ₃	V ₂	V ₁																										
W ₁																												
V ₁	V ₃	V ₂																										

شکل ۱- نقشه طرح در مزرعه

Fig. 1- Experimental map in the field

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1 - Physical and chemical properties of soil

عمق Depth (cm)		خصوصیات Properties
20-40	0-20	
8.44	8.41	اسیدیته pH
0.656	1.497	هدایت الکتریکی EC (dS.cm ⁻¹)
3.33	10.33	سدیم + منیزیم Ca+ Mg (meq.L ⁻¹)
6.56	4.62	سدیم N (meq.L ⁻¹)
204	226.4	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)
1.8	5	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)
0.07	0.08	نیتروژن کل Total N (%)
0.546	0.765	کربن آلی Organic C (%)
شنی لومی Loamy-sandy	شنی لومی Loamy-sandy	بافت Texture

برای جداسازی و شناسایی ترکیبات، از دستگاه شیمادزو^۲ مدل GC- PU 4500 مجهز به ستون E30 1.5m استفاده شد. در برنامه ریزی حرارتی ستون، دمای اولیه ۸۰ درجه سانتی گراد بود که با شیب ۸ درجه سانتی گراد در دقیقه در نهایت به ۲۰۰ درجه سانتی گراد افزایش و حجم تزریق ۰/۳ میکرولیتر، دمای محفظه تزریق ۲۰۰ درجه سانتی گراد و دمای محفظه آشکارساز ۲۰۵ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. آشکار ساز از نوع (FID)^۳ بود. سپس با مراجعه به منابع و مقایسه با طیف‌های استاندارد، ترکیبات تشکیل دهنده اسانس مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت. در همه تیمارها کومین آلدئید، پارامنتا-۱ و ۳- دین ۷- ال، پارامنتا-۱ و ۴- دین ۷- ال، گاما- ترپین، پارا- سیم، بتا- پین و آلفا- پین (به میزان کم)، ترکیبات عمده (یا نسبتاً عمده) را تشکیل می‌دادند.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-c، مقایسه میانگین‌ها به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام، سپس نمودارها با نرم افزار اکسل ترسیم شد. همبستگی پیرسون و

$$HI = (Y_E / Y_B) \times 100$$

معادله ۱

که در این معادله، HI: شاخص برداشت^۱، Y_E: عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) و Y_B: عملکرد بیولوژیکی می‌باشد.

جهت تعیین درصد اسانس دانه، از هر کرت ۴۰ گرم بذر خشک شده در سایه به عنوان نمونه به آزمایشگاه منتقل و پس از آسیاب شدن، همراه با ۴۰۰ میلی‌متر آب مقطر به کمک دستگاه اسانس گیر شیشه‌ای مدل Clevenger (ساخت واحد شیشه‌گری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران) تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد اسانس گیری شد. زمان اسانس گیری برای هر نمونه ۱۲۰ دقیقه بود. حجم اسانس هر نمونه در خروجی مدرج کلونجر تعیین، اسانس حاصل در بطری‌های تیره رنگ جمع‌آوری و تا زمان انتقال جهت آزمایش‌های کیفی در یخچال نگهداری شد. داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری حجم اسانس‌ها (برحسب میلی‌لیتر) در چگالی اسانس زیره سبز (به طور متوسط ۰/۹۱۵) ضرب و جرم اسانس هر نمونه بدست آمد. بدین وسیله درصد جرمی اسانس (عملکرد اسانس) تعیین شد.

2- Shimadzu

3- Flame ionization detector

1- Harvest index

رگرسیون چندگانه بین صفات با نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت. در گام‌اترینین و کومینل آلدئید) داده‌ها با تبدیل رادیکالی جذر شدند. مورد صفات حجم و عملکرد اسانس و اجزای آن (شامل پاراسیمین،

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی توده‌های زیره تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری
Table 2- Analysis of variance for quantitative traits of cumin ecotypes affected as irrigation regimes

Table 2- Analysis of variance for quantitative traits of cumini ecotypes affected as irrigation regimes													
منابع تغییر S.O.V.	df	میانگین مربعات Mean of squares										شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- seed weight
		تعداد گره در ساقه Number of nodes per stem	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of branches per plant	تعداد چتر در گیاه Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbel	بیوماس Biomass	طول بذر Seed length	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد دانه Seed yield	حجم اسانس Essential oil volume	عملکرد اسانس Essential oil yield		
تکرار Replication	3	64.28ns	22.51ns	38.91ns	17.76*	19244ns	0.05ns	13.79*	144647ns	0.97ns	0.88ns	9.39ns	0.130ns
رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes (I)	3	69.73ns	32.61ns	42.56ns	2.78ns	249695**	0.099ns	9.59ns	1785029**	9.076ns	8.30*	71.55ns	0.584*
خطای اصلی Main error	9	24.41	10.51	11.20	3.81	11665	0.06	2.70	117285	1.52	1.39	46.71	0.094
اکوتیپ‌ها Ecotypes (E)	2	528.14**	125.18**	1067.66**	25.63**	25417*	0.10ns	8.32ns	667993**	10.37**	9.49**	243.27**	10.497**
I×E	6	57.32**	23.12**	27.13ns	6.04*	25211**	0.15*	2.84ns	235524**	1.67ns	1.53ns	118.51**	0.153ns
خطای فرعی Sub-error	24	11.41	3.20	15.35	1.65	4955	0.06	4.13	37308	0.84	0.77	19.01	0.247
ضریب تغییرات CV (%)		19.07	21.06	21.93	10.13	23.03	4.91	9.37	20.89	20.19	20.19	13.93	15.94

ns, * and **: represent non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.
ns, * and **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات کمی مورد مطالعه در زیره سبز تحت تأثیر زمان‌های مختلف آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است.

تعداد گره ساقه: اگرچه زمان آبیاری بر روی تعداد گره ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت، اما اثر توده بذری و اثر متقابل توده با آبیاری بر تعداد گره ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). عامل ژنتیک و محیط در تولید گره نقش اساسی دارد؛ به‌طوری‌که

توده افغانستانی با ۲۴/۳ گره ساقه در بوته حداکثر و توده‌های هندی و ایرانی (به ترتیب با ۱۳/۶ و ۱۵/۲ گره در بوته) حداقل تعداد گره ساقه را تولید کردند (جدول ۳). اثر متقابل تیمار دیم و تیمار آبیاری اوایل گلدهی با توده افغانستانی به ترتیب با ۳۰/۷ و ۲۸/۱ گره ساقه بیشترین (جدول ۴) و اثر متقابل تیمار آبیاری اوایل دانه‌بندی با توده هندی (۱۰/۷ گره ساقه) کمترین تعداد را داشت (شکل ۲).

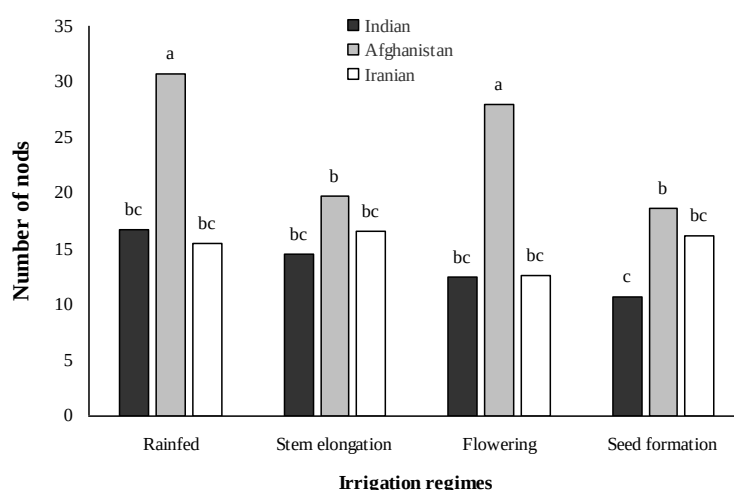
جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و عملکرد دانه و اسانس توده‌های بومی زیره سبز

Table 3- Mean comparisons for yield components, seed yield and essential oil yield of cumin ecotypes

توده‌های بومی Ecotypes	تعداد گره در ساقه Number of nodes per stem	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of branches per plant	تعداد چتر در گیاه Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbel	بیوماس (kg.ha ⁻¹) Biomass	قطر ساقه (mm) Stem diameter	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	حجم اسانس Essential oil volume (l.ha ⁻¹)	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)
هندی Indian	13.64b*	6.62b	12.44b	14.11a	304.85ab	1.52b	1058.46a	32.55a	29.78a	35.50a	4.04a
افغانستانی Afghanistan	24.28a	11.71a	27.26a	11.69b	266.12b	1.84a	689.28b	16.54b	15.13b	27.79b	2.49b
ایرانی Iranian	15.21b	7.16b	13.89b	12.27b	345.82a	1.52b	1025.61a	18.78b	17.18b	30.61b	2.83b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) in each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر تعداد گره ساقه زیره سبز

Fig. 2- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on node number per stem of cumin

* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و اسانس توده‌های بومی زیره سبز
Table 3- Mean comparisons for yield components, seed yield and essential oil yield of cumini ecotypes

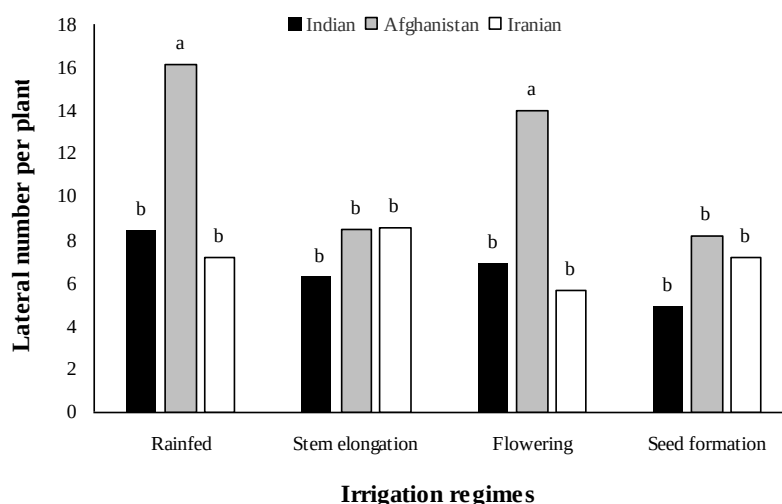
توده‌های بومی Ecotypes	تعداد گره در ساقه Number of nodes per stem	تعداد ساقه Number of branches per plant	تعداد چتر در گیاه Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbel	بیوماس Biomass (kg.ha ⁻¹)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	حجم اسانس Essential oil volume (l.ha ⁻¹)	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
هندی Indian	13.64b*	6.62b	12.44b	14.11a	304.85ab	1.52b	1058.46a	32.55a	29.78a	35.50a	4.04a
افغانستانی Afghanistan	24.28a	11.71a	27.26a	11.69b	266.12b	1.84a	689.28b	16.54b	15.13b	27.79b	2.49b
ایرانی Iranian	15.21b	7.16b	13.89b	12.27b	345.82a	1.52b	1025.61a	18.78b	17.18b	30.61b	2.83b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
* Means with same letter(s) in each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا باعث مصرف بیهوده رطوبت خاک، مواد غذایی و اتلاف آن‌ها می‌گردد (Ogbonnaya et al., 1998) به همین دلیل در ادامه باعث کاهش عملکرد دانه در توده افغانستانی گردید. تعداد ساقه فرعی بستگی به تعداد جوانه جانبی روی ساقه دارد که یک صفت ژنتیکی بوده و در بین توده‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. اثر متقابل آبیاری و توده‌های زیره سبز اثر معنی‌داری را روی تعداد ساقه‌های فرعی نشان می‌دهد که با نتایج حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2010) بر روی علف چای (*Hypericum perforatum* L. مطابق دارد.

تعداد ساقه‌های فرعی: زمان آبیاری بر روی تعداد ساقه-

های فرعی زیره سبز از نظر آماری اثر معنی‌داری نداشت، اما توده‌ها و اثر متقابل تحت تیمارهای آبیاری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). توده افغانستانی با ۱۱/۷ ساقه فرعی در بوته حداکثر و توده‌های هندی و ایرانی (به ترتیب با ۶/۶ و ۷/۲ ساقه فرعی در بوته) حداقل تعداد ساقه فرعی را نشان دادند (جدول ۳). توده افغانستانی در تیمارهای دیم و اوایل گلدهی به ترتیب با ۱۶/۲ و ۱۴ ساقه فرعی در بوته (جدول ۴) بیشترین تعداد ساقه فرعی را داشت و تیمارهای دیگر در بیشتر توده‌ها در گروه کمترین تعداد ساقه فرعی از نظر آماری قرار داشتند (شکل ۳). تعداد زیاد ساقه‌دهی تحت شرایط دیم یک صفت



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر تعداد ساقه فرعی زیره سبز

Fig. 3- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on number of shoots in cumin stem

* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده است که باعث کاهش تعداد چتر و دانه می‌شود (Alizadeh et al., 2004). رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2005)، نتایج مشابهی در سیاه دانه مبنی بر کاهش تعداد چتر در بوته با افزایش شدت تنش را نشان می‌دهد.

تعداد دانه در چتر: اثر زمان آبیاری بر تعداد دانه در چتر

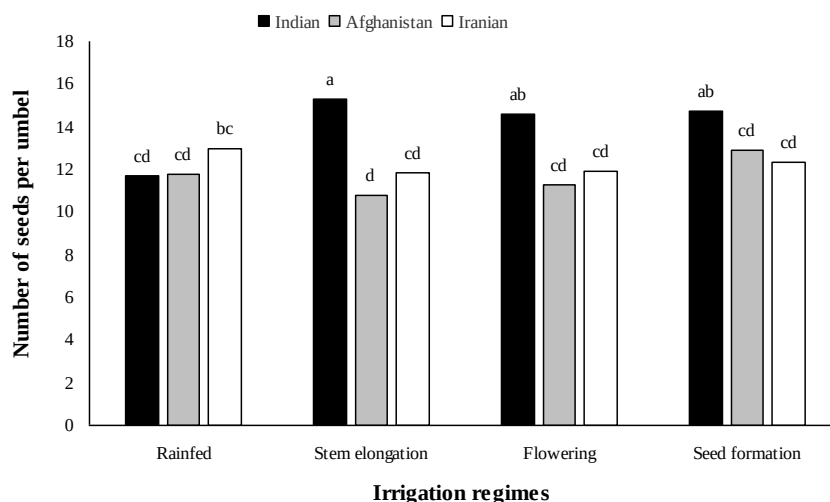
معنی‌دار نشد، اما توده‌ها و اثر متقابل با زمان آبیاری از نظر آماری تأثیر معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ نشان دادند (جدول ۲). حداکثر تعداد دانه در چتر (۱۴/۱ دانه در چتر) را توده

تعداد چتر در گیاه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تعداد چتر

در گیاه از نظر زمان آبیاری و اثر متقابل تیمار آبیاری و توده‌های زیره سبز معنی‌دار نبوده اما تعداد چتر در توده‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). توده افغانستان با ۲۷/۲۵۸ چتر در بوته بیشترین و توده‌های هندی و ایرانی (به ترتیب با ۱۲/۴ و ۱۳/۹ چتر در بوته) کمترین تعداد چتر را داشتند (جدول ۳). کافی و همکاران (Kafi et al., 2011) طی آزمایشی روی گیاه زیره سبز گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی، تعداد چتر در بوته کاهش می‌یابد. با اعمال تنش خشکی تعداد چتر کاهش می‌یابد، این کاهش به دلیل

هندی و حداقل آن را توده‌های افغانستانی و ایرانی (به ترتیب ۱۱/۷ و ۱۲/۳ دانه در چتر) را داشتند (جدول ۳). اثر متقابل تیمار آبیاری بعد از ساقه رفتن و توده هندی با ۱۵/۳ دانه در چتر بیشترین و توده افغانستانی با همین تیمار (۱۰/۸ دانه در چتر) کمترین تعداد دانه در چتر داشتند (شکل ۴). ثقه الاسلامی و همکاران (Seghatol Eslami et al., 2007) بیان داشتند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در خوشه و کاهش وزن هزار دانه می‌شود. با افزایش شدت تنش خشکی تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته در زیره سبز کاهش می‌یابد (Ahmadian, 2004).

هندی و حداقل آن را توده‌های افغانستانی و ایرانی (به ترتیب ۱۱/۷ و ۱۲/۳ دانه در چتر) را داشتند (جدول ۳). اثر متقابل تیمار آبیاری بعد از ساقه رفتن و توده هندی با ۱۵/۳ دانه در چتر بیشترین و توده افغانستانی با همین تیمار (۱۰/۸ دانه در چتر) کمترین تعداد دانه در چتر داشتند (شکل ۴). ثقه الاسلامی و همکاران (Seghatol Eslami et al., 2007) بیان داشتند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در خوشه و کاهش وزن هزار دانه می‌شود. با افزایش شدت تنش خشکی تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته در زیره سبز کاهش می‌یابد (Ahmadian, 2004).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر تعداد بذر در چتر زیره سبز

Fig. 4- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on number of seeds per umbel of cumin

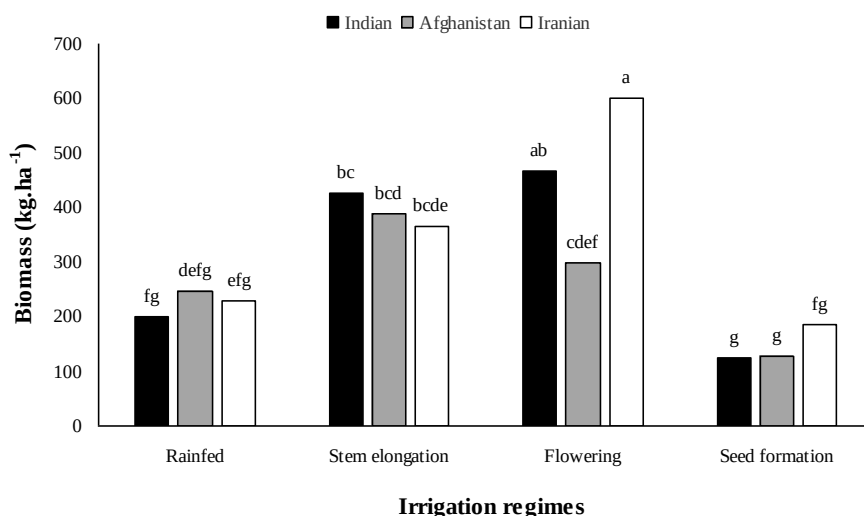
* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

(شکل ۵). نتایج نشان می‌دهد که، صرف داشتن بیشترین تعداد گره ساقه، تعداد ساقه فرعی و تعداد چتر در گیاه به‌عنوان تنها امتیاز جهت داشتن حداکثر بیوماس نیست، بلکه موجودیت تعداد دانه زیاد در گیاه زیره سبز می‌تواند نقش اساسی را در افزایش مقدار بیوماس داشته باشد که با توجه به خصوصیات ذاتی زیره سبز مبنی بر اختصاص بیش از نیمی از کل وزن هوایی به دانه‌ها، ارزش دانه در ترکیب بیوماس بیش از پیش نمایان می‌گردد (Kafi et al., 2002). لاولر و کرنیک (Lawler & Cornic, 2002) گزارش دادند که در شرایط تنش کمبود آب، کاهش عملکرد بیولوژیک می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول و یا ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد. در مجموع، می‌توان گفت مقدار فتوسنتز خالص کمتر و همچنین کاهش هدایت روزنه‌ای و مقدار کلروفیل کمتر در شرایط تنش می‌تواند منجر به تولید مقدار کمتری بیوماس شود (Liu et al., 2004).

عملکرد بیوماس (ماده خشک گیاهی): نتایج بررسی اثر

توده‌های زیره سبز در سطح احتمال ۵٪ و زمان‌های آبیاری و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱٪، اختلاف معنی‌دار بر بیوماس، نشان دادند (جدول ۲). تیمارهای آبیاری بعد از ساقه رفتن و اوایل گلدهی (به ترتیب با ۴۵۵/۹۴۶ و ۳۹۵/۷۱۳ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) بیشترین و تیمارهای اوایل دانه‌بندی و دیم (به ترتیب با ۱۴۵/۸۳۳ و ۲۲۵/۸۹۲ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) کمترین بیوماس را تولید کردند (جدول ۵). حداکثر بیوماس (۳۴۵/۸۲۳ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) در توده ایرانی و حداقل آن در توده افغانستانی (۲۶۶/۱۱۹ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳). اثر متقابل تیمار آبیاری اوایل گلدهی و توده ایرانی با ۶۰۰/۴۲۷ کیلوگرم ماده خشک در هکتار بیشترین (جدول ۴) و تیمار اوایل دانه‌بندی و کشت در شرایط دیم، در تمام تیمارها کمترین میزان بیوماس را داشت



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر عملکرد بیوماس زیره سبز
Fig. 5- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on biomass yield of cumin
 * میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
 * Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

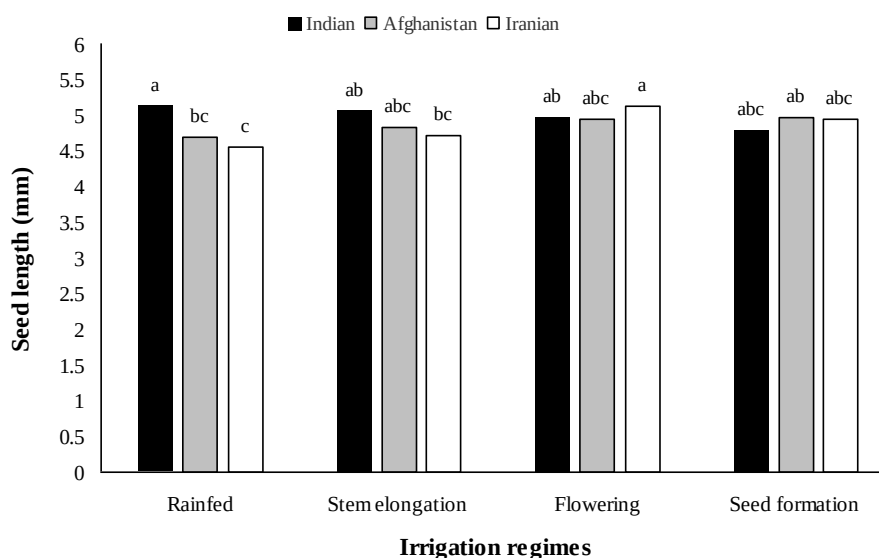
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد بیوماس، دانه و اسانس زیره سبز
Table 5- Mean comparisons for the effect of irrigation regimes on biomass yield, seed yield and essential oil yield of cumin

رژیم آبیاری Irrigation regimes	بیوماس Biomass (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	حجم اسانس Essential oil volume (l.ha ⁻¹)	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)
دیم Rainfed	225.89b*	711.73bc	17.04b	15.59b	3.07b
بعد از ساقه رفتن Stem elongation	394.71a	1163.66ab	28.82a	26.37a	2.97b
اوایل گلدهی Flowering stage	455.95a	1325.59a	31.06a	28.42a	3.45a
دانه‌بندی Seed formation	145.83b	496.82c	13.56b	12.41b	2.10b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
 * Means with same letter(s) in each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

بذر (جدول ۴) و در اثر متقابل تیمار دیم و توده ایرانی با ۴/۵۶۳ میلی‌متر کمترین طول بذر مشاهده شد (شکل ۶). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) وزن دانه یک رقم معین را ثابت گزارش کرده و اظهار داشتند که بروز تنش‌های شدید در هنگام دانه‌بندی موجب کاهش وزن بذر می‌گردد.

طول بذر: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین تیمار زمان‌های مختلف آبیاری و توده‌های زیره سبز از نظر طول بذر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲). اثر متقابل زمان‌های آبیاری و توده‌های بذر بر طول بذر دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بود. در تیمار آبیاری در اوایل گلدهی برای توده ایرانی و تیمار دیم برای توده هندی به ترتیب با ۵/۱۳۳ و ۵/۱۳۰ میلی‌متر بیشترین طول



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر طول بذر زیره سبز
Fig. 6- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on seed length of cumin

* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
 * Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

(Mousavi Far et al., 2010) در تمام تیمارهای آبیاری بر روی ارقام گلرنگ، بیشترین وزن خشک ساقه را که از اندازه قطر و پر بودن آن منشأ می‌گرفت به رقم محلی اصفهان نسبت دادند.

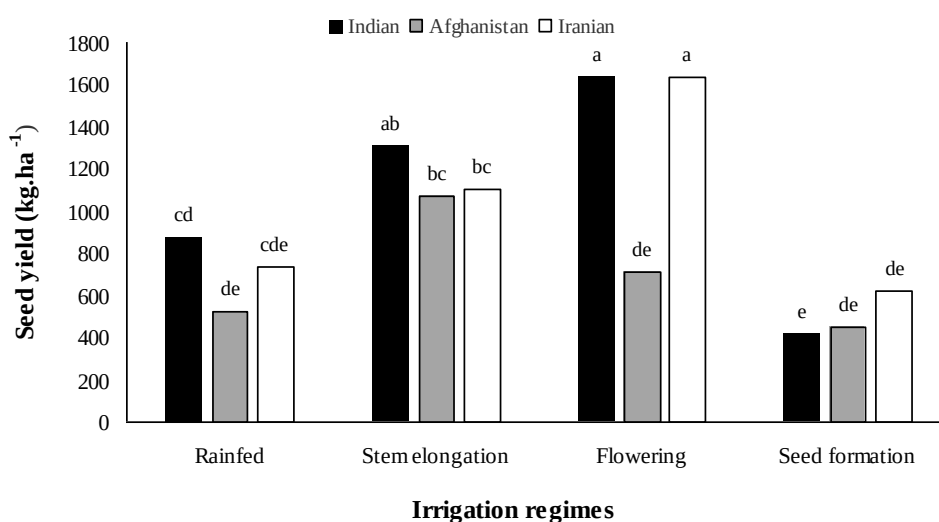
عملکرد دانه: نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بین اثر زمان آبیاری و توده‌های بذر از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۲). توده‌های هندی و ایرانی به ترتیب با ۱۰۵۸/۴۶۲ کیلوگرم و ۱۰۲۵/۶۰۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین و توده افغانستانی با ۶۸۹/۲۷۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۳). همچنین نتایج این پوهش نشان می‌دهد که توده هندی عملکرد بالاتری نسبت به سایر ارقام دارد، به طوری- که اگر شرایط آب و هوایی برای این رقم مساعد باشد بیشترین میزان بذر در هکتار را تولید می‌نماید و توده افغانستانی با توجه به افزایش تعداد ساقه فرعی و تعداد کم دانه در چتر از توانایی تولید بذر کمی برخوردار است. قربان‌زاده (Gorbanzadeh, 2005)، افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در گلرنگ را سبب کاهش تجمع ماده خشک در دانه و نهایتاً کاهش عملکرد دانه می‌داند. با مطالعه روند تغییرات ذکر شده مشخص گردید که توده هندی از بقیه توده‌ها بهتر بوده است و می- توان چنین نتیجه گرفت که فرآیند صفاتی چون تعداد دانه زیاد در چتر، طول بذر بیشتر و مقدار بیوماس زیاد، سبب افزایش وزن دانه در

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که زمان آبیاری و توده‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر روی ارتفاع بوته اثر معنی‌داری ندارد (جدول ۲). ارتفاع بوته تحت تأثیر تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه می‌باشد که عدم وجود شرایط مناسب برای ماده‌سازی و ذخیره مواد ساخته شده در گیاه سبب کوتاه شدن طول ساقه و نهایتاً ارتفاع بوته می‌شود. در تیمارهای یکسان آبیاری روند افزایش ارتفاع بوته نشان می‌دهد که بین ارقام به خاطر ویژگی‌های ژنتیکی اختلاف وجود دارد که این تفاوت می‌تواند به دلیل جذب بهتر مواد غذایی از خاک، افزایش میزان فتوسنتز، افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و افزایش سرعت تقسیم سلولی باشد. فرخی‌نیا و همکاران (Farokhinia et al., 2011) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اغلب سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود.

قطر ساقه: قطر ساقه از نظر تیمارهای زمان آبیاری و اثر متقابل با توده‌های زیره سبز اثر معنی‌داری نداشت، ولی توده‌ها در سطح احتمال ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری در قطر ساقه بودند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که قطر ساقه نیز یک صفت ژنتیکی بوده به- طوریکه توده افغانستانی (با ۱/۸۳۵ میلی‌متر) بیشترین و توده‌های هندی و ایرانی (به ترتیب با ۱/۵۲۰ و ۱/۵۲۱ میلی‌متر) کمترین قطر ساقه را نشان دادند (جدول ۳). در همین راستا موسوی‌فر و همکاران

۴۹۶/۸۱۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۵). در شرایط آبیاری کامل، میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده افزایش یافته و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد آن افزایش می‌یابد (Palmer et al., 1995). فرخی نیا و همکاران (Farrokhinia et al., 2011)، تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه می‌شود. با اعمال تنش خشکی، به دلیل ریزش گل-ها و غلاف‌ها و همچنین کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Farnia et al., 2006).

این رقم گردیده است. اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌ها از نظر عملکرد نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در هکتار مربوط به آبیاری در اوایل گلدهی در توده‌های ایرانی و هندی به ترتیب با ۱۶۳۳/۲۰۰ و ۱۶۳۳/۱۲۵ کیلوگرم و ۱۶۳۳/۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (جدول ۴) بوده و آبیاری در اوایل دانه‌بندی برای همه توده‌ها در رده کمترین میزان عملکرد از نظر آماری قرار گرفتند (شکل ۷). تیمار آبیاری اوایل گلدهی اثر مثبت معنی‌داری روی مقدار بیوماس و طول بذر در توده‌های ایرانی و هندی داشت که در افزایش عملکرد دانه آن‌ها تأثیر گذار بود. بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری اوایل گلدهی به میزان ۱۳۲۵/۵۹۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار در اوایل دانه‌بندی به مقدار



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر عملکرد دانه زیره سبز
Fig. 7- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on seed yield of cumin
 * میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

کمترین عملکرد بذر را داشت که با توجه به همبستگی نزدیک با تولید اسانس، عملکرد اسانس را توجیه می‌نماید. توده هندی (با ۳۲/۵۴۹ لیتر و ۲۹/۷۸۳ کیلوگرم در هکتار) حداکثر حجم و عملکرد اسانس، افغانستانی و ایرانی (به ترتیب با ۱۶/۵۳۵ لیتر و ۱۵/۱۲۹ کیلوگرم و ۱۸/۷۷۵ لیتر و ۱۷/۱۷۹ کیلوگرم در هکتار) حداقل حجم و عملکرد اسانس در هکتار را نشان دادند (جدول ۳). عملکرد اسانس برآیندی از درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد (Tanu et al., 2004). بت‌آیب و همکاران (Bettaieb et al., 2011) گزارش نمودند که تنش آبی با این که باعث افزایش درصد اسانس زیره سبز شد ولی

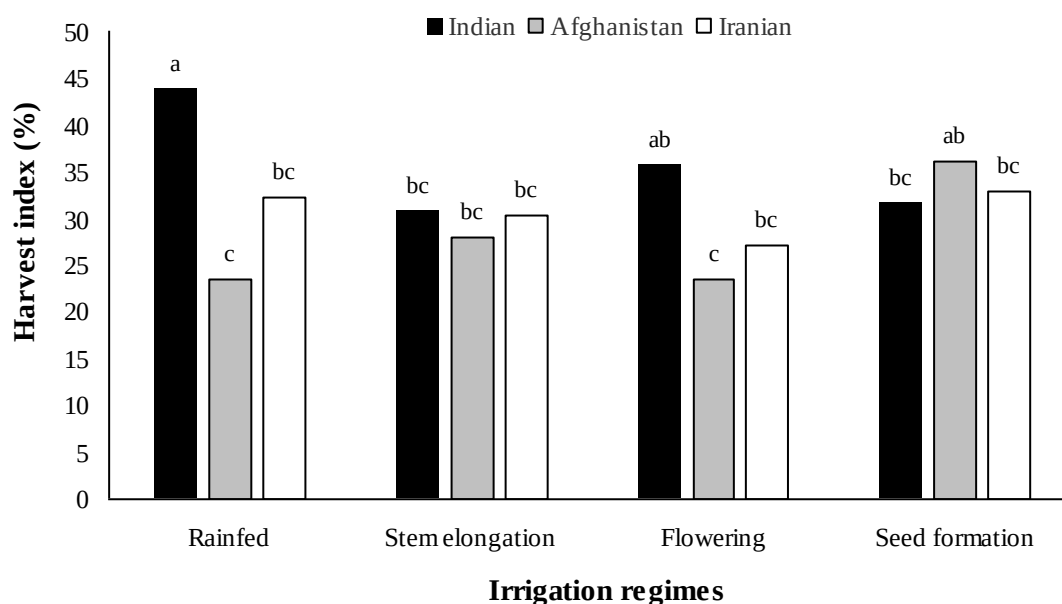
حجم و عملکرد اسانس: زمان آبیاری و توده‌های زیره سبز از نظر آماری اثر معنی‌داری بر حجم و عملکرد اسانس نشان دادند، اما اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین حجم و عملکرد اسانس در تیمار آبیاری اوایل گلدهی و بعد از ساقه رفتن (به ترتیب با ۳۱/۰۶۳ لیتر و ۲۸/۴۲۳ کیلوگرم در هکتار و ۲۸/۸۱۹ لیتر و ۲۶/۳۶۹ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار اوایل دانه‌بندی و دیم به ترتیب با ۱۳/۵۶۰ لیتر و ۱۲/۴۰۸ کیلوگرم و ۱۷/۰۳۷ لیتر و ۱۵/۵۸۹ کیلوگرم در هکتار، کمترین حجم و عملکرد اسانس مشاهده شد (جدول ۵). تیمار اوایل گلدهی بیشترین و تیمار اوایل دانه‌بندی

هوایی بیشترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داده است و توده افغانستانی به دلیل داشتن شاخ و برگ بیشتری شاخص برداشت کمتری داشته است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار دیم و توده هندی به میزان ۴۳/۸٪ بالاترین (جدول ۴) و تیمارهای دیم و اوایل گلدهی با توده افغانستانی (به ترتیب با ۲۳/۵٪ و ۲۳/۶٪) کمترین شاخص برداشت دانه را داشتند (شکل ۸). بیشترین میزان دانه در چتر و عملکرد بذر در هکتار از توده هندی و کمترین میزان دانه در چتر و عملکرد بذر در هکتار در توده افغانستانی معرف اختلاف در شاخص برداشت دو توده هندی و افغانستانی می‌باشد (جدول ۳). رمروودی و همکاران (Ramroudi et al., 2011) اعلام داشتند که بالاترین شاخص برداشت در اسفرزه از رژیم آبیاری کامل بدست آمد که دلیل آن را کاهش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه دانستند. با اعمال تنش خشکی، به دلیل کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیشتر است. از این‌رو، شاخص برداشت، کاهش می‌یابد و هرچه تنش خشکی شدیدتر گردد شاخص برداشت، کاهش بیشتری نشان می‌دهد (Farnia et al., 2006).

به دلیل کاهش میزان عملکرد دانه در تیمار کم‌آبی، میزان عملکرد اسانس در این شرایط نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش معنی‌داری یافت. هاشمیان و همکاران (Hashemian et al., 2013) نیز تأکید نمودند که میزان اسانس در توده‌های مختلف زیره در ایران متفاوت بود. احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2011) نیز با بررسی تأثیر خشکی بر عملکرد دانه و کیفیت اسانس گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش نمودند که کاهش میزان آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد گل و افزایش معنی‌دار درصد اسانس این گیاه نسبت به شرایط آبیاری به صورت کامل شد. ایشان تأکید نمودند که با کاهش درصد ظرفیت زراعی میزان عملکرد اسانس نیز مطابق با عملکرد گل کاهش نشان داد.

شاخص برداشت: شاخص برداشت از نظر زمان آبیاری معنی-

دار نشد اما به طور معنی‌داری تحت تأثیر توده‌های زیره سبز و اثر متقابل آن با تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). توده هندی با ۳۵/۵٪ بیشترین و توده‌های افغانستانی و ایرانی (به ترتیب با ۲۷/۸٪ و ۳۰/۶٪) کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۳). توده هندی به دلیل بالاتر بودن عملکرد بذر در هکتار و کم بودن وزن اندام



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر شاخص برداشت زیره سبز

Fig. 8- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on harvest index of cumin

* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

وزن هزار دانه: اثر زمان آبیاری و توده‌های زیره سبز بر وزن هزار دانه به ترتیب دارای اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪ بودند، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲). در این آزمایش حداکثر وزن هزار دانه در تیمار آبیاری اوایل گلدهی (۳/۴۵ گرم) بدست آمد و بقیه سطوح در حداقل قرار داشتند (جدول ۵). بیشترین طول بذر و مقدار بیوماس در تیمار آبیاری اوایل گلدهی مشاهده گردید که طول بذر همبستگی مثبت و معنی‌دار با وزن هزار دانه داشت. توده هندی با ۴/۰۴ گرم بیشترین وزن هزار دانه و توده‌های افغانستانی و ایرانی (به ترتیب با ۲/۴۹ و ۲/۸۳ گرم) کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). بوچارنیکووا و همکاران (Bocharnikova et al., 2008) بیان کردند که کمبود آب از طریق اثرگذاری بر انتقال آنزیم‌های فتوسنتزی

و فعالیت آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز موجب کاهش فتوسنتز و وزن خشک دانه می‌شود. چاوز و همکاران (Chaves et al., 2002)، تنش خشکی با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای به دانه به علت محدودیت آب، یا با کاهش سهم فتوسنتزی برگ‌ها، در پر شدن دانه بر وزن هزار دانه تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای و محدودیت آب به علت خشکی انتقال عناصر آهن و روی در گیاه محدود می‌شود و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی مورد مطالعه در زیره سبز تحت تأثیر زمان‌های مختلف آبیاری و توده‌ها در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای اسانس توده‌های زیره سبز تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for essential oil components of cumin ecotypes affected as irrigation regimes

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	آلفا- پینن α - pinene	بتا- پینن β - pinene	پارا-سیمن ρ -cymene	گاما- ترپینن γ - terpinene	آلدئید Aldehyde	پارامنتا-۱ و ۳- دین ۷-آل+ پارامنتا ۱-۴ و ۳- دین ۷-آل ρ -mentha-1,3-diene-7-al+ ρ -mentha-1,4-diene-7-al
تکرار Replication	1	0.023ns	3.696ns	0.746ns	2.212ns	0.446ns	2.927ns
رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes (I)	3	0.041ns	3.267ns	0.031ns	0.037ns	0.075ns	0.195ns
خطای اصلی Main error	3	0.018	13.630	0.610	0.685	1.447	0.678
اکوتیپ‌ها Ecotypes (E)	2	0.055ns	1.967ns	0.976ns	2.386ns	2.717*	0.416ns
I×E	6	0.020ns	1.807ns	0.948*	2.030ns	2.351*	2.955ns
خطای اصلی Main error	8	0.047	6.430	0.744	1.430	0.563	1.092
ضریب تغییرات CV (%)		24.71	15.13	23.10	29	15.89	20.08

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** represent non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

همکاران (Moghaddam et al., 2015) ترکیبات عمده اسانس زیره سبز را بتا-پینن، میرسین، پاراسیمن، گاما-ترپینن، کومین آلدهید و آلفا ترپینن گزارش نمودند.

بتا- پینن^۲: نتایج بررسی اثر تیمارهای آبیاری و توده‌های زیره سبز و اثر متقابل روی درصد بتا- پینن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری

آلفا- پینن^۱: تیمار آبیاری، توده‌های زیره سبز و اثر متقابل بر درصد آلفا- پینن معنی‌دار نشد (جدول ۶). بالاترین درصد آلفا- پینن (۰/۹۶٪) از تیمار دیم و کمترین درصد (۰/۷۶٪) آن از تیمار بعد از ساقه رفتن به دست آمد. بیشترین درصد آلفا- پینن (۰/۹۶۴٪) را توده هندی و کمترین (۰/۸۰۳٪) آن را توده افغانستانی نشان داد. مقدم و

نشان ندادند (جدول ۶). بالاترین درصد بتا- پینن (۱۷/۴۹٪) از تیمار دیم و کمترین درصد آن (۱۵/۷۹٪) از تیمار بعد از ساقه رفتن به دست آمد. توده هندی با ۱۷/۲٪ بیشترین و توده افغانستانی با ۱۶/۲٪ کمترین درصد بتا- پینن را نشان دادند. جیرووست و همکاران (Jirovest et al., 2005) مهمترین ترکیب‌های زیره سبز را Cuminaldehyde، β -pinene، ρ -cymene و γ -Terpinene معرفی نمودند.

پارا- سیمن^۱: درصد پارا- سیمن تحت اثر متقابل آبیاری و توده‌های زیره سبز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۶). اما بین توده‌ها و تیمارهای آبیاری از نظر پارا- سیمن اثر معنی‌داری وجود نداشت. تیمار آبیاری بعد از ساقه رفتن با ۱۵/۶۴۴٪ بیشترین و تیمار اوایل گلدهی با ۱۴/۴۳٪ کمترین درصد پارا- سیمن را نشان دادند که با نتایج زرین‌زاده و همکاران (Zarinzadeh et al., 2007) همخوانی دارد. بالاترین درصد پارا- سیمن (۱۷/۹۶٪) از توده ایرانی و کمترین درصد آن (۱۳/۳٪) از توده هندی به‌دست آمد. بیشترین درصد پارا- سیمن مربوط به تیمار آبیاری اوایل دانه‌بندی با توده هندی، تیمار بعد از ساقه رفتن با توده ایرانی و تیمار دیم با توده افغانستانی (به ترتیب با ۲۵/۸٪، ۲۵/۳٪ و ۲۴/۳٪) و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری اوایل دانه‌بندی با توده افغانستانی (۵/۲٪) می‌باشد.

گاما- ترپینن^۲: زمان آبیاری توده‌های زیره سبز و اثر متقابل- شان با تیمار آبیاری از نظر آماری اثر معنی‌داری بر درصد گاما- ترپینن نشان ندادند (جدول ۶). تیمار آبیاری دیم با (۱۶/۳٪) بیشترین و تیمار اوایل دانه‌بندی کمترین درصد گاما- ترپینن را داشتند. حداکثر درصد گاما- ترپینن (۲۰/۴٪) را توده هندی و حداقل آن را توده افغانستانی (۱۲/۳٪) نشان دادند. (Akranmi et al., 2014) مهمترین ترکیبات تشکیل دهنده زیره سبز را کومین آلدهید (۲۱/۰۷٪)، گاما- ترپینن (۲۴/۳٪) و پاراسیمن (۱۶/۵۶٪) بیان نمودند.

کومین آلدهید^۳: براساس نتایج تأثیر زمان آبیاری بر روی درصد کومین آلدهید از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی توده- های زیره سبز و اثر متقابل با زمان آبیاری بر روی درصد کومین آلدهید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۶). اثر متقابل تیمار آبیاری بعد از ساقه رفتن با توده ایرانی به میزان ۳۹/۹۴۲٪ حداکثر و

اثر متقابل تیمار بعد از ساقه رفتن و اوایل گلدهی با توده هندی به ترتیب به میزان ۱۱/۶۶۲٪ و ۱۱/۷۶۹٪ حداقل درصد کومین آلدهید را داشتند (شکل ۱۰). توده‌های ایرانی و افغانستانی به ترتیب با ۲۷/۳۴۸٪ و ۲۵/۷۲۵٪ بالاترین و توده هندی با ۱۷/۴۵۰٪ کمترین درصد کومین آلدهید را نشان دادند (شکل ۱۰). در آزمایش اثر متفاوت ژنتیک و محیط بر زراعت گل راعی، نتایج نشان داد که عوامل ژنتیکی بیش از محیط بر عملکرد و مواد مؤثره گیاه اثر داشته است (Buter et al., 1998) بیشترین درصد کومین آلدهید از تیمار آبیاری بعد از ساقه رفتن (۲۵/۶۳٪) و کمترین آن (۲۱/۹۶٪) از تیمار اوایل دانه‌بندی به‌دست آمد. محمودی و همکاران (Mahmoudi et al., 2012) نیز مهم‌ترین ترکیب اسانس زیره سبز مربوط به توده کرمان Cuminaldehyde را با ۲۹٪ تشخیص دادند.

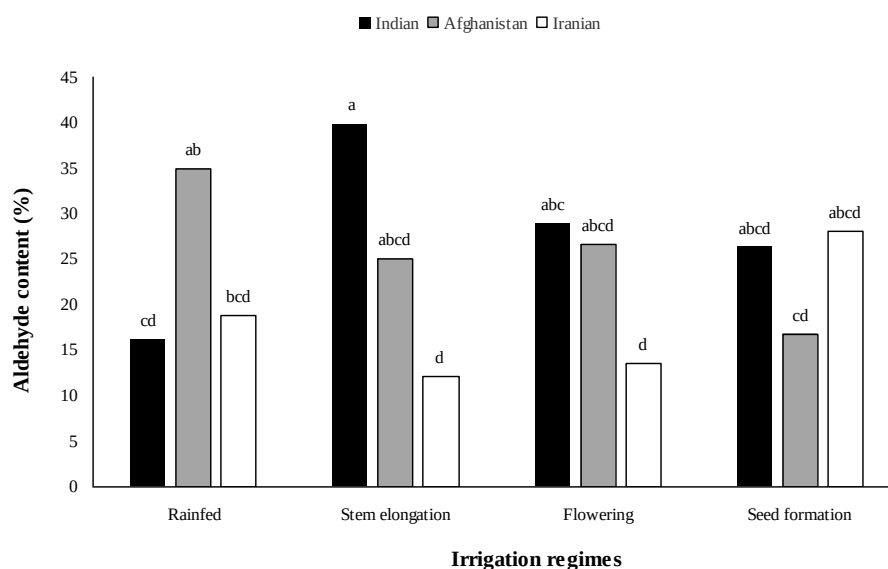
پارامنتا- ۱ و ۳- دین -۷- ال + پارامنتا - ۱ و ۴- دین

۷- ال^۴: نتایج تجزیه واریانس زمان آبیاری و توده‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پارامنتا- ۱ و ۳- دین -۷- ال + پارامنتا - ۱ و ۴- دین -۷- ال معنی‌دار نشد (جدول ۶). حداکثر این مواد (۲۹/۹۰٪) در تیمار آبیاری در اوایل گلدهی و حداقل آن (۲۵/۹۵٪) در تیمار دیم مشاهده گردید. توده هندی با ۳۰/۴۶٪ بیشترین و توده ایرانی با ۲۵/۷۸٪ کمترین درصد از پارامنتا - ۱ و ۳- دین -۷- ال + پارامنتا - ۱ و ۴- دین -۷- ال را نشان دادند. بررسی ترکیبات مختلف زیره سبز در ترکیه نیز نشان داد که p-Mentha-1,4-dine-7-al با دارا بودن ۱۶٪ مهم‌ترین ترکیب موجود در اسانس این گیاه بود (Kan et al., 2007). فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2006) با بررسی ترکیبات مختلف گیاه زیره سبز گزارش نمودند که ۹۳/۵ درصد از ترکیبات موجود در اسانس این گیاه شناسایی شد و دو ترکیب p-Mentha-1, 4-dine-7-al و Cuminaldehyde مهم‌ترین ترکیبات اسانس را تشکیل دادند.

همبستگی صفات کمی و کیفی

طول بذر با حجم و عملکرد اسانس و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ همبستگی معنی‌دار داشت که بیشترین همبستگی را با حجم و عملکرد اسانس و کمترین همبستگی را با وزن هزار دانه نشان داد (جدول ۷).

- 1- ρ - Cymene
- 2- γ - Terpinene
- 3- Aldehyde



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیاری و توده‌های بومی بر محتوی آلدئید زیره سبز
Fig. 10- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on aldehyde content of cumin
 * میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

عملکرد بذر در هکتار با بیومس و حجم عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ و با ارتفاع و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت؛ به‌طوری که بالاترین همبستگی را بیوماس ($r=0/93$) و کمترین آن را با ارتفاع ($r=0/32$) داشت و یک همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با تعداد گره ساقه، تعداد چتر در گیاه و قطر ساقه نشان داد (جدول ۷). معنی‌دار بودن همبستگی ارتفاع با عملکرد دانه نشان دهنده فتوسنتز بهتر و عملکرد بیشتر گیاه است، یعنی برای به‌دست آوردن عملکرد بیشتر می‌توان در اصلاح گیاه زیره سبز از طریق گزینشی، بوته‌های با ارتفاع بالا اقدام نمود. نتایج حاصل با نتایج پژوهش حسین‌پور (Hosseinpour, 2010) و اکبری‌نیا (Akbarinia et al., 2004) بر روی انیسون (*Pimpinella anisum* L.) و زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) در یک راستا قرار دارد. حجم و عملکرد اسانس با بیوماس، عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. حداکثر همبستگی ($r=0/79$) با عملکرد دانه و حداقل آن را با وزن هزار دانه ($r=0/45$) داشت (جدول ۷). همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین تعداد ساقه‌های فرعی با تعداد گره، تعداد چتر در گیاه و قطر ساقه مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین همبستگی را تعداد گره ($r=0/90$) و کمترین همبستگی را با قطر ساقه

یک همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (جدول ۷). یک همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ نیز بین تعداد ساقه‌های فرعی با تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه وجود داشت (جدول ۷). به نظر می‌رسد افزایش تعداد ساقه‌های فرعی که یک صفت ژنتیکی بیشتر شمرده می‌شود، در زیره سبز باعث کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه و در نهایت کاهش محصول گردد. علت آن احتمالاً اختصاص منابع غذایی برای ساقه‌های فرعی می‌باشد. شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با تعداد گره، تعداد چتر در گیاه، قطر ساقه و بیوماس نشان داد (جدول ۷) که با توجه به افزایش ساقه‌های فرعی، قطر ساقه و تعداد گره و کاهش دانه در چتر طبیعی به نظر می‌رسد. همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بین وزن هزار دانه با حجم و عملکرد اسانس و تعداد دانه در چتر و در سطح احتمال ۵٪ با طول بذر، عملکرد بذر و شاخص برداشت مشاهده شد. بیشترین همبستگی را با تعداد دانه در چتر ($r=0/45$) و کمترین همبستگی را با شاخص برداشت داشت (جدول ۷). ضرایب همبستگی فنوتیپی پیرسون بین صفات کیفی مورد مطالعه در زیره سبز در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و توده بومی بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه زیره سبز

Table 4- Mean comparisons for interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on yield component and seed yield of cumin

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	توده‌های بومی Ecotypes	تعداد گره در ساقه Number of nodes per stem	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of branches per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbel	بیوماس Biomass (kg.ha ⁻¹)	طول بذر Seed length (mm)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
دیم Rainfed	هندی Indian	16.75bc*	8.45b	11.74cd	200.27fg	5.13a	872.00cd	43.83a
	افغانستانی Afghanistan	30.71a	16.19a	11.80cd	247.02defg	4.70bc	524.65de	23.52c
	ایرانی Iranian	15.45bc	7.20b	12.99bc	230.39efg	4.56c	738.535cde	32.16bc
	هندی Indian	14.60bc	6.27b	15.34a	426.84bc	5.07ab	1309.45ab	30.79bc
بعد از ساقه رفتن Stem elongation	افغانستانی Afghanistan	19.70b	8.47b	10.78d	390.34bcd	4.83abc	1073.80bc	27.95bc
	ایرانی Iranian	16.55bc	8.60b	11.83cd	366.97bcde	4.72bc	1107.72bc	30.24bc
	هندی Indian	12.47bc	6.90b	14.61ab	467.10ab	4.97ab	1633.20a	35.65ab
	افغانستانی Afghanistan	28.050a	14.000a	11.275cd	300.315cdef	4.948abc	709.450cde	23.603c
اولی گل‌دهی Flowering stage	ایرانی Iranian	12.600bc	5.650b	11.928cd	600.427a	5.133a	1634.125a	27.067bc
	هندی Indian	10.732c	4.865b	14.760ab	125.183g	4.785abc	419.200e	31.730bc
	افغانستانی Afghanistan	18.665b	8.200b	12.910bcd	126.813g	4.973ab	449.200de	36.101ab
	ایرانی Iranian	16.250bc	7.200b	12.343cd	185.505fg	4.945abc	622.050de	32.988bc

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) in each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد اسانس زیره سبز

Table 8- Correlation coefficients between essential oil components of cumin

آلدهید Aldehyde	گاما- ترپینن γ -terpinene	پارا-سیمن ρ -Cymene	بتا- پینن β -pinene	آلفا- پینن α -pinene
بتا- پینن β -pinene				0.738**
پارا-سیمن ρ -Cymene			-0.126	-0.495*
گاما- ترپینن γ -terpinene		-0.856**	0.298	0.658**
آلدهید Aldehyde	-0.880**	0.853**	-0.452*	-0.670**
پارامنتا-۱ و ۳- دین-۷-ال ρ -mentha-1,3-diene-7-al	0.835**	-0.968**	0.050	0.404
پارامنتا-۱ و ۴- دین-۷-ال ρ -mentha-1,4-diene-7-al				

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: represent non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

آلفا- پینن، همبستگی مثبت و معنی‌دار با بتا- پینن و گاما- ترپینن در سطح احتمال ۱٪ و همبستگی منفی و معنی‌دار با کومین آلدهید و پارا- سیمن به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ نشان داد (جدول ۸).

بیشترین همبستگی مثبت با بتا- پینن (۰/۷۴) و کمترین آن با گاما- ترپینن بود (جدول ۸) و این در حالی بود که بتا- پینن تنها همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با کومین آلدهید داشت. یک همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بین پارا- سیمن با کومین آلدهید (۰/۸۵) و منفی و معنی‌دار با پارامنتا-۱ و ۳- دین-۷-ال + پارامنتا-۱ و ۴- دین-۷-ال و گاما- ترپینن (به ترتیب ۰/۹۷- و ۰/۸۶-) مشاهده گردید (جدول ۸).

گاما- ترپینن همبستگی مثبت و معنی‌دار نسبتاً بالا در سطح احتمال ۱٪ با پارامنتا-۱ و ۳- دین-۷-ال + پارامنتا-۱ و ۴- دین-۷-ال و گاما- ترپینن (۰/۸۴) و منفی و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار به میزان بالا (۰/۸۸-) با کومین آلدهید نشان داد (جدول ۸). تنها همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بین کومین آلدهید با پارامنتا-۱ و ۳- دین-۷-ال + پارامنتا-۱ و ۴- دین-۷-ال به میزان نسبتاً بالایی (۰/۸۵-) دیده شد (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

همان‌طور که از یافته‌های تحقیقات مذکور و پژوهش‌های مشابه

بر می‌آید، پژوهشگران در زمینه آبیاری زیره سبز تاکنون نتایج ضدو نقیضی را گزارش داده‌اند، عده‌ای آبیاری کامل را توصیه نموده و عده‌ای دیگر، آبیاری را بر عملکرد زیره بدون تاثیر معنی‌دار معرفی کرده‌اند، برخی گل‌آب و اعمال آب را مؤثر و معنی‌دار گزارش کرده‌اند و بعضی دیگر، آبیاری در مرحله زایشی را باعث تشدید بیماری‌های قارچی، از بین رفتن گل آذین، کاهش وزن دانه و در نهایت افت محصول دانسته‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دستیابی به یک برنامه مدرن علمی جهت آبیاری زیره سبز، نیازمند تحقیقات گسترده تری است. تنها در چنین حالتی است که تولیدکنندگان می‌توانند با استفاده صحیح از حداقل منابع آب موجود، به حداکثر عملکرد و سود ممکن دست پیدا کنند. در غیر این صورت، ضمن به هدر دادن منابع محدود و ارزشمند آب، از این آبیاری، نه تنها سودی عاید آن‌ها نمی‌شود، بلکه حتی ممکن است یک نوبت آبیاری بی‌موقع باعث از بین رفتن و افت محصول نیز گردد. نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای آبی و توده‌های مختلف و اثر متقابل‌شان از نظر عملکرد و حجم اسانس، عملکرد بذر، وزن هزار دانه، تعداد دانه در چتر، ساقه‌های فرعی، شاخص برداشت، درصد کومین آلدهید و پارا-سیمن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵٪ داشته و آبیاری اوایل گلدهی و توده هندی از نظر اکثر صفات مورد بررسی برتر بود، اما بیشترین تعداد ساقه فرعی از توده افغانستانی بدست آمد. با این حال بالاترین درصد شاخص برداشت و تعداد ساقه‌های فرعی را به ترتیب تیمار

آبیاری اوایل دانه‌بندی و آبیاری دیم نشان داد. بیشترین میزان کومین آلدئید از توده ایرانی و افغانستانی به ترتیب با ۲۷/۳۴۸٪ و ۲۵/۷۲۵٪ و بیشترین مقدار پارا-اسیمن (۲۵/۸۱۱٪) از اثر متقابل توده هندی با تیمار آبیاری اوایل دانه‌بندی بدست آمد. طبق نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد توده هندی در شرایط آب و هوایی هرات افغانستانی نتایج خوبی نشان داده و می‌توان با اختصاص یک نوبت آبیاری در زمان گلدهی، عملکرد مطلوبی دریافت نمود.

منابع

- Ahmadi, L. 2000. Identification of compounds containing essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L). Final Report of Research of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Forestry and Rangeland Research Institute. P. 97-113. (In Persian)
- Ahmadian, A. 2004. Effect of irrigation frequency and manure on yield and quality of cumin. MSc Thesis, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Siahshar, B. 2011. Effect of drought stress and chemicals and organic fertilizers on yield and yield components of *Matricaria chamomilla* L. Journal of Agroecology 3: 383-395. (In Persian with English Summary)
- Akbarinia, N.A., Ghalavand, A., Whitecane, F., Rezaei M.B.A., and Sharifi Ashoor Abadi, E. 2004. Effect of different nutrition systems on soil properties, absorption and concentration of elements by the fennel medicinal plant and its performance. Research and Development (61): 32-50. (In Persian with English Summary)
- Akranmi, F., Rodríguez-Lafuente, A., Bentayeb, K., Pezo, D., Ghalebi, S.R., and Nerin, C. 2014. Antioxidant and antimicrobial active paper based on *Zataria* (*Zataria multiflora*) and two cumin cultivars (*Cuminum cyminum*). Food Science and Technology 4183: 1-24.
- Alizadeh, A., Tavvosi, M., Inanlou, M., and Nassiri, M. 2004. Effect of different irrigation regimes on the yield and yield components of cumin. Journal of Agricultural Research 1: 1-8. ((In Persian with English Summary)
- Amini Dehghani, M., and Mollfilabi, A. 2011. Evaluation of some drought resistance criteria in cumin (*Cuminum cyminum* L.). Advance Environmental Biology 5: 237-242.
- Arabzadeh, N. 2012. Physiologic responses of *Haloxylon aphyllum* to consecutive tensions of dryness and study of their role in improving resistance to dryness of vase twigs. Asian Journal of Plant Sciences 11(1): 28-35.
- Balandari, A. 2004. Study of seed germination, growth and essential in cumin cultivars. National Conference *Cuminum cyminm*. 2 Dec 2004. Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Sabzevar, Iran. P. 48-52. (In Persian)
- Bettaieb, I., Knioua, S., Hamrouni, I., Limam F., and Marzouk, B. 2011. Water deficit impact on fatty acid and essential oil composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) aerial parts. Journal of Agriculture and Food Chemistry 59: 328-334.
- Bocharnikova, E.A., and Matichenkov, V. 2008. Using Si fertilizers for reducing irrigation water application rate. Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.
- Buter, B., Orlachio, C., Soldati, A., and Berger, K. 1998. Significance of genetic and environmental aspects in field cultivation of (*Hupercum perforatum* L.). Plant Media 64: 431-437.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Periera, S., Rodrigues, M.L., Ricarddo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T., Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 98: 907-916.
- Esfini Farahani, M., Paknejad, F., Bakhtiari Moghadam, M., Alavi, S., and Hasibi, A.R. 2012. Effect of different application methods and rates of salicylic acid on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(3): 69-77. (In Persian with English Summary)
- Fanaei, H.R., Akbari Moghadam, H., Keigha, G.A., Ghaffarie, M., and Alli, A. 2006. Evaluation of agronomy and essential oil components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgar* Mill. and *Nigella sativa* L. in the condition of Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 34-41. (In Persian with English Summary)
- Farnia A., Nourmohammadi, G., Naderi A., Darvish F., and MajidiHarvan A. 2006. Effects of drought stress and strain of the bacterium *Bradyrhizobium japonicum* on yield and its related traits in soybean in Boroojerd. Iranian Journal of Crop Sciences 8(3): 201-214. (In Persian with English Summary)

- Farrokhinia, M., Roshdi, M., Paseban Eslam, B., and Sasandoust, R. 2011. Evaluation of some physiological characteristics on yield of spring safflower under water stress. *Iranian Journal of Crop Sciences* 42(3): 545-553. (In Persian with English Summary)
- Ghorbanzadeh, M. 2005. Evaluation and comparison of grain yield, yield components and morphological traits of safflower cultivars. Summary of the 2nd Conference of Medicinal Plants. Tehran 26 and 27 of January. Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. p 138. (In Persian)
- Hashemian, N., Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M., Golparvar, A., and Hamed, B. 2013. Diversity in chemical composition and antibacterial activity of essential oils of cumin (*Cuminum cyminum* L.) diverse from Northeast of Iran. *Australian Journal of Crop Science* 7(11): 1752-1760.
- Hosseini, S.A., Tavan, M., and Dori, M.A. 2010. Effect of irrigation levels on flowering performance of grass cultivars (*Hypericum perforatum*). Proceedings of the National Conference on Medicinal Plants and Recognition of Economic Potential and its Creativity, Islamic Azad University Press, Birjand. Article Source 1041. (In Persian)
- Hosseinpour, M. 2010. Effect of nitrogenous and biodegradable fertilizers and planting density on quantitative and qualitative function of anise as a medicinal plant. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Shahed, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Imam, Y., and Zavarehi, M. 2005. Drought Tolerance in Higher plants (Genetically, Physiological, Molecular and Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran, Iran. 186 pp. (in Persian)
- Jirovest, L., and Buchbouer, G. 2005. Composition quality control and antimicrobial activity of the essential oil of *Cuminum cyminum* L. from Bulgaria that had been saved for up to 36 years. *Journal of Food Science and Technology* 40(3): 305-310.
- Kafi M., and Keshmiri, A. 2011. Study of yield in landraces and cultivars of Hindi cumin (*Cuminum cyminum*) in dry and saline conditions. *Journal of Horticultural Science* 25 (3): 327-334. (In Persian with English Summary)
- Kafi, M., and Keshmiri, E. 2011. Study of yield and yield components of Iranian land race and Indian RZ₁₉ cumin (*Cuminum cyminum*) under drought and salinity stress. *Journal of Horticulture Science*, 25(3): 327-334. (In Persian with English Summary)
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koochehi, A., and Mollafilabi, A. 2002. Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Technology and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publications, Mashhad, Iran. p. 103-118. (In Persian)
- Kan, Y., Kartal, M., Özek, T., Aslan, S., and Başer, K.H.C. 2007. Composition of essential oil of *Cuminum cyminum* L. According to harvesting times. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences* 4(1): 25-29.
- Koochehi, A., and Sarmadnia, G.H. 2008. Plant Physiology. Plant Physiology. 385 p. (In Persian)
- Lawler, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. *Journal of Plant, Cell and Environment* 25: 275-294.
- Liu, F., Andersen, M.N., and Jensen, C.R. 2004. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. *Field Crops Research* 85: 159-166.
- Mahmoudi, R., Ehsani, A., and Zare, P. 2012. Phytochemical, antibacterial and antioxidant properties of *Cuminum cyminum* L. essential oil. *Journal of Industrial Food Research* 22: 311-321. (In Persian with English Summary)
- Moghaddam, M., Alirezaei, M., Salahvarzi, Y., and Goldani, M. 2014. The effect of drought stress on some morphological and physicochemical characteristics of three cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science* 46(3): 509-521.
- Moghaddam, M., Khaleghi Miran, S., Ghasemi Pirbalouti, A., Mehdizadeh, L., and Ghaderi, Y. 2015. Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products* 70: 163-169.
- Oghbonnaya, C.L., Nwalozi, M.C., Roy- Macauley, H., and Annerose, D.J.M. 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil. *Industrial Crops and Products* 8: 65-76.
- Omidbaigi, R. 2007. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. II). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. Astan Ghods Publication, Mashhad, Iran 438 p. (In Persian)
- Palmer, J., Dunphy, E., and Reese, P. 1995. Managing drought- stressed soybeans in the Southeast. North Carolina Cooperative Extension Service as Publication Number AG- p. 19-12.
- Ramroudi, M., KeikhZahleh, M., Galavi, M., Seghatoleslami, M., and Baradaran R. 2011. Effect of foliar application of micro-nutrients and irrigation regimes on yield and quality psyllium. *Journal of Agricultural Ecology* 3: 219-226. (In Persian with English Summary)

- Rezvani Moghaddam, P., and Norozpoor, G. 2005. Effect of different irrigation intervals and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*). Iranian Journal of Crop Research 3(4): 133-138. (In Persian with English Summary)
- Seghatoleslami, M., Kafi, M., Majidi Harvan, A., Nourmohammadi, G.H., and Darvishi, F. 2007. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet in Southern Khorasan. Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources 1: 215-225. (In Persian with English Summary)
- Tanu, A., Prakash, A., and Adholeya, A. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. Bioresource Technology 92: 311-319.
- Wafiq, A. 2005. The role of Medicinal plants in Afghanistan, Trade. RALF symposium on medicinal plants: Reserch, cultivation, conservation, processing and Marketing, Kabul. 19-20 November.
- Zarinzadeh, J., Mirza, M., and Aliari, E. 2007. Effect of planting date and irrigation regime on the quantity and quality of cumin green vegetable oil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23(1): 134-140. (In Persian with English Summary)



Effect of Irrigation Regimes on Yield, Yield Components and Characteristics Criteria of Essential Oil Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Ecotypes in Afghanistan

M.Y. Jami¹, A. Mollafilabi^{2*} and M. Amini Dehaghi³

Submitted: 31-10-2018

Accepted: 15-11-2018

Jami, M.Y., Mollafilabi, A., and Amini Dehaghi, M. 2019. Effect of irrigation regimes on yield, yield components and characteristics criteria of essential oil percentage of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes in Afghanistan. Journal of Agroecology. 10(4): 983-1005.

Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is a small annual herbaceous and an aromatic and medicinal plant included in the Apiaceae family. This plant also possesses resistance to drought stress, which is especially important, considering water deficits in many locations in semi-arid environments. Cumin is used to flavor foods, added to fragrances, and medicinal preparations. Seeds are yellow to brownish-gray in color. Cumin seeds contain numerous phytochemicals that are known to have antioxidant, carminative and anti-flatulent properties. This spice is an excellent source of minerals like iron, copper, calcium, potassium, manganese, selenium, zinc and magnesium. It also contains very good amounts of B-complex vitamins such as thiamin, vitamin B-6, niacin, riboflavin, and other vital anti-oxidant vitamins like vitamin E, vitamin A and vitamin C. The seeds are also rich source of many flavonoid phenolic anti-oxidants such as carotenes, zeaxanthin, and lutein.

The main objective of this study was to investigate the qualitative and seed yield response of three local ecotypes of cumin as an important medicinal plant to different irrigation regimes under the climatic conditions of Herat, Afghanistan.

Materials and Methods

This experiment was conducted as a split plot experiment based on a randomized complete block design with four replications during growing season 2009-2010 in Herat (Afghanistan) University Research Farm. Treatments were irrigation regimes (main plot) at 4 levels including (rainfed: W₁, after stem elongation: W₂, early flowering: W₃ and early seed formation: W₄) and landraces (as subplot) (Rajasthan of India: V₁, Badghis of Afghanistan: V₂, and Kashmar of Iran: V₃). Studied traits were including quantitative traits such as content and yield of essential oil, seed yield, plant height, and number of umbels per plant, number of seeds per umbel, lateral shoots, 1000-seed weight, harvest index and the qualitative characteristics including active ingredients in essential oils of cumin.

The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) to determine if significant differences existed among treatments means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the Duncan's test.

Results and Discussion

Results showed that simple effect of irrigation regimes and landraces and their interaction had difference significant for content and yield of essential oil, seed yield, plant height, number of seeds per umbel, lateral shoots, 1000- seed weight, harvest index, cumin aldehyde and p-cymene percent at 1% and 5% and the W₃ treatment and Indian landrace in terms of most traits was superior, but the greatest number of lateral branches, obtained from V₂. However, W₄ and W₁ treatments showed the highest harvest index percent and number of lateral branches respectively. Most of cumin aldehyde was obtained from Iran and Afghanistan landraces (respectively 27.348% and 25.725%) and highest p-cymene (25.811%) of the interaction of V₁ with W₄ treatment. The results for correlation coefficients between seed yield, biomass and yield components revealed that there was a positive and

1- MSc Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

3-Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

(*- Corresponding Author Email: a.filabi@rifst.ac.ir)

negative correlation between these criteria. The highest coefficient was calculated for seed yield and biomass ($r=0.926^{**}$).

Conclusion

Agronomic management strategies had significantly effect on growth, yield, and yield components of cumin ecotypes. The results showed that Indian landrace and W_3 treatment are recommended under Heart-e (Afghanistan) conditions. Considering water deficit that the world will face in the future, cumin in those environments susceptible to water stress conditions will have higher water use efficiency compared to other plants.

Keywords: Arid and semi-arid, Essential oil volume and yield, Medicinal plant, Seed yield



اندازه‌گیری تمایل به پرداخت برای خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک تندوره و عوامل مؤثر بر آن

محمد قربانی^۱، علیرضا کوچکی^{۲*} و محسن رجب زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۱۷

قربانی، م.، کوچکی، ع.، و رجب زاده، م. ۱۳۹۷. اندازه‌گیری تمایل به پرداخت برای خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک تندوره و عوامل مؤثر بر آن. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۰۷-۱۰۲۱.

چکیده

اندازه‌گیری ارزش خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک‌های ملی برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کاربرد دارد. ارزش پارک برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران بخش گردشگری، توجیه و ابزاری را فراهم می‌آورد تا از کیفیت پارک‌های ملی و سرمایه‌گذاری در آن حمایت و از تخریب آن جلوگیری کنند. این مطالعه با استفاده از داده‌های مقطع زمانی مربوط به ۱۴۴ مشاهده تمایل به پرداخت برای خدمات اکولوژیک و اقتصادی پارک ملی تندوره و روش ارزشگذاری مشروط را تعیین کرده است. برای بررسی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت‌ها از روش رگرسیون استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داد که میزان تمایل به پرداخت خانوارها برای خدمات تفریحی پارک برابر ۷۰۹۸/۲ ریال، آب‌های معدنی آن ۲۴۸۱۹/۵ ریال، شکار ۷۴۰۶۲/۵ ریال، علوفه ۱۵۰۱۳/۹ ریال و برای هر کیلوگرم گیاهان دارویی ۱۴۴۰۲/۱ ریال در ماه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزش، پارک ملی، تمایل به پرداخت، کشش

مقدمه

پارک‌های ملی به عنوان الگوهایی از تنوع زیستی هر ناحیه می‌باشند. این پارک‌ها مانند جزایری هستند که در بستر طبیعت حرکت‌های زیستی در آنها بطور طبیعی جریان داشته و سرمایه‌های ژنتیکی انسان و تنوع آنها به نحو مطلوب در آنها حفظ می‌شود. بنابراین حفظ تنوع زیستی و ژنتیکی، پشتوانه‌ای بسیار مطمئن جهت پیشرفت و توسعه به شمار می‌آید. بررسی مواهب زیستی و ارزش‌سنجی پوشش گیاهی این مناطق می‌تواند در جهت سیاست‌گذاری‌های کلان و حراست هر چه بیشتر این مناطق مؤثر

واقع شود.

خورشیددوست (Khorshiddost, 2003) در بررسی کاربرد روش ارزیابی مشروط در برآورد میزان تمایل به پرداخت برای حفاظت محیط زیست تبریز نشان داد که هر فرد مایل است به‌طور متوسط ماهیانه مبلغ ۴۱۱۴۰ ریال جهت حفاظت از محیط زیست بپردازد. بر اساس نتایج بررسی اکبری و جمشیدی (Akbari & Jamshidi, 2003) در مورد تمایل به پرداخت گردشگران داخلی برای اقامت در چادر مشاهده شد که خانوارها به طور متوسط تمایل دارند، حدود ۲۰۰۰۰ ریال برای اقامت در چادر در هر شبانه‌روز بپردازند. عسگری و مهرگان (Asgari & Mehregan, 2000) در برآورد تمایل به پرداخت بازدیدکنندگان میراث تاریخی-فرهنگی نشان دادند که خانوارها مایلند به‌طور متوسط مبلغی معادل ۱۵۶۰ ریال بابت ورود به محوطه باستانی گنج‌نامه به‌ازای هر بار بپردازند. امیرنژاد و خلیلیان (Aminejad & Khalilian, 2005) در برآورد ارزش وجودی جنگل‌های شمال ایران نشان دادند که ۶۵/۸ درصد افراد حاضر به پرداخت مبلغی جهت موجودیت جنگل‌های

۱- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر

(*)- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.29972

نیازی به محاسبه قیمت برای تأثیرات زیست‌محیطی ندارد و از ترجیحات آشکار شده استفاده می‌کند (Kuosmanen & Kortelainen, 2007). ساتوت و همکاران در تحلیل ارزش اقتصادی اثر بقایای جنگل‌های سرو (*Cupressus L.*) در لبنان، تمایل به پرداخت برای استفاده‌کننده و دیگر افراد (شهری و روستایی) را معادل ۲۰ دلار برای هر خانوار محاسبه کرده‌اند (Sattout et al., 2000).

پارک ملی تندوره یکی از مناطق کوهستانی و بیلاقی استان خراسان رضوی است که در مسیر جاده قوچان- درگز (شمال خراسان در شهرستان درگز) واقع شده است. مساحت این پارک برابر ۳۷۸۰۰ هکتار است. ضمناً در قسمت شمال و غرب پارک و پیوسته به آن، منطقه حفاظت‌شده‌ای تحت همین عنوان (تندوره) با مساحت ۲۳۰۰۰ هکتار وجود دارد. پارک ملی تندوره در شمال خراسان در شهرستان درگز قرار دارد. این منطقه در حوزه آبریز هریرود و کشف رود و زیر حوضه رودخانه درونگر قرار گرفته است. این پارک ملی با توجه به تنوع و غنای طبیعی آن در رده مهمترین پارک‌های ملی ایران که ارزش جهانی دارد، قرار دارد. متوسط بارش سالیانه بیش از ۳۶۴،۸۸ میلی متر در سال می‌باشد. منطقه به خاطر حفاظت چندین ساله از چشم‌اندازهای زیبایی در ارتباط با گونه‌های یکنواخت و بعضی گل‌های وحشی مثل شقایق (*Glaucium sp. L.*) و زنبق (*Iris sp. L.*) برخوردار است. در پارک جنگلی درختان پهن برگ بسیاری دیده می‌شود که عموماً به صورت انبوه و متراکم در آمده‌اند و جنگل‌های ارس (*Juniperus sp. L.*) تقریباً در تمامی پارک پراکنده تا متراکم دیده می‌شوند. بنابراین بررسی موافق زیستی و ارزش‌سنجی پوشش گیاهی این منطقه می‌تواند در جهت سیاست‌گذاری‌های کلان و حراست هر چه بیشتر این منطقه مؤثر واقع شود. این مهم توجه بیشتر و عمیق‌تر به حفاظت این منطقه را می‌طلبد (Ghorbani & Koocheki, 2009).

در ایران مقوله حفاظت از محیط زیست به‌طور عمده از طریق وضع قوانین و تدوین استانداردها پیگیری شده و کمتر ابزارهای اقتصادی و مکانیزم‌های بازار برای تخصیص منابع و حفاظت از محیط زیست استفاده شده است. هدف این تحقیق آن است که با استفاده از روش‌های ارزش‌گذاری، تمایل به پرداخت برای خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک ملی تندوره را برآورد نماید.

مواد و روش‌ها

روش ارزش‌گذاری مشروط- یکی از ابزارهای استاندارد و انعطاف‌پذیر است که برای اندازه‌گیری ارزش‌های غیرمصرفی و ارزش‌های مصرفی غیربازاری منابع زیست محیطی به‌کار می‌رود. روش ارزش‌گذاری مشروط تلاش می‌کند تا تمایل به پرداخت افراد را

شمال ایران هستند و متوسط تمایل به پرداخت ماهانه افراد برای ارزش وجودی این جنگل‌ها ۱۵۱۵۳ ریال می‌باشد. در این مطالعه ارزش وجودی سالانه هر هکتار از جنگل‌های شمال ۱/۲ میلیون ریال برآورد شده است. کاویانپور و اسماعیلی (Kavianpour & Esmaeili, 2001) نشان دادند که منحنی تقاضای پارک جنگلی سی‌سنگان بیان‌کننده ارزش تفرجی بالای پارک یعنی ۵۲/۲۳۹ میلیون ریال در روز می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر، برای تعیین ارزش حفاظتی و تفرجی پارک جنگلی سی‌سنگان مشخص شد که به‌ترتیب ۸۱/۷ درصد و ۷۸/۸ درصد افراد تحت بررسی در این مطالعه، حاضر به پرداخت مبلغی برای حفاظت پارک جنگلی سی‌سنگان و استفاده تفریحی از آن هستند. متوسط تمایل به پرداخت افراد برای ارزش حفاظتی پارک جنگلی سی‌سنگان، ۶۳۶۵ ریال برای هر خانوار و متوسط تمایل به پرداخت بازدیدکنندگان برای ارزش حفاظتی این پارک، ۲۴۷۷ ریال برای هر بازدید می‌باشد. ارزش حفاظتی و تفریحی سالانه این پارک به ترتیب ۵/۸ و ۲/۵ میلیون ریال در هکتار (۶۶۶ و ۲۹۱ دلار) برآورد گردید (Amirnejad et al., 2005).

تلاش‌های زیادی برای تعیین میزان منافع به دست آمده از بازدید مناطق تفریحی، بیلاقی و مناطق جنگلی انجام گرفته است. از جمله کارهای صورت گرفته در این زمینه، ارزش تفریحی جنگل‌های ماداگاسکار است که با استفاده از روش هزینه سفر بین ۳۶۰ تا ۴۶۸ دلار در هکتار برآورد شده است (Maille & Mendelsohn, 1991). این ارزش برای جنگل‌های ایالت مانتای آمریکا براساس روش ارزش‌گذاری مشروط، ۱۰۸ دلار برای هر سفر به دست آمده است. همچنین ارزش تفریحی سالانه مناطق جنگلی شرق کشور آمریکا با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، ۱۰/۴۳ دلار برای هر خانواده محاسبه شده است (Garrod & Willis, 1997). در بررسی ارزش تفریحی پنج پارک ملی در کره جنوبی با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، میزان این ارزش سالانه ۱۰/۵۴ دلار برای هر خانواده برآورد شده است (Kristrom, 1999). در تحلیل ارزش‌گذاری ایجاد پارک ماهیگیری در برزیل با استفاده از روش هزینه سفر و با بهره‌گیری از داده‌ها قابل شمارش مازاد مصرف‌کننده از ۵۴۰/۵۴ تا ۸۶۹/۵۷ دلار برای هر بار سفر و ۳۵ تا ۵۶ میلیون دلار برای رفاه عمومی برآورد شده است (Shrestha et al., 2002).

برخی محققین در ارزش‌گذاری صحرا در ایسلند با استفاده از تمایل به پرداخت و تمایل به دریافت، نشان دادند که میانگین تمایل به دریافت ۷۸۰/۱۰۷ کرون و میانگین تمایل به پرداخت ۲۱/۳۲۶ کرون می‌باشد (Loomis & Gonzales-Cabon, 1998). کاوسمان و کورتیلاینن (Kuosmanen & Kortelainen, 2007) در مطالعه‌ای به ارائه روش‌های ارزش‌گذاری عوامل زیست‌محیطی در تحلیل هزینه منفعت با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. در این مطالعه روش جدیدی برای ارزش‌گذاری اقتصادی تأثیرات اقتصادی ارائه شده که

به‌پرداخت کل است که برای محاسبه مقدار انتظاری تمایل به‌پرداخت به‌وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده $-\infty$ تا $+\infty$ به‌کار می‌رود و روش سوم موسوم به متوسط تمایل به پرداخت قسمتی (بریده شده) است و از آن برای محاسبه مقدار انتظاری تمایل به‌پرداخت به‌وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا پیشنهاد ماکزیمم (A) استفاده می‌شود. از میان این سه روش، روش سوم بهتر است، زیرا این روش، ثبات و سازگاری محدودیت‌ها با تئوری، کارایی آماری و توانایی جمع شدن را حفظ می‌کند. به‌همین دلیل متوسط تمایل به‌پرداخت قسمتی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. پارامترهای مدل لاجیت با استفاده از روش حداکثر درستنمایی که رایج‌ترین تکنیک برای برآورد الگوی لاجیت می‌باشد، برآورد می‌شود (Ghorbani & Sadeghi Lotfabad, 2010).

در این مطالعه الگوی رگرسیونی لاجیت به‌شکل زیر مورد استفاده قرار گرفته است که در آن Y تمایل به پرداخت برای استفاده از خدمات ۵ گانه پارک ملی تندوره را نشان می‌دهد. اگر فرد حاضر به پرداخت مبلغی برای خدمات باشد $Y=1$ و در غیر این صورت $Y=0$ خواهد بود. متغیرهای توضیحی این الگوی رگرسیونی در بر گیرنده سن فرد (X_1) به سال، سطح تحصیلات (X_2) به کلاس، درآمد کل خانوار (X_3) به ده هزار ریال در ماه، متغیر مجازی جنسیت (X_4) به صورت مرد عدد یک و زن عدد صفر، تعداد افراد خانوار (X_5) به نفر، مبلغ پیشنهادی برای پرداخت ارزش خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک (X_6) و متغیر مجازی شغل (X_7) به‌صورت افراد دارای شغل با درآمد مشخص و دائمی برابر یک و سایر برابر صفر می‌باشد.

پس از برآورد الگو، مقدار انتظاری تمایل به‌پرداخت از طریق انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بالاترین پیشنهاد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E(WTP) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\eta}(\Delta U) dX_6 = \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{1}{1 + \exp\{-(a^* + \beta_6 X_6)\}} \right) dX_6 \quad (4)$$

که $E(WTP)$: مقدار انتظاری تمایل به پرداخت است، β : ضریب مبلغ پیشنهاد، X_6 : مبلغ پیشنهاد حداکثری و a^* : عرض از مبدأ تعدیل شده می‌باشد که از جمع پارامتر ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و عرض از مبدأ اصلی (α) حاصل می‌شود:

$$[a^* = (a + \beta_1 + \dots + \beta_6)]$$

برای ارزیابی اثرات تغییر در هر یک از متغیرهای مستقل (X_{ik}) بر احتمال پذیرش مبلغ پیشنهادی، باید از رابطه ۳ مشتق جزئی گرفته شود:

تحت حالت‌های بازار فرضی معین تعیین نماید. برای اندازه‌گیری تمایل به پرداخت افراد از پرسشنامه انتخاب دوگانه دو حدی^۱ استفاده می‌شود. در این روش، ابتدا پاسخگویان در مواجهه با این سؤال که آیا حاضر به پرداخت برای استفاده از خدمات پارک ملی هستند تحت یک موقعیت بازار فرضی فقط پاسخ بلی یا خیر می‌دهند. سپس بر اساس جواب فرد به سؤال اول، پیشنهاد دیگری مورد پرسش قرار می‌گیرد. بنابراین یک پرسشنامه انتخاب دوگانه دو حدی برای مصاحبه و استخراج میزان تمایل به پرداخت افراد برای تعیین ارزش پارک طراحی شده تا برای پاسخگویان اطلاعات صحیح و کافی را فراهم آورد و آنها را از موقعیت بازار فرضی کاملاً آگاه سازد.

برای تعیین الگوی اندازه‌گیری میزان تمایل به پرداخت، فرض شده که فرد پیشنهاد پرداخت برای ارزش پارک را بر اساس بیشینه‌سازی^۲ مطلوبیت خود تحت شرایط زیر می‌پذیرد یا آن را بطور دیگری رد می‌کند:

معادله (۱)

$$U(1, Y - X_6 + X_3; S) + \varepsilon_1 \geq U(0, Y; S) + \varepsilon_0$$

که در آن، U: مطلوبیت غیرمستقیم اکتسابی فرد، X_3 و X_6 : به ترتیب درآمد فرد، مبلغ پیشنهادی و S: بیانگر ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی فرد می‌باشد. ε_0 و ε_1 : بیانگر متغیرهای تصادفی با میانگین صفر است که بطور یکنواخت و مستقل توزیع شده‌اند. تفاوت مطلوبیت (ΔU) می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

معادله (۲)

$$\Delta U = U(1, X_3 - X_6; S) - U(0, X_3; S) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)$$

احتمال (P_i) اینکه فرد یک پیشنهاد از پیشنهادها (X_6) را بپذیرد بر اساس الگوی لاجیت به صورت زیر بیان می‌شود:

$$pi = F_{\eta}(\Delta U) = \frac{1}{1 + \exp(-\Delta U)} \quad (3)$$

$$= \frac{1}{1 + \exp\{-(\alpha - \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \theta S)\}}$$

که $F_{\eta}(\Delta U)$: تابع توزیع تجمعی است و بعضی از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی در این تحقیق را شامل می‌شود. β_3, β_6 و θ : ضرایب برآورد شده‌ای هستند که انتظار می‌رود $\beta_6 \leq 0, \beta_3 > 0$ و $\theta > 0$ باشد.

سه روش برای محاسبه تمایل به‌پرداخت وجود دارد: روش اول موسوم به متوسط تمایل به‌پرداخت است که از آن برای محاسبه مقدار انتظاری تمایل به پرداخت به‌وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بی‌نهایت استفاده می‌شود. روش دوم موسوم به متوسط تمایل

1- Double-bounded dichotomous
2- Maximization

کنید تابع تقاضای سفر به صورت زیر باشد:
معادله (۷)

$$V_{ij} = f(C_{ij}, X_i, \varepsilon)$$

V_{ij} تعداد بازدید در هر سال به وسیله فرد i به مکان j ، C_{ij} هزینه سفر فرد i برای بازدید از مکان j ، و X_j تمام عوامل اجتماعی-اقتصادی فرد i می‌باشد که شامل سن، میزان تحصیلات، وضعیت تأهل، جنسیت، درآمد خانوار، تعداد افراد خانوار، دوره سفر (فاصله بین بازدیدهای متوالی) می‌باشد (Ghorbani & Firoozzare, 2007).

داده‌ها - جامعه آماری برای برآورد ارزش تفریحی شامل همه ساکنین شهرهای درگز و قوچان می‌باشد که نمونه‌ای شامل ۱۴۴ نفر با بکارگیری روش نمونه‌گیری تصادفی ساده از بین آنها انتخاب شده است. این تعداد افراد نمونه با توجه به رابطه کوکران (Cochran, 1967) - رابطه کوکران برابر است با $n = \frac{t^2 S^2}{d^2}$ که در آن $t = 1/96$ و S^2 واریانس درآمد ماهیانه نمونه اولیه^۱ (۳۰ پرسشنامه) برابر با ۲/۳۴۲ و d خطای نمونه‌گیری برابر ۰/۲۵- تعیین شده است. داده‌ها مربوط به سال ۱۳۸۷ است. پرسشنامه این مطالعه دارای دو بخش می‌باشد: بخش اول در برگرفته خصوصیات اجتماعی-اقتصادی افراد مانند سن، سطح تحصیلات، شغل، درآمد و غیره است. بخش اصلی این پرسشنامه دربرگیرنده سؤالاتی در مورد تمایل به پرداخت افراد برای گردشگری تفریحی، استفاده از گیاهان دارویی، آب‌های معدنی، گیاهان علوفه‌ای و شکار پرندگان می‌باشد. در بخش ارزش تفریحی، سه قیمت پیشنهادی ۵۰۰، ۳۰۰ و ۱۰۰۰ ریالی (تحت عنوان ورودیه) بصورت سه سؤال وابسته به هم ارائه شده است. در ارتباط با ارزش استفاده از گیاهان دارویی^۲، آب‌های معدنی^۳، گیاهان علوفه‌ای (تعریف غیرمستقیم) و شکار پرندگان^۴، میزان تمایل به پرداخت آنها مورد سؤال قرار گرفت.

۱- بر اساس اصول نمونه‌گیری در شرایطی که هیچگونه اطلاعات اولیه‌ای از واریانس صفت مورد مطالعه یا صفت نزدیک به واریانس صفت مورد مطالعه در دست نباشد می‌توان با استفاده از Pilot study واریانس را بدست آورد که در این مطالعه از این مورد بهره گرفته شده است

۲- استفاده از گیاهان دارویی محیط پارک به‌ویژه گون، باریجه، زیره سیاه، آویشن، شیر خشت و زرشک منع قانونی نداشته و توسط گردشگران به ویژه ساکنین بومی صورت می‌گیرد

۳- پارک ملی تندوره دارای چشمه‌های آب با ارزشی است مانند چهل‌میر و چرلاق که به لحاظ دارا بودن املاح معدنی مورد توجه گردشگران می‌باشد. به همین جهت در این مطالعه از اصطلاح آب معدنی برای آن استفاده شده است.

۴- شکار در پارک تابع قوانین و مقررات شکار بوده و در حد شکار پرندگان غیرکمیاب در فصل شکار و مبتنی بر دارا بودن پروانه شکار مجاز است.

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_{ik}} = \frac{\exp^{X_i^* \beta}}{(1 + \exp^{X_i^* \beta})^2} \beta_k \quad \text{معادله (۵)}$$

که β_k پارامتر متغیر مستقل K ام می‌باشد. با داشتن مشتقات جزئی از رابطه ۵، کشش پذیری متغیر توضیحی K ام از رابطه ۶ بدست می‌آید.

$$e_i = \left[\frac{\exp^{X_i^* \beta}}{(1 + \exp^{X_i^* \beta})^2} \beta_k \right] \cdot \frac{X_{ik}}{P_i} \quad \text{معادله (۶)}$$

همانطور که رابطه ۶ نشان می‌دهد کشش‌ها ثابت نیستند و به مقادیر متغیرهای توضیحی به کار رفته در الگو بستگی دارند. لذا لازم است تا میانگینی برای کشش مربوط به هر یک از متغیرها ارائه شود. روش مرسوم برای انجام این عمل، محاسبه کشش‌ها برای میانگین هر یک از متغیرهای مستقل می‌باشد. اما یک محدودیت در این روش وجود دارد. به اعتقاد ترین از آنجا که کشش‌ها توابعی غیرخطی از مقادیر مشاهدات می‌باشند، هیچ تضمینی وجود ندارد که تابع لاجیت از نقطه تعریف شده به‌وسیله میانگین نمونه، عبور کند. برای حل این مشکل، هنشر و جانسون روش دیگری را ارائه می‌کنند. در این روش ابتدا کشش‌ها برای هر یک از مشاهدات محاسبه گردیده و سپس یک میانگین وزنی از آنها گرفته می‌شود. به‌گونه‌ای که وزن‌ها احتمالات پیش بینی شده هستند (Ghorbani & Firoozzare, 2007).

برای تشخیص هم‌خطی از آزمون مولفه اصلی بهره گرفته شد که نشان داد بین متغیرهای مستقل الگو هم‌خطی وجود ندارد. هم‌چنین با استفاده از آزمون LM2 وجود واریانس ناهمسانی مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آزمون حاکی از نبود واریانس ناهمسانی بوده است. روش هزینه سفر (روش مطلوبیت تصادفی)- این روش از انعطاف‌پذیری بیشتری در محاسبه منافع برخوردار است و بهترین روش جهت برآورد منافع برای ویژگی‌های خاص یا تغییرات کیفیت مکان‌ها- به‌جای اینکه برای یک محل به عنوان کل ارزیابی شود- می‌باشد. هم‌چنین روش مطلوبیت تصادفی، وقتی که مکان‌های جایگزین زیادی برای مکان تفریحی اصلی وجود دارد، اختصاصی‌ترین روش می‌باشد. در این روش، می‌توان به‌جای بررسی کل تغییر در کیفیت یا کمیت مکان تفریحی، ارزش اقتصادی از دست رفته حاصل از کاهش کیفیت یا کمیت یک مکان تفریحی را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر آن، فرض می‌شود اشخاص مکان مورد استفاده تفریح را از بین مکان‌های ممکن جدا و انتخاب کرده‌اند. بنابراین، این الگو به اطلاعات درباره همه مکان‌های ممکن که یک بازدیدکننده باید انتخاب کند، ویژگی‌های کیفیتی آنها و هزینه‌های سفر برای هر مکان نیازمند است.

در این مطالعه تعداد دفعات بازدید به عنوان متغیر وابسته در الگو منظور شده که بصورت عددی صحیح می‌باشد. علاوه بر آن تعداد سفرها جهت تقاضا برای مکان تفریحی عددی مثبت است. فرض

نتایج و بحث

ویژگی‌های نمونه- در مجموع ۷۷/۱ درصد از افراد نمونه برای تفریح و گردشگری و ۲۲/۹ درصد با اهداف دیگر از پارک ملی تندوره بازدید داشته‌اند. از مجموع ۱۴۴ نمونه مورد مطالعه، ۱۸/۱ درصد هدف خود از سفر به پارک ملی تندوره را استفاده از آب و هوای مطلوب آن، ۶/۹ درصد بهره‌گیری از گیاهان به ویژه گیاهان دارویی و علوفه، ۱۳/۹ درصد استفاده از جانوران به‌ویژه شکار پرنده، ۴/۲ درصد استفاده از آب‌های معدنی و ۵۶/۹ درصد نیز مجموعه خدمات چهارگانه فوق‌الذکر را بیان کرده‌اند. با توجه به اطلاعات حاصل از نمونه‌های مورد مطالعه، میانگین تعداد روزهای ماندگاری در پارک ۱/۵۶ روز، هزینه‌های سفر به پارک ملی تندوره ۳۹۷۳۷۴ ریال می‌باشد.

تمایل به پرداخت‌ها- بر اساس اطلاعات جدول ۱، میزان تمایل به پرداخت خانوارها در هر ماه برای خدمات تفریحی پارک برابر ۷۰۹۸/۲ ریال، برای استفاده از آب‌های معدنی آن ۲۴۸۱۹/۵ ریال، برای شکار ۷۴۰۶۲/۵ ریال، برای علوفه ۱۵۰۱۳/۹ ریال و برای هر کیلوگرم گیاهان دارویی ۱۴۴۰۲/۱ ریال می‌باشد. بنابر این به نظر می‌رسد استفاده‌کنندگان از خدمات پارک ملی تندوره برای شکار پرندگان تمایل به پرداخت بالاتری نسبت به سایر خدمات دارند. نکته دیگر این که تمایل به پرداخت خانوارها برای ارزش تفریحی پارک بسیار کمتر از خدمات چهار گانه دیگر پارک می‌باشد که خود بازگوکننده این واقعیت است که سایر خدمات اقتصادی و اکولوژیکی پارک ملی تندوره دارای ارزش بسیار بالاتری نسبت به ارزش گردشگری است. اگر به شکار پرندگان به عنوان یک تفریح نگاه شود، استفاده‌کنندگان برای ارزش تفریحی پارک بالاترین تمایل به پرداخت را دارند.

جدول ۱- تمایل به پرداخت استفاده‌کنندگان برای ۵ خدمت

پارک ملی تندوره	
Table 1- User willingness to pay for 5 services of Tandoreh National Park	
نوع خدمت Service type	تمایل به پرداخت (ریال در ماه) Willingness to pay (Rials/month)
گردشگری (تفریح) Tourism (Recreation)	7098.2
گیاهان دارویی (یک کیلوگرم) Medical plants (one kg)	14402.1
آب‌های معدنی (یک دفعه) Mineral water (one time)	24819.5
شکار پرندگان (یک پرنده) Birds' hunt (one bird)	74062.5
علوفه (رأس دام) Forages (per animal)	15013.9

هزینه سفر- جدول ۲ هزینه‌های سفر به پارک ملی تندوره را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این جدول، هزینه مواد غذایی با ۴۷/۸ درصد بالاترین سهم از کل هزینه سفر را به خود اختصاص داده است و پس از آن هزینه رفت و برگشت به ۲۵/۴ درصد قرار گرفته است.

جدول ۲- هزینه‌های سفر به پارک ملی تندوره
Table 2- Travel costs to Tandoreh National Park

هزینه Cost	میانگین (ریال) Mean (Rials)	سهم (درصد) Share (percent)
هزینه رفت و برگشت Two way cost	100937.5	25.4
هزینه مواد غذایی Food cost	189770.8	47.8
هزینه اتومبیل Car cost	36506.94	9.1
سایر هزینه‌ها Other costs	70159.72	17.7
کل هزینه‌ها	397374.96	100

تعیین‌کننده‌های تمایل به پرداخت برای استفاده از خدمات

پارک

الف- تفریحی

بر اساس نتایج جدول ۳، میزان سن افراد بر تکرار سفر افراد نمونه به پارک ملی تندوره تأثیر مثبت دارد. به عبارت دیگر، با افزایش سن برای پارک ارزش تفریحی بالاتری قائل بوده و بیشتر به این پارک سفر دارند. این تأثیرگذاری به لحاظ آماری معنی‌دار است. تحصیلات افراد متغیری است که بر میزان سفر تأثیر منفی دارد. در واقع افراد با سطح تحصیلات بالاتر تمایل کمتری برای سفر به این پارک را دارند و ارزش تفریحی کمتری نیز برای آن قائل می‌باشند. این تأثیر منفی در سطح یک درصد معنی‌دار است. عامل تأثیرگذار دیگر درآمد بازدیدکنندگان از پارک است. افراد با درآمد بالاتر تمایل کمتری برای سفر به این پارک دارند. این تأثیر به لحاظ آماری معنی‌دار است. میزان هزینه سفر دارای تأثیر منفی معنی‌داری بر تعداد سفر می‌باشد. تعداد افراد خانوار، بر تعداد سفر به پارک تأثیرگذاری منفی دارد. افرادی با خانوار بزرگتر نسبت به سایر پاسخ‌دهندگان دارای تعداد تکرار سفر کمتری می‌باشند. دوره سفر از عوامل تأثیرگذار منفی است. افرادی که دارای دوره سفر طولانی‌تر هستند دارای تعداد تکرار سفر کمتری هستند. یعنی هرچه فاصله بین بازدیدهای افراد از پارک کمتر باشد

تمایل آنها به تکرار سفر بیشتر می‌شود و تکرار سفر بیشتری دارند. با استفاده از رابطه ۸، ارزش تفریحی بصورت زیر محاسبه شده است: معادله (۸)

$$TC = -\frac{1}{-0.000124} = 80645.1$$

جدول ۳- نتایج برآورد ارزش تفریحی پارک ملی تندوره
Table 3- Recreation value estimation results of Tandoreh National Park

متغیر Variable	NLS	
	ضرایب Coefficient	آماره t t-statistic
مقدار ثابت Constant	2.23	2.3*
سن Age	0.075	1.98*
تحصیلات Education	-0.54	-2.96*
درآمد Income	0.012	2.25*
وضعیت تاهل Marriage situation	0.33	0.87 ^{ns}
هزینه سفر Travel cost	-0.124×10^{-4}	-1.87*
جنسیت Sex	0.67	1.33 ^{ns}
تعداد افراد خانوار Family number	-0.24	1.81**
دوره سفر Travel period	-0.64	-2.71*

*: معنی‌دار در سطح یک درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns}: بی‌معنی
*: Significant at 1 percent level, **: Significant at 5 percent level and ns: Non- significant

ب- گیاهان دارویی

بر اساس نتایج برآورد (جدول ۴)، متغیرهای تحصیلات، جنسیت و مبلغ پیشنهادی بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از گیاهان دارویی پارک ملی تندوره تأثیر منفی دارند. از سوی دیگر، سن، نوع شغل، تعداد افراد خانوار و درآمد بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از گیاهان دارویی پارک ملی تندوره تأثیر مثبت دارند. متغیر سن از جمله متغیرهایی است که بر احتمال پذیرش استفاده از گیاهان

دارویی پارک ملی تندوره تأثیر مثبت (اما به لحاظ آماری بی‌معنی) دارد. زیرا با افزایش سن تمایل افراد به استفاده از گیاهان دارویی (به جهت کاربردهای فراوان آن) افزایش می‌یابد. نکته‌ای که در ارتباط با بی‌معنی شدن تأثیر این متغیر و سایر متغیرهای بی‌معنی لازم است مورد اشاره قرار گیرد آن است که بی‌معنی شدن متغیرها دال بر بی‌تأثیر بودن آن‌ها بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از گیاهان دارویی پارک ملی تندوره نبوده و صرفاً بر این نکته دلالت دارد که شواهد و قرائن کافی از بعد داده‌ها برای رد فرضیه صفر (یعنی صفر بودن ضرایب) وجود ندارد. اگرچه متغیر تحصیلات دارای علامت منفی است اما ضریب آن نشان می‌دهد که با افزایش سطح تحصیلات افراد، دیدگاه آنها نسبت به گیاهان دارویی منفی‌تر شده و به تبع آن میزان تمایل آنها نسبت به استفاده از گیاهان دارویی کمتر می‌شود، به همین دلیل تمایل آنها نسبت به پرداخت کاهش می‌یابد در واقع گرایش گروه‌های با تحصیلات بالاتر به استفاده از گیاهان دارویی پارک ملی تندوره کمتر است لیکن این به مفهوم استفاده کمتر آنها محسوب نمی‌شود. چون نسل با تحصیلات بالاتر شناختی نسبت به گیاهان دارویی کمتر دارند. از دیگر متغیرهایی که تأثیرگذاری منفی (اما بی‌معنی) بر احتمال پرداخت برای گیاهان دارویی دارند جنسیت افراد پاسخ‌دهنده است. در این مطالعه مردان پاسخ‌دهنده احتمال تمایل به پرداخت پایین‌تری نسبت به زنان دارند، زیرا معمولاً زنان در فرآوری گیاهان دارویی و ترویج استفاده از آن در خانواده نقش اول را بازی می‌کنند به همین دلیل تمایل به پرداخت بالاتری برای گیاهان دارویی دارند. افرادی که دارای شغلی با درآمد مشخص و دائمی بوده‌اند نسبت به سایر گروه‌های شغلی و افراد بیکار دارای احتمال بیشتری برای تمایل به پرداخت برای گیاهان دارویی می‌باشند.

با افزایش سطح حداکثر مبلغ پیشنهادی برای استفاده از یک کیلوگرم گیاهان دارویی، احتمال تمایل به پرداخت افراد کاهش یافته است. یعنی افرادی که میزان پرداخت بیشتری را پیشنهاد نموده‌اند احتمال کمتری برای پذیرش مبالغ ارائه شده دارند. درآمد ماهیانه خانوار از جمله متغیرهایی است که دارای تأثیرگذاری مثبت معنی‌دار بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از گیاهان دارویی پارک ملی تندوره است. افراد با درآمد بالاتر، دارای توانایی بیشتری برای پرداخت هستند و بالطبع دارای میزان تمایل به پرداخت بیشتری نیز خواهند بود. البته باید توجه داشت ارزش و کاربردهای آن نیز مهم می‌باشد. خانوارهایی که دارای ابعاد بزرگتری هستند دارای احتمال بیشتری برای جمع‌آوری گیاهان دارویی هستند، زیرا این افراد به علت ابعاد بزرگتر و تعداد بیشتر افراد خانوار دارای استفاده‌های گوناگون از گیاهان دارویی می‌باشند. از بین متغیرهای ارائه شده تنها متغیرهای تحصیلات، درآمد و مبلغ پیشنهاد تأثیر معنی‌داری بر احتمال تمایل به پرداخت برای گیاهان دارویی دارند و بقیه متغیرها از این لحاظ بی‌معنی هستند.

خانوار نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی درآمد خانوار، احتمال میزان تمایل به پرداخت برای گیاهان دارویی پارک ملی تندوره به اندازه ۰/۰۲۱ درصد افزایش خواهد یافت.

بر اساس کشش‌های کل محاسبه شده کلیه متغیرهای بی‌کشش می‌باشند. در بین متغیرهای معنی‌دار، بیشترین کشش کل موجود مربوط به متغیر درآمد است. مقدار عددی کشش کل متغیر درآمد

جدول ۴- تعیین‌کننده‌های تمایل به پرداخت برای گیاهان دارویی پارک ملی تندوره
Table 4- Determinants of willingness to pay to medical plants of Tandoreh National Park

متغیر Variable	کشش Elasticity		اثر نهایی Marginal effect	آماره t t-statistic	ضرایب Coefficient
	میانگین Mean	کل Aggregate			
ضریب ثابت Constant	-	-	-	-1.28*	-1.86
سن (X_1) Age	0.090	$10^{-6} \times 0.36$	$10^{-7} \times 0.1$	0.73 ^{ns}	0.028
تحصیلات (X_2) Education	-0.139	$10^{-6} \times -0.61$	$-10^{-6} \times 0.19$	-1.95*	-0.542
درآمد (X_3) Income	0.021	$10^{-6} \times 0.10$	$10^{-13} \times 0.17$	2.25*	$10^{-7} \times 0.49$
جنسیت (X_4) Sex	-0.043	$10^{-6} \times -0.17$	$-10^{-6} \times 0.22$	-0.87 ^{ns}	-0.705
تعداد افراد خانوار (X_5) Family number	0.099	$10^{-6} \times 0.36$	$10^{-6} \times 0.11$	1.41 ^{ns}	0.311
مبلغ پیشنهادی (X_6) Bid amount	-0.073	$-10^{-5} \times 0.58$	$-10^{-9} \times 0.40$	-3.67*	$10^{-2} \times -0.11$
شغل (X_7) job	0.018	$10^{-7} \times 0.79$	$10^{-7} \times 0.26$	0.33 ^{ns}	0.073
Likelihood ratio (LR) test					23.58*
آزمون نسبت احتمال Maddala R^2					0.56
ضریب مدالا McFadden R^2					0.67
ضریب مک فادن Chow R^2					0.79
ضریب چو Percentage of right predictions					0.70
درصد پیش بینی های درست					

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}: بی‌معنی

*: Significant at 1 percent probability level and ns: Non- significant

پرداخت برای گیاهان دارویی پارک ملی تندوره می‌شود.

ج- تعریف دام

بر اساس نتایج برآورد (جدول ۵)، متغیرهای سن، تحصیلات، جنسیت و مبلغ پیشنهادی بر احتمال تمایل به پرداخت برای تعریف

اثر نهایی متغیر درآمد بیانگر این است که یک واحد (ده هزار ریال) افزایش در درآمد منجر به $10^{-13} \times 0.17$ واحد افزایش در احتمال تمایل به پرداخت برای گیاهان دارویی پارک ملی تندوره می‌شود. همچنین یک واحد افزایش در میزان تحصیلات پاسخ‌دهندگان موجب $10^{-6} \times 0.19$ واحد کاهش در احتمال تمایل به

پارک ملی تندوره می‌شود. با افزایش یک واحدی در تعداد افراد خانوار احتمال تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره به میزان $0/029$ واحد کاهش می‌یابد. همچنین افزایش یک واحدی مبلغ پیشنهادی پاسخ‌دهندگان، منجر به کاهش $0/19 \times 10^{-6}$ واحد در میزان تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره خواهد شد. مقدار عددی آماره درصد پیش‌بینی صحت $0/69$ می‌باشد که نشان دهنده توانی نسبتاً بالای الگوی برآورد شده در پیش‌بینی متغیر وابسته است.

د- آب معدنی

بر اساس نتایج برآورد (جدول ۶)، متغیرهای تحصیلات، درآمد، جنسیت و مبلغ پیشنهادی برای پرداخت به عنوان ورودیه بر احتمال تمایل به پرداخت برای مصرف آب‌های معدنی پارک ملی تندوره تأثیر منفی می‌گذارند. از سوی دیگر، متغیرهای سن، تعداد افراد خانوار و شغل بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی پارک ملی تندوره تأثیر مثبت دارند. متغیر سن از جمله متغیرهایی است که بر احتمال تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره تأثیر مثبت (اما به لحاظ آماری بی‌معنی) دارد. در واقع این نتیجه بازگوکننده این مطلب است که با افزایش سن افراد مورد مطالعه، میزان رعایت‌مندی در بکارگیری مواد بهداشتی نیز افزایش می‌یابد و این امر منجر به الزام در استفاده از آب‌های معدنی و به تبع آن تمایل به پرداخت بیشتر برای استفاده از آن خواهد شد. نکته حائز اهمیت در ارتباط با بی‌معنی شدن تأثیرگذاری برخی متغیرها بر میزان تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی پارک ملی تندوره آن است که بی‌معنی شدن این دسته از متغیرها دال بر بی‌تأثیر بودن آن‌ها بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی پارک ملی تندوره نبوده و صرفاً بر این نکته دلالت دارد که شواهد و قرائن کافی از بعد داده‌ها برای رد فرضیه صفر (یعنی صفر بودن ضرایب) وجود ندارد. متغیر تحصیلات به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است و علامت منفی ضریب آن نشان می‌دهد که با افزایش سطح تحصیلات افراد، تمایل آنها برای پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی کاهش می‌یابد. از دیگر متغیرهایی که تأثیرگذاری مثبت بر احتمال پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی دارد تعداد افراد خانوار است. این متغیر نشان دهنده این است که آندسته از خانوارهایی که دارای تعداد افراد خانوار بالاتری می‌باشند، تمایل به پرداخت بالاتری در استفاده از آب‌های معدنی در پارک ملی تندوره نیز داشته‌اند. زیر این دسته از خانوارها به سبب بالا بودن بعد تعداد افراد خانوار نیاز بیشتری به استفاده از آب‌های معدنی خواهند داشت و از این رو تمایل بالاتری نیز برای پرداخت آن خواهند داشت. آماره درصد صحت پیش‌بینی شده $0/72$ درصد نشان دهنده توان بالای الگوی برآورد شده در پیش‌بینی متغیر وابسته است.

دام در پارک ملی تندوره تأثیر منفی می‌گذارند. از سوی دیگر درآمد، تعداد افراد خانوار و نوع شغل بر احتمال برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره تأثیر مثبت دارند. نکته حائز اهمیت در ارتباط با بی‌معنی شدن متغیرها آن است که بی‌معنی شدن متغیرها دال بر بی‌تأثیر بودن آن‌ها بر احتمال تمایل به پرداخت برای تعلیف (تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره) نبوده و صرفاً بر این نکته دلالت دارد که شواهد و قرائن کافی از بعد داده‌ها برای رد فرضیه صفر (یعنی صفر بودن ضرایب) وجود ندارد. اگرچه متغیر تحصیلات به لحاظ آماری بی‌معنی است، اما ضریب آن نشان می‌دهد که با افزایش سطح تحصیلات افراد، دیدگاه آنها نسبت به منافع محیط‌زیست و طبیعت مثبت‌تر شده و میزان آگاهی آنها نسبت به مواهب زیستی بیشتر می‌شود، به همین دلیل تمایل آنها نسبت به پرداخت تخریب ناشی از تعلیف دام کمتر می‌گردد. در واقع، افراد با سطح تحصیلات بالاتر به دلیل آگاهی بیشتر نسبت به مزایای منافع زیست‌محیطی، تمایل کمتری به تخریب محیط زیست ناشی از تعلیف دام دارند. همچنین نتایج جدول نشان می‌دهد که متغیر درآمد افراد مورد مطالعه تأثیر مثبتی بر تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره دارد، در واقع افراد با سطوح درآمدی بالاتر به دلیل برخورداری از امکانات مالی بیشتر تمایل به پرداخت بالاتری نیز برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره خواهند داشت. متغیر مبلغ پیشنهادی تأثیر منفی بر تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره داشته است، در واقع آندسته از افرادی که مبلغ بالاتری را پیشنهاد نموده‌اند تمایل به پرداخت کمتری نیز برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره خواهند داشت. افرادی که دارای شغلی با درآمد مشخص و دائمی بوده‌اند نسبت به سایر گروه‌های شغلی و افراد بیکار دارای احتمال بیشتری برای تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره می‌باشند. خانوارهای دارای ابعاد بزرگتر (تعداد افراد خانوار بالاتر)، احتمال بالاتری برای تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره خواهند داشت. از بین متغیرهای ارائه شده ۴ متغیر تحصیلات، درآمد، تعداد افراد خانوار و مبلغ پیشنهادی دارای تأثیرگذاری معنی‌داری بر احتمال تمایل به پرداخت برای تعلیف دام خواهند داشت و بقیه متغیرها به لحاظ آماری بی‌معنی هستند. کشش کل وزن داده شده برای متغیر درآمد برابر $0/086$ می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش یک درصدی درآمد خانوار، احتمال میزان تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره به میزان $0/086$ درصد افزایش خواهد یافت.

اثر نهایی برای متغیر درآمد بیانگر این است که یک واحد (ده هزار ریال) افزایش در درآمد منجر به $0/79 \times 10^{-8}$ واحد افزایش در احتمال تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره می‌شود. همچنین یک واحد افزایش در سن پاسخ‌دهندگان موجب $0/024$ واحد کاهش در احتمال تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در

جدول ۵- تعیین‌کننده‌های تمایل به پرداخت برای تعلیف دام در پارک ملی تندوره
Table 5- Determinants of willingness to pay to animal feeds in Tandoreh National Park

متغیر Variable	کشش Elasticity		اثر نهایی Marginal effect	آماره t t-statistic	ضرایب Coefficient
	میانگین Mean	کل Aggregate			
ضریب ثابت Constant	-	-	-	0.260 ^{ns}	0.202
سن (X_1) Age	-0.181	-0.174	-.0024	-0.55 ^{ns}	-0.09
تحصیلات (X_2) Education	-0.176	-0.167	-0.051	-2.28 *	-0.108
درآمد (X_3) Income	0.097	0.086	$10^{-8} \times 0.79$	2.89 *	$10^{-7} \times 0.31$
جنسیت (X_4) Sex	-0.210	-0.200	-0.145	-1.51 ^{ns}	-0.586
تعداد افراد خانوار (X_5) Family number	0.200	0.191	0.029	1.94*	0.119
مبلغ پیشنهادی (X_6) Bid amount	-0.0057	-0.0055	$-10^{-6} \times 0.19$	-2.23*	$10^{-6} \times -0.78$
شغل (X_7) Job	0.136	0.128	0.021	1.07 ^{ns}	0.087
Likelihood ratio (LR) test				79.42 *	
آزمون نسبت احتمال Maddala R ²				0.53	
ضریب مدالا McFadden R ²				0.39	
ضریب مک فادن Chow R ²				0.52	
ضریب چو Percentage of right predictions				0.69	
درصد پیش بینی های درست					

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: بی‌معنی

*: Significant at 5 percent probability level and ns: Non- significant

پارک ملی تندوره از سوی آنان کاهش یافته است. یعنی آن دسته از افرادی که مبلغ پرداخت بیشتری را پیشنهاد نموده‌اند تمایل به پرداخت کمتری نیز برای استفاده از آب‌های معدنی در پارک ملی تندوره خواهند داشت. درآمد ماهیانه خانوار از جمله متغیرهایی است که دارای تأثیرگذاری منفی و معنی‌داری بر احتمال تمایل به پرداخت برای استفاده از آب معدنی در پارک ملی تندوره داشته است. این نتیجه نشان می‌دهد که افراد با درآمد بالاتر، تمایل کمتری برای پرداخت جهت استفاده از آب‌های معدنی خواهند داشت. از بین متغیرهای ارائه شده تنها ۴ متغیر تحصیلات، درآمد، مبلغ پیشنهادی و تعداد افراد خانوار تأثیر معنی‌داری بر احتمال پذیرش تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی دارند و بقیه متغیرها از لحاظ آماری

نتایج الگوی برآورد شده نشان می‌دهد که افرادی که دارای شغلی با درآمد مشخص و دائمی بوده‌اند نسبت به سایر گروه‌های شغلی و افراد بیکار به سبب برخورداری از شرایط اقتصادی مطلوب‌تر، احتمال بیشتری جهت تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی در پارک ملی تندوره خواهند داشت. متغیر میزان مبلغ پیشنهادی افراد مورد مطالعه برای ورودیه جهت استفاده از پارک ملی تندوره دارای تأثیرگذاری منفی و معنی‌داری بر میزان تمایل به پرداخت جهت استفاده از آب‌های معدنی در پارک ملی تندوره داشته است. در واقع این نتیجه بازگو کننده این مطلب است که با افزایش میزان مبالغ پیشنهادی از سوی افراد بازدیدکننده از پارک ملی تندوره، احتمال میزان تمایل به پرداخت برای استفاده از آب‌های معدنی در

بی‌معنی هستند.

مقدار عددی کشش کل بدست آمده برای متغیر درآمد خانوار نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی درآمد خانوار، میزان تمایل به پرداخت افراد بازدید کننده از پارک ملی تندوره به اندازه ۰/۰۲۳ درصد کاهش یافته است.

اثر نهایی برای متغیر درآمد بیانگر این است که یک واحد (ده هزار ریال) افزایش در درآمد افراد بازدید کننده منجر به $10^{-9} \times 0.62$ واحد کاهش در احتمال تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره می‌شود. همچنین اثر نهایی برای متغیر سن نشان می‌دهد

که یک واحد افزایش در سن پاسخ‌دهندگان موجب 0.00054 واحد افزایش در احتمال تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره می‌شود. اثر نهایی متغیر تعداد افراد خانوار نشان می‌دهد که با یک واحد افزایش در تعداد افراد خانوار، احتمال تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره به میزان 0.0087 واحد افزایش می‌یابد. اثر نهایی متغیر مبلغ پیشنهادی نیز نشان می‌دهد که با افزایش یک واحدی در مبلغ پیشنهادی بازدیدکنندگان، احتمال پذیرش برای تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره به میزان $10^{-5} \times 0.68$ واحد کاهش می‌یابد.

جدول ۶- تعیین‌کننده‌های تمایل به پرداخت برای آب‌های معدنی پارک ملی تندوره
Table 6- Determinants of willingness to pay to mineral waters of Tandoreh National Park

متغیر Variable	کشش Elasticity		اثر نهایی Marginal effect	آماره t t-statistic	ضرایب Coefficient
	میانگین Mean	کل Aggregate			
ضریب ثابت Constant	-	-		1.98*	0.569
سن (X_1) Age	0.020	0.11	0.00054	0.75 ^{ns}	0.020
تحصیلات (X_2) Education	-0.072	-0.413	-0.022	-3.19*	-0.849
درآمد (X_3) Income	-0.0038	-0.023	$10^{-9} \times -0.62$	-1.93*	$-10^{-7} \times 0.23$
جنسیت (X_4) Sex	-0.012	-0.082	-0.015	-1.13 ^{ns}	-0.679
تعداد افراد خانوار (X_5) Family number	0.029	0.166	0.0087	1.90*	0.331
مبلغ پیشنهادی (X_6) Bid amount	-0.101	-0.128	$-10^{-5} \times 0.68$	-4.14*	$10^{-3} \times -0.26$
شغل (X_7) Job	0.019	0.093	0.0064	1.55 ^{ns}	0.243
Likelihood ratio (LR) test				65.44*	
آزمون نسبت احتمال Maddala R^2				0.365	
ضریب مدالا McFadden R^2				0.389	
ضریب مک فادن Chow R^2				0.433	
ضریب چو Percentage of right predictions				0.720	
درصد پیش بینی های درست					

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns} بی‌معنی

*: Significant at 5 percent probability level and ns: Non- significant

۵- شکار

بر اساس نتایج برآورد (جدول ۷)، متغیرهای تحصیلات، درآمد، جنسیت و مبلغ پیشنهادی برای پرداخت به عنوان ورودیه پارک ملی تندوره بر احتمال تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره تأثیر منفی می‌گذارند. از سوی دیگر سن، تعداد افراد خانوار و شغل بر احتمال پذیرش پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره تأثیر مثبت دارند. متغیر سن از جمله متغیرهایی است که بر احتمال پذیرش پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره تأثیر منفی (اما به لحاظ آماری بی‌معنی) دارد. این نتیجه بازگوکننده این مطلب است که افراد مسن تر تمایل کمتری به حفاظت از محیط زیست داشته و جهت دستیابی به تفریحات و رضایتمندی بالاتر از بازدید از پارک ملی تندوره، تمایل به پرداخت بیشتری برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره خواهند داشت. نکته حائز اهمیت در رابطه با متغیرهای بی‌معنی آن است که بی‌معنی شدن متغیرها دال بر بی‌تأثیر بودن آن‌ها بر احتمال تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره نبوده و صرفاً بر این نکته دلالت دارد که شواهد و قرائن کافی از بعد داده‌ها برای رد فرضیه صفر (یعنی صفر بودن ضرایب) وجود ندارد. آماره درصد صحت پیش‌بینی شده برابر ۸۰ درصد است که نشان دهنده توان بالای الگوی برآورد شده در پیش‌بینی متغیر وابسته است. آماره درصد صحت پیش‌بینی شده برابر ۸۰ درصد است که نشان دهنده توان بالای الگوی برآورد شده در پیش‌بینی متغیر وابسته است.

علامت ضریب متغیر تحصیلات منفی و به لحاظ آماری معنی‌دار است این نوع تأثیرگذاری نشان می‌دهد که با افزایش سطح تحصیلات افراد، دیدگاه آنها نسبت به منافع محیط‌زیست و طبیعت مثبت‌تر و میزان آگاهی آنها نسبت به مواهب زیستی بیشتر می‌شود، به همین دلیل تمایل آنها نسبت به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره کمتر می‌شود. نتایج برآورد الگو نشان می‌دهد که افرادی که دارای شغلی با درآمد مشخص و دائمی بوده‌اند نسبت به سایر گروه‌های شغلی و افراد بیکار دارای احتمال بیشتری برای تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره می‌باشند. با افزایش میزان مبلغ پیشنهادی بازدیدکنندگان، احتمال تمایل به پرداخت آنها برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره کاهش یافته است. یعنی آن دسته از افرادی که میزان پرداخت بیشتری را جهت شکار پرندگان پارک ملی تندوره پیشنهاد نموده‌اند احتمال کمتری جهت پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره خواهند داشت.

متغیر درآمد ماهیانه خانوار دارای تأثیرگذاری منفی بر احتمال تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره داشته است. این نتیجه نشان می‌دهد که افراد با درآمد بالاتر، میزان تمایل به پرداخت کمتری برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره خواهند داشت

و در واقع این دسته از افراد در بازدیدهای خود از پارک ملی تندوره به تفریحات دیگر آن توجه بیشتری داشته‌اند. خانوارهایی که دارای ابعاد بزرگتری هستند (دارای تعداد افراد خانوار بالاتر)، تمایل به پرداخت بیشتری برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره خواهند داشت. زیرا این دسته از خانوارها به علت ابعاد بزرگتر و تعداد بیشتر افراد خانوار، در تفریح از مناطق گردشگری و پارک‌های طبیعی سعی می‌نمایند که از برخی از تفریحاتی که دارای هزینه کمتری می‌باشند استفاده نمایند. از بین متغیرهای ارائه شده تنها ۳ متغیر تحصیلات، درآمد و مبلغ پیشنهادی دارای تأثیرگذاری معنی‌داری بر تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره دارند و بقیه متغیرها از این لحاظ بی‌معنی هستند.

کشش کل محاسبه شده متغیر درآمد خانوار نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی درآمد خانوار، میزان تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره به اندازه ۰/۰۱۱ درصد کاهش خواهد یافت. اثر نهایی برای متغیر درآمد خانوار بیانگر این است که یک واحد (ده هزار ریال) افزایش در درآمد ماهیانه خانوار منجر به $10 \times 0/11$ واحد کاهش در احتمال تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره می‌شود. اثر نهایی متغیر سن نشان می‌دهد که یک واحد افزایش در سن پاسخ‌دهندگان موجب $0/065$ واحد افزایش در احتمال تمایل به پرداخت بازدیدکنندگان برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره می‌شود. اثر نهایی متغیر تعداد افراد خانوار نشان می‌دهد که با افزایش یک واحدی در تعداد افراد خانوار احتمال تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره به میزان $0/18$ واحد افزایش می‌یابد. مقدار عددی مربوط به اثر نهایی متغیر مبلغ پیشنهادی بازدیدکنندگان پارک ملی تندوره نشان می‌دهد که با افزایش یک واحدی در میزان مبلغ پیشنهادی بازدیدکنندگان، میزان تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان پارک ملی تندوره به میزان $10^{-6} \times 0/31$ واحد کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اگرچه برخی از برآوردهای مربوط به تمایل به پرداخت با مطالعات داخلی سازگاری نسبی دارد اما به دلیل عدم تطابق محیط مطالعه مقایسه‌ها منطقی نمی‌باشد اما به جهت نوع تأثیرگذاری متغیرها بر روی میزان تمایل به پرداخت‌ها سازگاری با مطالعات داخلی و خارجی وجود دارد. با توجه به یافته‌های این مطالعه استفاده از تمایل به پرداخت‌ها برای ایجاد ورودیه برای پارک ملی تندوره هم به جهت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مورد نیاز گردشگران و هم استفاده از پرداخت‌ها برای حفاظت از این پارک (در محیط محدود مشخص شده) باید مورد توجه سیاست‌گذاران محیط زیست قرار گیرد.

جدول ۷- تعیین کننده‌های تمایل به پرداخت برای شکار پرندگان در پارک ملی تندوره

Table 7- Determinants of willingness to pay to birds' hunt in Tandoreh National Park

متغیر Variable	کشش Elasticity		اثر نهایی Marginal effect	آماره t t-statistic	ضرایب Coefficient
	میانگین Mean	کل Aggregate			
ضریب ثابت Constant	-	-		-2.34 *	-0.422
سن (X_1) Age	0.431	0.403	0.0065	1.2 5 ^{ns}	0.026
تحصیلات (X_2) Education	-0.290	-0.271	-0.051	-1.98*	-0.208
درآمد (X_3) Income	-0.012	-0.011	$10^{-8} \times -0.11$	-2.24*	$-10^{-8} \times 0.46$
جنسیت (X_4) Sex	-0.127	-0.122	-0.101	-1.13 ^{ns}	-0.411
تعداد افراد خانوار (X_5) Family number	0.108	0.101	0.018	1.46 ^{ns}	0.075
مبلغ پیشنهادی (X_6) Bid amount	-0.0079	-0.0075	$-10^{-6} \times 0.31$	-2.78*	$10^{-5} \times -0.12$
شغل (X_7) Job	0.172	0.158	0.031	1.67 ^{ns}	0.129
Likelihood ratio (LR) test					32.70 *
آزمون نسبت احتمال Maddala R ²					0.65
ضریب مدالا McFadden R ²					0.49
ضریب مک فادن Chow R ²					0.64
ضریب چو Percentage of right predictions					0.80
درصد پیش بینی های درست					

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: بی‌معنی

*: Significant at 5 percent probability level and ns: Non- significant

سپاسگزاری

دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهش شماره ۱۶۷۹۴/۲ مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۰۶ توسط معاونت محترم پژوهشی

- Akbari, N.A., and Jamshidi, N. 2004. The study of domestic tourists willingness to pay for resident in camp. *Economic Researches Journal* 35: 107-130.
- Amirnejad, H., and Khalilian, S. 2006. Estimating the existing value of Iran's North forests using contingent valuation method. *Agricultural Sciences and Natural Resources Journal* 2: 144-153. (In Persian with English Summary)
- Amirnejad, H., Khalilian, S., and Asareh, M.H. 2006. Determine the recreation and conservation value of Sisangan forest park of Noshahr using willingness to pay. *Quarterly Journal of Pajohesh and Sazandegi in Natural Resources* 72: 15-24. (In Persian with English Summary)
- Asgari, A., and Mehregan, N. 2001. Estimating the willingness to pay of visitors of cultural-historical heritage using CV method: Case study Hamedans' Ganjnameh. *Quarterly Journal of Economics Researches* 2: 93-115.
- Cochran, W.G. 1967. *Sampling Techniques*. New York: John Wiley.
- Garrod, G., and Willis, K. 1997. The recreational value of tropical forests in Malaysia. *Journal of World Forest Resource Management* 8: 183-201.
- Ghorbani, M., and Firoozzare, A. 2008. *Introduction to environment valuation*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Ghorbani, M., and Koocheki, A. 2009. Economic- ecological valuation of Tandoreh National Park. Research Project of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)
- Ghorbani, M., and Sadeghi Lotfabadi, S. 2010. Determinants of willingness to pay and tourism value of National park: Case study Tandoreh National Park. *Agricultural Economics and Development Journal* 24: 425-432.
- Kavianpour, K., and Esmaeeli, A. 2002. Recreation valuation (economic) of Sisangan forest park. *Journal of Pajohesh and Sazandegi in Natural Resources* 15: 90-95. (In Persian with English Summary)
- Khorshiddost, A.M. 2004. Application of contingent valuation method to estimate the willingness to pay to Tabriz environment conservation. *Environment Journal* 36: 13-20.
- Kristrom, B. 1999. *Valuing forests*. Stockholm: MBG press, St Louis, Sweden.
- Kuosmanen, T., and Kortelainen, M. 2007. Methods valuing environmental factors in cost-benefit analysis using data envelopment analysis. *Ecological Economics* 62: 56-65.
- Loomis, J.B., and Gonzales-Cabon, A. 1998. A willingness to pay function for protecting acres of spotted Owl habitat from fire. *Ecological Economics* 25: 315-322.
- Maille, P., and Mendelsohn, R. 1991. *Valuing ecotourism in Madagascar*. New Haven: Yale school of Forestry. Mimeo.
- Sattout, E.J., Talhouk, S.N., and Caligari, P.D.S. 2000. Analysis economic value of cedar relics in Lebanon: An application of contingent valuation method for conservation. *Ecological Economics* 61: 315-322.
- Shrestha, R.K., Seidl, A.F., and Moraes, A.S. 2002. Value of recreational fishing in Brazilian Pantanal: a Travel cost analysis using count data models. *Ecological Economics* 42: 289-299.



Measuring Willingness to Pay for Economic and Ecological Services in Tandooreh National Park

M. Ghorbani¹, A. Koocheki^{2*} and M. Rajab zade³

Submitted: 22-12-2013

Accepted: 06-04-2014

Ghorbani, M., Koocheki, A., and Rajab zade. M. 2019. Measuring Willingness to pay for economic and ecological services in Tandooreh national park. Journal of Agroecology. 10(4):1007-1021.

Introduction

National parks are particularly important in terms of conservation of genetic pools and providing different economic and ecological services and goods. Evaluation of economic values of these services gives insight to policy makers for better understanding of the importance of these assets. Today evaluation of ecosystems services and goods is given momentum in the context of ecological economics worldwide. Besides other important services provided by the natural resources such as national parks including genetic conservation, soil protection, enhancement of hydrologic cycle, carbon sequestration and mitigation of climate change, outdoor recreation is an important service which mostly demanded by urban population of big cities. Different methods can be applied for evaluation of these services. In this case it has been observed that in Tabriz, each individual is willing to pay 41140 Rials (Rls) for protection of environment. It is also reported that for recreation purposes each family was willing to pay 20000 Rls per night to be allowed to camp in a natural environment. It was shown in an evaluation that for recreation in northern forest areas, 65.8 percent of the people were willing to pay a reasonable sum of money which was 15153 Rls per month to entry. Estimated recreational value of Sisangan National Park is 52.235 million Rls per day. In another study it was observed that willingness to pay for visitors of the same park was 2477 Rls for each visit. Protecting value and also recreational value of this park was estimated to be 5.8 and 2.5 million Rls per hectare, respectively. There are numerous studies on this issue in other countries. As an example, Maille & Mendelsohn (1991) estimated recreational values of Madagascar forests to be 360 to 468 dollars per hectare. Tandooreh National Park is located in a mountains area of Khorasan Razavi with an area of 37800 hectares. It is a part of Harirood and Khashafrood rivers catchment and sub-catchment of Daroongar River.

Materials and Methods

In this study, contingent valuation method was used. This method is normally used for none consumable and none marketable of natural and environmental goods and willingness to pay of individuals under an assumed market is assessed. For assessing willingness to pay, Double-Bounded dichotomous questionnaire method was used.

Results and Discussion

In our study the aim of 77.1 percent of the interviewed persons visited the park for recreation and 22.9 percent was for other purposes. From the total of 144 samples, 18.1 percent replied that the purpose of visiting the park is clean air and a favorable environment, 6.9 percent to collect medicinal plants, forage and other special plants, 13.9 percent for animal watching and hunting birds, 4.2 percent for use of mineral water and 56.9 percent for all services mentioned. The average number of days that a family stayed was 1.56 and total coast of travelling was 397375 Rls for each family. The amount of money willing to pay per month for each family household was 7098.2 Rls for recreation and 241819.5 for mineral water, 74062.5 for hunting, 15013.9 for forage and 14402.1 Rls for medicinal plants.

1- Professor of Department of Economic, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Professor of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

3- Factualy member, Kheradgarayan mottahar Higher Education Institute.

(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.29972

Willingness to pay for hunting was rather higher than other services and for recreational willingness to pay this was the lowest.

Conclusion

Willingness to pay is a tool to evaluate the economic and ecological benefits of the natural environment. This was apply to the present study and the results showed that most of the visitors are willing to pay a sum of money based on their purpose of the visit either for recreation or collection of plants or even bird hunting, the latter seems to be more attractive to some individuals.

Acknowledgement

This research (16794.2) was funded by vice chancellor for research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Elasticity, National park, Value, Willingness to pay



ردپای اکولوژیکی غذا در ایران

علیرضا کوچکی^{۱*}، مهدی نصیری محلاتی^۱ و سرور خرم‌دل^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و خرم‌دل، س. ۱۳۹۷. ردپای اکولوژیکی غذا در ایران. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۲۳-۱۰۳۴.

چکیده

طی دو دهه گذشته تعیین ردپای اکولوژیکی و استفاده از آن در ارزیابی پایداری بوم‌نظام‌ها مورد توجه محققین قرار گرفته است. از آنجا که، اطلاعات محدودی در مورد ردپای اکولوژیکی ایران و اجزای آن در اختیار می‌باشد، در این پژوهش وضعیت تولید و مصرف گروه‌های مختلف مواد غذایی و ردپای اکولوژیکی غذای کشور بررسی و با سایر کشورها مقایسه شده است. نتایج نشان داد که میزان کل تولید و مصرف مواد غذایی کشور در سال ۹۲-۱۳۹۱ به ترتیب ۸۹/۵ و ۹۴/۶ میلیون تن و نسبت این دو مقدار با ضریب خودکفایی غذایی معادل ۰/۸۷ بوده است. ضریب خودکفایی برای غلات، دانه‌های روغنی و گیاهان قندی به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۱۲ و ۰/۴۸ بدست آمد که حاکی از وابستگی این محصولات به واردات است و در مقابل تولید سبزی و میوه‌جات بیشتر از مصرف بود و در مورد سایر گروه‌های غذایی نوعی تعادل بین تولید مصرف وجود داشت. ردپای اکولوژیکی غذای کشور براساس هکتار جهانی هکتار جهانی بر نفر ۰/۸۸ و بر اساس هکتار محلی، هکتار محلی بر نفر ۱/۰۴ برآورد شد و این تفاوت به دلیل کارایی کمتر نظام تولید غلات و گوشت و لبنیات کشور نسبت به میانگین جهانی این محصولات می‌باشد. حدود ۴۸ درصد از ردپای غذای کشور مربوط به گوشت و لبنیات و ۳۳ درصد آن نیز مربوط به غلات بود. بر اساس یافته‌های این تحقیق ردپای غذا در ایران بزرگتر از ردپای غذا در قاره آسیا (هکتار جهانی بر نفر ۰/۷) و تقریباً معادل میانگین جهانی آن (هکتار جهانی بر نفر ۰/۹) می‌باشد. بعلاوه مقدار ردپای غذای کشور در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ با ۷۶ درصد افزایش از ۰/۵ به هکتار جهانی بر نفر ۰/۸۸ رسیده و تداوم این روند در آینده پیامدهای زیست‌محیطی جدی به همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، ردپای غذا، ضریب خودکفایی، هکتار محلی

مقدمه

ردپای اکولوژیکی^۲ که مفهوم آن نخستین بار توسط ریس (Rees, 1992) ارائه و در ادامه بوسیله واکرناگل و ریس (Rees, 1996) کامل گردید نوعی شاخص کمی است که مساحت زمین لازم برای تأمین نیازها و دفع ضایعات توسط افراد یک جمعیت را که در قلمرو جغرافیایی مشخصی زندگی می‌کنند توصیف می‌کند. این شاخص در واقع عکس ظرفیت نگهداری^۳ است، بنابه تعریف، ظرفیت نگهداری عبارتست از حداکثر جمعیتی که یک محدوده

جغرافیایی معین می‌تواند در خود نگهداری کند و بر حسب «تعداد افراد در هکتار» برآورد می‌شود، در حالی که ردپای اکولوژیکی مساحت لازم برای حفظ کارکرد طبیعی هر یک از افراد جمعیت بوده و بر حسب «هکتار بر نفر» توصیف می‌گردد (Rees, 1996). ردپای اکولوژیکی را بسته به هدف مطالعه می‌توان برای یک فرد، جمعیتی از افراد (شهر)، یک استان، یک کشور و یا کل جهان محاسبه کرد. جهت تأمین غذا و خدمات برای افراد جمعیت به انواع مختلفی از اراضی (برای مثال، زمین زراعی، جنگل یا مرتع) نیاز است. بدیهی است که قابلیت تولید انواع اراضی مشابه هم نبوده و عبارت دیگر، تولید سالانه یک هکتار زمین زراعی معادل یک هکتار مرتع نمی‌باشد. بنابراین، برای توصیف کل مساحت مورد نیاز برای هر فرد، لازم است تا مساحت اراضی مختلف با یکدیگر معادل‌سازی شوند. به این منظور ردپای اکولوژیکی بر حسب واحدی موسوم به هکتار جهانی بیان می‌شود (Rees, 1992). بنا به تعریف، یک هکتار جهانی مساحتی

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*)- نویسنده مسئول: akooch@um.ac.ir

DOI:10.22067/jag.v10i4.40518

2- Ecological foot print

3- Carrying capacity

اکولوژیکی شهرهای تهران (Sassanpour, 2006)، کرمانشاه (Gharakhloo et al., 2013) و منطقه الهیه در تهران (Samadpour, 2006) اشاره کرد. تنها مورد قابل اشاره در مقیاس ملی پژوهشی است که توسط عربی یزدی و همکاران (Arabi Yazdi et al., 2009) جهت محاسبه ردپای اکولوژیکی آب در کشاورزی ایران اجرا شده است. این تحقیق که عمدتاً بر محاسبه میزان آب مجازی برای محصولات زراعی مختلف تأکید دارد، سرانه مصرف آب را به عنوان شاخصی از ردپای آب مورد بررسی قرار داده است.

در منابع علمی مرتبط با ردپای اکولوژیکی به ردپای تولید محصولات کشاورزی اصطلاحاً ردپای غذا^۱ گفته می‌شود که شامل مساحت لازم برای تأمین غذای افراد یک جمعیت (بدون در نظر گرفتن انرژی مصرفی در فرآوری و حمل و نقل مواد غذایی) می‌باشد (Collins & Fairchild, 2007). با توجه به اهمیت موضوع، ردپای غذا در کشورهای مختلف از جمله کانادا (Kissinger, 2013)، چین (Chen et al., 2010) و اسکاتلند (Frey & Barrett, 2007) مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این تحقیق ارزیابی وضعیت تولید و مصرف گروه‌های مختلف مواد غذایی و محاسبه ردپای اکولوژیکی غذا در ایران، مقایسه آن با سایر کشورها و ارزیابی وضعیت پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور بر اساس این شاخص می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات: برای محاسبه ردپای اکولوژیکی به حجم زیادی از داده‌ها در مورد میزان مصرف و ضایعات حاصل از تولید مواد غذایی نیاز است. به این منظور اطلاعات مربوط به میزان مصرف سرانه انواع مواد غذایی شامل غلات، روغن، حبوبات، شیر و لبنیات، گوشت و سایر گروه‌های مواد غذایی از منابع اطلاعاتی (وزارت جهاد کشاورزی، وزارت بازرگانی و معاونت برنامه‌ریزی استانداری) و نیز آمار و اسناد انتشار یافته در بانک‌های اطلاعاتی کشور جمع‌آوری شد. به علاوه داده‌های مربوط به صادرات و واردات هر یک از گروه‌های مواد غذایی نیز تهیه گردید.

محاسبه ردپای اکولوژیکی چارچوبی مشخص و استاندارد داشته (Kitzes et al., 2009; Wackernagel et al., 2004) و به ترتیب زیر انجام شد:

محاسبه میزان مصرف هر یک از انواع مواد غذایی: میزان مصرف هر گروه از محصولات غذایی برابر است با مقدار تولید داخلی به علاوه واردات، منهای صادرات آن محصول (معادله ۱):

$$C_i = P_i + I_i - E_i \quad (\text{معادله } ۱)$$

است که قابلیت تولید آن معادل میانگین تولید در اراضی که دارای توان زیستی در جهان هستند باشد (Wackernagel et al., 2004). در عمل میانگین تولید در یک هکتار جهانی معادل یک در نظر گرفته شده و انواع اراضی نسبت به این مقدار سنجیده می‌شوند (Wiedmann & Lenzen, 2007).

در طی دو دهه گذشته محققین تلاش گسترده‌ای را برای محاسبه ردپای اکولوژیکی برای شهرها و کشورهای مختلف جهان آغاز کرده‌اند تا از این طریق درجه پایداری بوم‌نظام‌ها بصورت کمی ارزیابی شده و راهکارهای مدیریتی برای بهبود وضعیت آنها ارائه شود (Huang et al., 2007; Sanderson et al., 2002). بطور کلی بر اساس آخرین برآوردها سرانه ردپای قاره آفریقا ۱/۲، آمریکای شمالی ۹/۲، اروپای شمالی ۵/۴، خاورمیانه ۲/۱ و میانگین کره زمین ۲/۲ هکتار جهانی می‌باشد (WWF, 2012). این نوع اطلاعات که توسط مؤسسات بین‌المللی ارائه می‌شود وضعیت کلی جهان را بازگو می‌کند، ولی در عین حال مطالعاتی برای محاسبه ردپای اکولوژیکی در مناطق مختلف جهان و در مقیاس‌های مختلف انجام شده است تا علاوه بر بهبود روش‌های محاسباتی جهت کاربردهای منطقه‌ای، معیار دقیق‌تری از وضعیت پایداری بوم‌نظام‌ها بدست آید (Stoglehner, 2003; van Vuuren & Bouwman, 2005). سیچ و همکاران (Siche et al., 2009) ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی کشور پرو را محاسبه و با مقادیر گزارش شده توسط سازمان‌های بین‌المللی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که اگرچه ردپای محاسبه شده با برآوردهای جهانی قابل مقایسه است، ولی ظرفیت زیستی واقعی پرو به مراتب بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده توسط مؤسسات بین‌المللی می‌باشد. آرا بیگم و همکاران (Ara Begum et al., 2009) نیز نشان دادند که ردپای اکولوژیکی کشور مالزی با برآوردهای انجام شده توسط شبکه‌های جهانی تفاوت دارد و این تفاوت ناشی از نوع داده‌های مورد استفاده و روش محاسبات می‌باشد. نتایج مشابهی در مورد مغایرت ردپای واقعی کشور استرالیا با پیش‌بینی‌های جهانی توسط لنزن و موری (Lenzen & Murray, 2001) گزارش شده است. این بررسی‌ها ضرورت انجام مطالعات در مقیاس ملی را آشکار ساخته و بر همین اساس کیتزس و همکاران (Kitzes et al., 2009) در بررسی جامعی دستور کار عمومی برای اصلاح و بهبود محاسبات ردپای اکولوژیکی در مقیاس ملی را ارائه کردند.

با وجودی که سابقه مطالعات مربوط به ردپای اکولوژیکی در جهان به بیش از ۳۰ سال پیش می‌رسد، تا کنون تحقیق جامعی در مقیاس ملی درباره محاسبه این شاخص و استفاده از آن برای ارزیابی‌های اکولوژیکی در ایران انجام نشده است. این وضعیت خود تأکیدی بر ضرورت اجرای این نوع پژوهش‌ها در کشور است. در واقع، اغلب مطالعات انجام شده در کشور در مقیاس کوچک (شهر یا نواحی شهری) می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به محاسبه ردپای

نفر با تقسیم کردن EF بر جمعیت کشور (N) محاسبه شد (معادله ۵):

$$ef = \frac{EF}{N} \quad \text{(معادله ۵)}$$

جدول ۱- ضرایب معادل مربوط به انواع مختلف کاربری اراضی جهت

تبدیل ردپا به واحد هکتار جهانی

Table 1- Equivalence factor for different land uses for calculation of ecological footprint in Global hectares

نوع کاربری زمین Type of land use	ضریب معادل (هکتار/هکتار جهانی) Equivalence factor (Gha/ha)
اراضی زراعی حاشیه‌ای Marginal croplands	1.80
اراضی زراعی اصلی Major croplands	2.20
جنگل‌ها Forests	1.40
مراتع Rangelands	0.48
آب‌های ماهیگیری Fishery ground	0.36
اراضی ساخت و ساز Built up lands	2.20

منبع: هایلز و همکاران (Hails et al., 2006)

(Source: Hails et al., 2006)

لازم به ذکر است که ردپای گوشت و شیر بر اساس میزان علوفه مصرفی در تولید این محصولات و مساحت اراضی لازم برای این منظور محاسبه شد. منابع اصلی تغلیف دام و طیور کشور مراتع، جو، ذرت (علوفه‌ای و دانه‌ای)، بقولات علوفه‌ای و کنسانتره‌های دامی می‌باشند. مقدار مصرف هر یک از انواع علوفه به وسیله ضرایب تبدیل استاندارد که به نوع دام و محصول بستگی دارند، به میزان گوشت و شیر تولید شده تبدیل شد.

نتایج و بحث

تولید و مصرف مواد غذایی

بطور کلی، در سال ۹۲-۱۳۹۱ در حدود ۸۹/۵ میلیون تن مواد غذایی در کشور تولید و بالغ بر ۹۴/۶ میلیون تن غذا مصرف شده است. توزیع تولید و مصرف بین گروه‌های مختلف مواد غذایی نشان داد که بجز روغن، قند و شکر و غلات که میزان مصرف آنها در کشور بیشتر از تولید می‌باشد، در سایر گروه‌های مواد غذایی بین تولید و مصرف تعادل برقرار بوده و در مورد میوه، سبزیجات و تا حدودی لبنیات، مازاد تولید نیز مشاهده می‌شود (شکل ۱).

که در آن، C_i : میزان مصرف ماده غذایی i ، و I_i ، Y_i و E_i : به ترتیب میزان تولید، واردات و صادرات آن ماده غذایی (بر حسب تن) می‌باشند.

محاسبه مساحت لازم یا ردپا برای هر نوع محصول غذایی:

$$A_i = \frac{C_i}{Y_i} \quad \text{(معادله ۲)}$$

که در آن، A_i : مساحت لازم برای محصول i (هکتار)، C_i : میزان مصرف محصول i (تن) و Y_i : میانگین جهانی عملکرد محصول i (تن در هکتار) می‌باشد.

تبدیل مساحت به هکتار جهانی: مواد غذایی مختلف از انواع

زمین‌های زراعی تأمین می‌شوند، برای مثال، تولید لبنیات یا گوشت علاوه بر اراضی مرتعی، برای تولید خوراک دام به زمین‌های زراعی نیز نیاز دارد، در حالی که تولید غلات تنها در زمین‌های زراعی انجام می‌شود. بدیهی است که قابلیت تولید اراضی مختلف با هم یکسان نبوده و در نتیجه مساحت آنها قابل مقایسه نمی‌باشد. برای رفع این مشکل، مساحت محاسبه شده برای هر نوع محصول باید به واحد هکتار جهانی تبدیل شود. این عمل یعنی معادل‌سازی مساحت اراضی با استفاده از ضرایب معادل $^{(fe)}$ مربوط به هر نوع کاربری زمین انجام می‌شود، مقدار این ضرایب در جدول ۱ ارائه شده است (Hails et al., 2006). برای مثال، ضریب تبدیل برای اراضی زراعی ۲/۲ و برای اراضی مرتعی ۰/۴۸ هکتار جهانی بر هکتار می‌باشد. بنابراین، هر هکتار زمین زراعی معادل ۲/۲ هکتار جهانی و هر هکتار مرتع معادل ۰/۴۸ هکتار جهانی است. این ضرایب با توجه به ظرفیت تولید انواع اراضی ثابت نبوده و در طی زمان تغییر می‌کند، مقادیر استاندارد ضرایب تبدیل توسط شبکه جهانی ردپای اکولوژیکی گزارش می‌شود. به این ترتیب، با استفاده از این ضرایب تبدیل ردپای اکولوژیکی هر محصول (ef_i) بر حسب هکتار جهانی از معادله (۳) محاسبه شد (Kitzes & Wackernagel, 2009):

$$ef_i = A_i \times f_{e,i} \quad \text{(معادله ۳)}$$

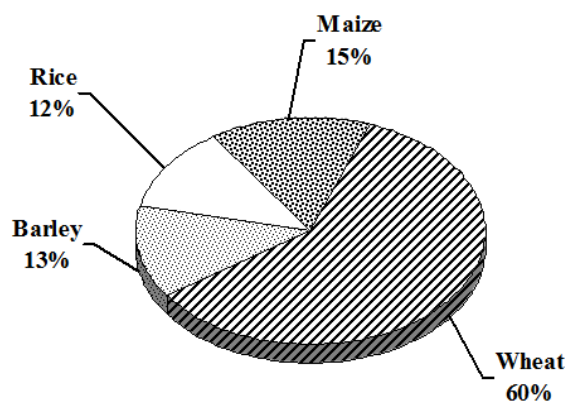
که در آن، $f_{e,i}$: ضریب تبدیل محصول i (هکتار جهانی بر هکتار) و A_i : مساحت لازم برای تأمین نیاز مصرف محصول i (معادله ۲) می‌باشند.

محاسبه ردپای اکولوژیکی: در نهایت، ردپای اکولوژیکی (EF)

برای کل مواد غذایی بر حسب هکتار جهانی از معادله (۴) بدست آمد:

$$EF = \sum_{i=1}^n ef_i \quad \text{(معادله ۴)}$$

ردپای اکولوژیکی سرانه (ef) بر حسب هکتار جهانی به ازای هر

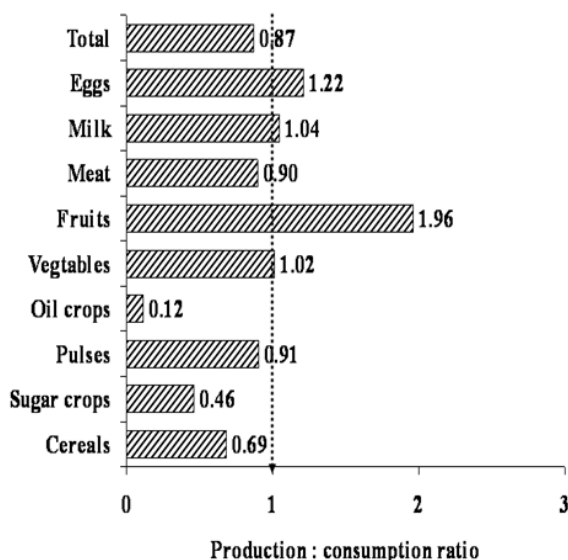


شکل ۲- توزیع درصد محصولات مختلف در میزان کل مصرف غلات کشور بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۱-۹۲

Fig. 2- Contribution of different species in total consumption of cereals in Iran, calculated based on 2012-2013 data

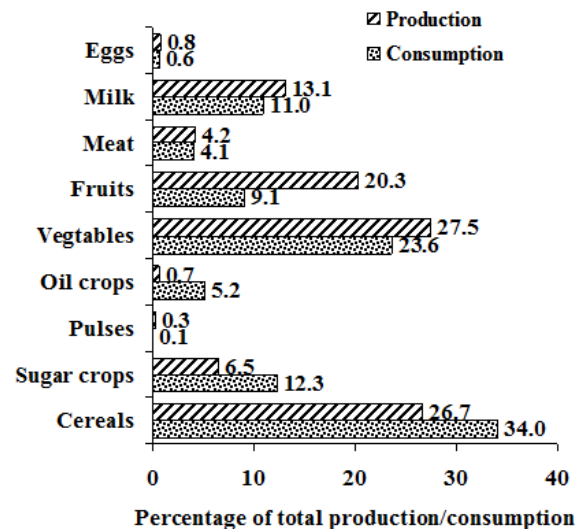
وضعیت خودکفایی

نسبت مقدار تولید سالانه به مصرف سالانه مواد غذایی به عنوان ضریب خودکفایی برای گروه‌های مختلف محصولات در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- نسبت میزان تولید به مصرف یا ضریب خودکفایی برای گروه‌های مختلف مواد غذایی در کشور که بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۱-۹۲ محاسبه شده است.

Fig. 3- Production: consumption ratio (self sufficiency coefficient) for different food stuffs in Iran, calculated based on 2012-2013 data.



شکل ۱- سهم هر یک از گروه‌های مواد غذایی در میزان کل تولید و مصرف غذا در کشور که بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۱-۹۲ محاسبه شده است.

Fig. 1- Contribution of different food stuffs in total food production and consumption in Iran, calculated based on 2012-2013 data.

نتایج نشان داد که در حدود ۱۲ درصد از کل مصرف کشور مربوط به روغن است، در حالی که محصولات زراعی روغنی تنها ۰/۷ درصد از کل تولید کشور را شامل می‌شوند، بنابراین، بخش بسیار بزرگی از مصرف آن از طریق واردات تأمین می‌شود و از این لحاظ گیاهان قندی و غلات در رده‌های بعدی قرار دارند (شکل ۱). در مقابل میوه‌جات در حدود ۲۰ درصد از کل تولید کشور را به خود اختصاص داده‌اند، در حالی که نه درصد از کل میزان مصرف مربوط به این گروه بوده و مازاد آن صادر شده است.

گوشت و لبنیات به عنوان منابع اصلی پروتئین در حدود ۱۵ درصد از کل غذای مصرفی در کشور را شامل می‌شوند، در حالی که سهم غلات از کل مصرف ۳۴ درصد است، این تفاوت نشان می‌دهد که در حال حاضر غلات مهمترین جزء رژیم غذایی مردم ایران می‌باشند. یادآوری می‌شود که در محاسبات گندم و برنج که به ترتیب ۶۱ و ۱۲ درصد میزان مصرف را شامل می‌شوند (شکل ۲). همراه با ۵ درصد از محصول ذرت و جو به عنوان غلات با مصرف مستقیم در نظر گرفته شده و باقیمانده بصورت علوفه در تولید فرآورده‌های دام و طیور منظور شده است.

گروه‌های مختلف داشتند و غلات پس از این گروه در رتبه بعدی قرار گرفت. این دو گروه غذایی در حدود ۸۰ درصد از ردپای غذایی کشور را بخود اختصاص دادند و چنانچه روغن و قند و شکر نیز به آن اضافه شود بالغ بر ۹۰ درصد ردپای غذا را شامل خواهند شد (شکل ۴b).

البته این نتیجه که منابع تأمین پروتئین، کربوهیدرات و چربی بخش اصلی ردپای غذا را در بر می‌گیرند دور از انتظار نبوده و چنین الگویی تقریباً در تمام مناطق جهان مشاهده شده است (Carlsson-Kanyama & Gonzalez, 2009). مقایسه نتایج ارائه شده در شکل‌های ۱ و ۴ نشان می‌دهد با وجودی که سهم غلات در غذای مصرفی کشور بیش از دو برابر گوشت و لبنیات می‌باشد، ولی ردپای منابع پروتئینی بمراتب از غلات بزرگتر بوده و تقریباً نیمی از ردپای غذا (۴۸ درصد) را شامل شده است. این تفاوت در توافق با سایر مطالعات (Chen et al., 2010) نشان می‌دهد که تغییر رژیم غذایی از غلات به مواد پروتئینی، ردپای غذا را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

تفاوت ردپای غذا در بین کشورهای مختلف جهان بسیار زیاد است و همانگونه که انتظار می‌رود بزرگترین مقادیر مربوط به کشورهای با مصرف سرانه بالا بویژه گوشت می‌باشد (Louwagie et al., 2012). در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ میلادی مصرف جهانی انواع گوشت ۵۲ درصد افزایش یافته که بخش عمده آن مربوط به کشورهای در حال توسعه می‌باشد (FAO, 2013) بطوری‌که این افزایش در کشورهای توسعه یافته ۲۵ درصد و در کشورهای در حال توسعه ۱۰۰ درصد گزارش شده است (Rosegrant et al., 2009). بالا رفتن نقاضا برای گوشت باعث خواهد شد که مقدار قابل توجهی از غلات به جای مصرف مستقیم به عنوان علوفه مورد استفاده قرار گیرد. کارایی تبدیل علوفه به گوشت بسته به نوع دام از ۳ تا ۶ متغیر است، یعنی برای تولید هر کیلوگرم گوشت به ۳ تا ۶ کیلوگرم علوفه نیاز است (WWF, 2002). بالا بودن کارایی تبدیل در طیور باعث تقاضای بیشتر برای این نوع گوشت در ۱۲ سال گذشته شده است، بطوری‌که در طی این دوره ۴۰ درصد از افزایش مصرف مربوط به گوشت طیور می‌باشد (FAO, 2004). بنابراین، واضح است که با افزایش تقاضا برای این محصول حتی با بالاترین کارایی تولید نیز، ردپای اکولوژیکی غذا بزرگتر خواهد شد (Louwagie et al., 2012).

مقایسه هکتار جهانی و هکتار محلی

ردپای غذای کشور بر اساس هکتار محلی معادل ۱/۰۴ هکتار بر نفر برآورد شد که در مقایسه با هکتار جهانی (۰/۸۸) تا حدودی بزرگتر است. مقایسه ردپای مجاسبه شده با این دو واحد در بین گروه‌های مختلف مواد غذایی (شکل ۵) نشان داد که این اختلاف عمدتاً به دلیل بزرگتر بودن ردپای گوشت و لبنیات در واحد هکتار

کمترین مقدار این ضریب مربوط به دانه‌های روغنی است، بطوری‌که تولید داخلی تنها ۱۲ درصد از نیازهای مصرفی را تأمین کرده و ۸۸ درصد باقیمانده به واردات وابسته است. در مورد گیاهان قندی و غلات نیز به ترتیب ۵۴ و ۳۱ درصد وابستگی وجود دارد که چندان مطلوب نمی‌باشد. ضریب خودکفایی برای میوه‌جات بسیار بالا و در مورد سایر مواد غذایی در حدود ۱ بدست آمد (شکل ۳) که این موضوع موید تعادل بین تولید و مصرف می‌باشد.

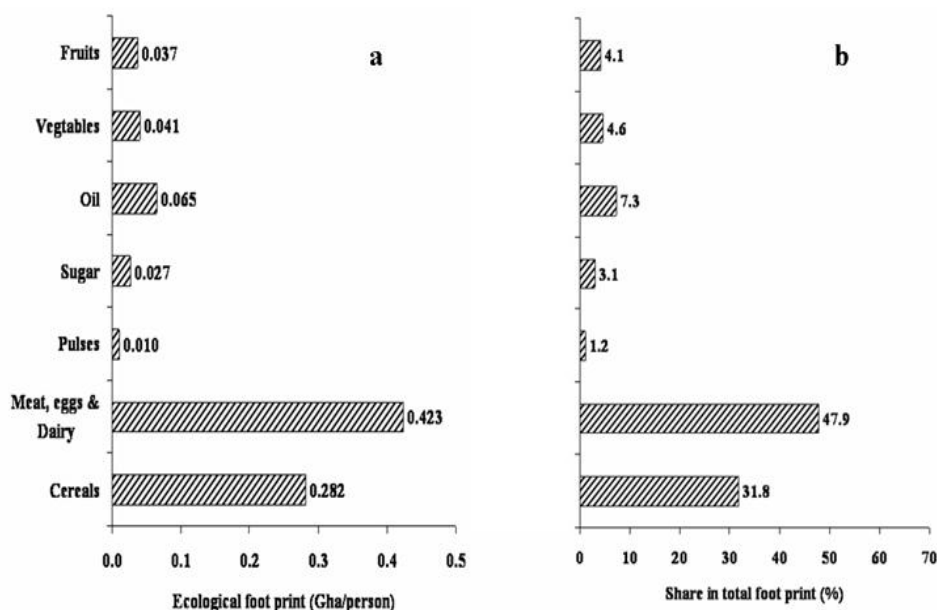
ضریب خودکفایی برای کل محصولات غذایی کشور معادل ۰/۸۷ است که نشان‌دهنده ۱۳ درصد وابستگی است. این سطح از خودکفایی در تولیدات کشاورزی در مقایسه با سایر کشورهای جهان مطلوب و قابل قبول می‌باشد. البته باید توجه داشت که در کشور ما بخش عمده وابستگی غذایی مربوط به منابع تأمین انرژی (چربی و کربوهیدرات‌ها) می‌باشد و برخی برآوردها نشان می‌دهد که در حدود ۵۰ درصد از کالری مورد نیاز کشور به منابع وارداتی وابسته است. برآوردهای سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2013) نشان می‌دهد که میانگین ضریب خودکفایی مواد غذایی در کشورهای توسعه‌یافته ۱/۱۹، در کشورهای در حال توسعه ۰/۷۱ و در آسیا ۰/۸۰ می‌باشد. در مقیاس جهانی اطلاعات محدودی در مورد خودکفایی در گروه‌های مختلف غذایی نظیر آنچه در شکل ۳ ارائه شده در دسترس است. برای مثال، نسبت تولید به مصرف غلات در سال ۲۰۱۰ میلادی در کشورهای توسعه یافته ۱/۲۴ و در کشورهای در حال توسعه ۰/۸۱ بوده (FAO, 2010) که بر اساس یافته‌های این تحقیق (شکل ۳) در حدود ۲۰ درصد بالاتر از ضریب خودکفایی غلات در ایران می‌باشد. البته بنظر می‌رسد که بالا بودن این ضریب در کشورهای در حال توسعه به دلیل منظور کردن چین در این گروه می‌باشد، زیرا چین در طی ۱۰ سال گذشته اولین تولید کننده گندم در جهان بوده است (Chen et al., 2010).

ردپای اکولوژیکی غذا

بر اساس یافته‌های این تحقیق ردپای اکولوژیکی غذای کشور در حال حاضر معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازای هر نفر می‌باشد، لازم به ذکر است که در محاسبه ردپای غذا معمولاً پوشاک (الیاف با منشاء گیاهی یا دامی) و چوب^۱ نیز در نظر گرفته می‌شود که در این پژوهش لحاظ نشده است. البته با توجه به اینکه کشت گیاهان الیافی در ایران بسیار محدود می‌باشد و با احتساب سرانه اندک چوب، می‌توان با منظور کردن الیاف و چوب، ردپای غذا، الیاف و چوب در کشور را ۰/۹ هکتار جهانی بر نفر برآورد کرد.

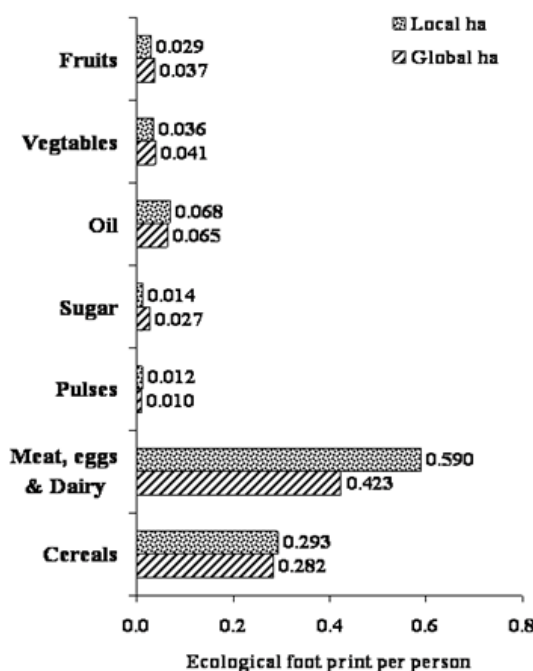
توزیع ردپا بین گروه‌های مختلف غذایی در شکل ۴a ارائه شده است. گوشت، تخم مرغ و لبنیات بزرگترین ردپای غذا را در بین

محلی نسبت به هکتار جهانی ایجاد شده و در مورد سایر گروه‌های غذایی تفاوت چشمگیری بین واحدها وجود ندارد.



شکل ۴- ردپای اکولوژیکی غذای کشور برای گروه‌های مختلف مواد غذایی (a) و توزیع درصدی آن بین گروه‌ها (b) محاسبه شده بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۱-۹۲

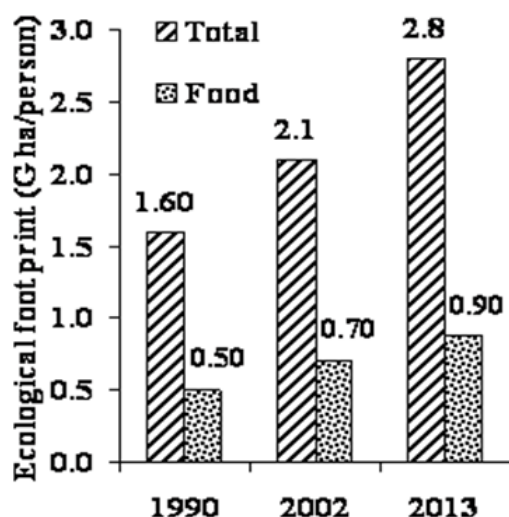
Fig. 4- Ecological footprint of different food stuffs in Iran (a) and contribution of food groups in total footprint (b) calculated based on 2012-2013 data



شکل ۵- مقایسه ردپای اکولوژیکی غذای کشور بر حسب هکتار جهانی و هکتار محلی بر نفر برای گروه‌های مختلف مواد غذایی (a) و توزیع درصدی آن بین گروه‌ها (b) محاسبه شده بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۱-۹۲

Fig. 5- Comparison of ecological footprint in Global hectare and Local hectare per person for different food stuffs in Iran calculated based on 2012-2013 data

درصد و در مقایسه با سال ۲۰۰۲ که ۰/۷ هکتار جهانی بر نفر بوده (WWF, 2002) در حدود ۲۵ درصد افزایش یافته است. البته این افزایش در اکثر کشورهای جهان در دامنه‌ای بین ۵ تا ۲۸ درصد بوده و بالاترین میزان رشد ردپای غذا در کویت و امارات به ترتیب معادل ۵۰ و ۳۶ درصد نیز گزارش شده است (Hails et al., 2006). با وجودی که تغییر الگوی مصرف نقش مهمی در افزایش ردپای غذا دارد (Moffat, 2000)، ولی روش مدیریت بوم نظام‌های کشاورزی نیز بر آن مؤثر است، برای مثال، استفاده از مواد غذایی که در نظام‌های ارگانیک تولید می‌شوند، به دلیل عملکرد پایین‌تر این محصولات ردپای غذا را بزرگتر کرده و در مقابل ردپای انرژی برای تولید غذا را کاهش می‌دهد (Frey & Barrett, 2007).



شکل ۶- تغییرات ردپای اکولوژی غذا و کل کشور در طی سه دهه گذشته

داده‌ها مربوط به نتایج این تحقیق و WWF, 2006, 2012 می‌باشد.

Fig. 6- Food and fiber and total ecological footprint of Iran during the last 3 decades

Data from this research and WWF, 2006; 2012.

مقایسه ردپای غذای ایران با سایر کشورها

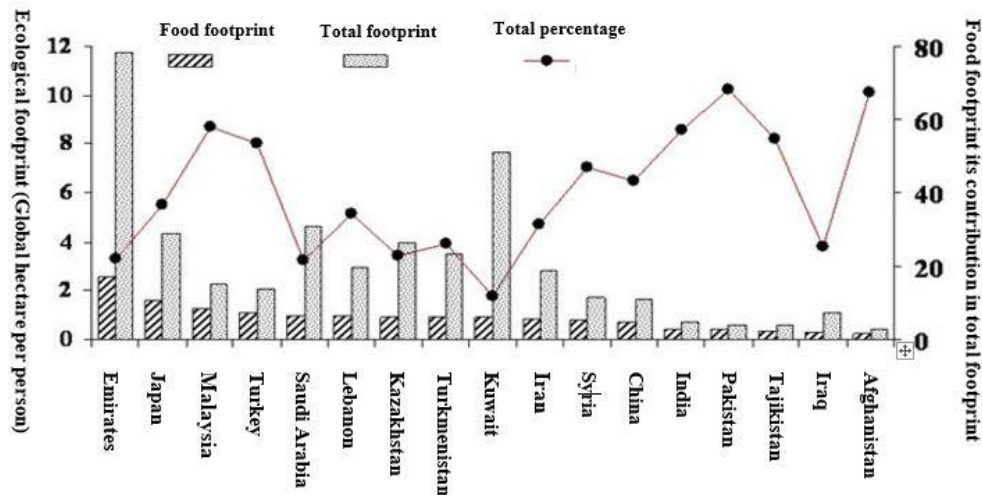
در شکل ۷ ردپای اکولوژیکی غذا و کل برای برخی از کشورهای آسیایی از جمله کشورهای همسایه ایران ارائه شده است.

محاسبه ردپا بر حسب هکتار جهانی از این نظر اهمیت دارد که کشورها و مناطق مختلف را به سهولت می‌توان با هم مقایسه کرد (Wackernagel & Yount, 2000)، زیرا با توجه به معادله (۲) محاسبه ردپا با این واحد بر اساس میانگین جهانی عملکرد هر محصول صورت می‌گیرد، ولی دارای این اشکال مهم است که کارایی سیستم تولید ملی در آن لحاظ نمی‌شود (Wiedmann & Lenzen, 2007). در واقع چنانچه عملکرد یک محصول در مقیاس ملی افزایش یابد، ولی میانگین جهانی آن ثابت بماند، ردپا در واحد هکتار جهانی تغییری نمی‌کند، ولی در واحد هکتار محلی ردپای همان محصول کوچک‌تر می‌شود، زیرا در مخرج معادله (۲) میانگین عملکرد کشور قرار خواهد گرفت. بنابراین، با مقایسه ردپا در دو مقیاس جهانی و ملی می‌توان کارایی سیستم تولید ملی را با میانگین جهانی برای هر محصول ارزیابی کرد (White, 2007). برای مثال، جهت تأمین گوشت و لبنیات به ازای هر نفر ۰/۴۲ هکتار جهانی زمین نیاز است، در صورتی که بر اساس میانگین عملکرد کشور برای تأمین همین نیاز به ۰/۵۵ هکتار محلی زمین نیاز خواهد بود (شکل ۵). به بیان دیگر، کارایی تولید گوشت و لبنیات در کشور در حدود ۳۰ درصد کمتر از متوسط جهان است، در حالی که این کارایی در مورد گیاهان قندی، میوه و سبزیجات بالاتر از میانگین جهانی می‌باشد. اختلاف مشاهده شد در غلات نیز ناشی از پایین بودن میانگین عملکرد ذرت در کشور است، زیرا در مورد سایر محصولات این گروه متوسط عملکرد کشور در حدود میانگین جهانی و حتی بالاتر از آن است (Nassiri & Koocheki, 2014).

تغییرات زمانی ردپای غذا در کشور

برآوردهای موجود در مورد ردپای اکولوژیکی ایران نشان می‌دهد که ردپای کل و غذای کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۳ میلادی (۹۲-۱۳۷۰ شمسی) ۷۵ درصد افزایش یافته است (شکل ۶). چون میزان این افزایش در مورد هر دو ردپا یکسان می‌باشد بنابراین، سهم ردپای غذا در ردپای اکولوژیکی کل طی این دوره تقریباً ثابت و در حدود ۳۲ درصد بوده است.

در سال ۲۰۱۰ میلادی میانگین جهانی ردپای اکولوژیکی غذا معادل ۰/۹ هکتار جهانی بر نفر بوده (WWF, 2012) که نسبت به سال ۲۰۰۲ تغییری نکرده است؛ در حالی که ردپای اکولوژیکی غذا در ایران (۰/۸۸ هکتار جهانی بر نفر) اگر چه در حال حاضر مشابه میانگین جهانی است، ولی نسبت به سال ۱۹۹۰ میلادی در حدود ۷۵



شکل ۷- ردپای اکولوژیکی غذا و سهم این ردپا از ردپای کل در برخی از کشورهای آسیا شامل ایران و کشورهای همسایه داده‌های ایران از نتایج این پژوهش و سایر کشورها از WWF, 2012 می‌باشند.

Fig. 7- Ecological footprint of food and fiber and its contribution in total footprint of some Asian countries including Iran and the neighbors

Data of Iran is the results of this research and other countries from WWF, 2012.

کوچک است که این امر به دلیل بالا بودن جمعیت این کشورهاست. در واقع چنانچه مقدار ردپا در جمعیت این کشورها ضرب شود کل مساحت مورد نیاز برای تأمین غذای آنها بسیار بزرگ خواهد بود. ردپای غذا مردم هند ۰/۵ هکتار جهانی بر نفر است، ولی به علت فشردگی جمعیت تراکم این ردپا زیاد است، بطوری که در هر کیلومتر مربع ردپایی بیش از ۱۰۰۰ هکتار جهانی وجود دارد (WWF, 2012)، یعنی هر کیلومتر مربع زمین باید غذای جمعیتی معادل ۲۰۰۰۰ نفر را تأمین کند، بدیهی است که این شرایط فشار زیادی را بر منابع طبیعی وارد می‌سازد.

ردپای اکولوژیکی شامل سه جزء اصلی یعنی غذا، انرژی و ساخت و ساز می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که ساخت و ساز کوچکترین بخش ردپای کل بوده و میانگین جهانی سهم آن از ردپای کل در حدود چهار درصد است (Hails et al., 2006). بنابراین، غذا و انرژی بیش از ۹۵ درصد ردپای اکولوژیکی را شامل شده و بدیهی است که با کاهش سهم ردپای غذا، ردپای انرژی افزایش خواهد یافت (Siche et al., 2008).

در مقیاس جهانی ردپای غذا ۴۳ درصد از کل ردپای اکولوژیکی را شامل می‌شود (White, 2007)، در حالی که در ایران سهم غذا در ردپای کل در حدود ۳۲ درصد است. در امارات و کویت که عمدتاً واردکننده مواد غذایی هستند یا مواد غذایی را با صرف انرژی زیاد تولید می‌کنند، ردپای غذا نسبتاً کوچک است، ولی سهم آن در ردپای کل ۱۰ تا ۲۰ درصد بوده و در نتیجه ردپای انرژی آنها بسیار بزرگ خواهد بود (شکل ۷) در کشورهایی نظیر فنلاند، نیوزیلند، هلند، فرانسه، نروژ یا کانادا ردپای غذا به دلیل بالا بودن میزان مصرف

بزرگترین و کوچکترین ردپای غذا در آسیا به ترتیب مربوط به کشورهای امارات (۲/۸ هکتار جهانی بر نفر) و افغانستان (۰/۲ هکتار جهانی بر نفر) بوده و میانگین ردپای غذا در قاره آسیا ۰/۷ هکتار جهانی بر نفر است (WWF, 2012) که کوچکتر از مقدار این ردپا در ایران می‌باشد.

بطور کلی، بالاترین مقادیر ردپای اکولوژیکی مربوط به کشورهای توسعه یافته و کمترین مقادیر مربوط به کشورهای در حال توسعه می‌باشد برای مثال، در سال ۲۰۱۰ میلادی ردپای اکولوژیکی چین ۱/۷، هندوستان ۰/۸، آمریکا ۹/۶، کانادا ۷/۶ و انگلستان ۵/۶ هکتار جهانی به ازای هر نفر برآورد شده است (WWF, 2012). این تفاوت عمدتاً تابع شرایط اقتصادی این کشورهاست، زیرا بررسی‌های انجام شده مؤید آن است که میزان درآمد سرانه بیشترین همبستگی را با ردپای اکولوژیکی دارد (White, 2007; Moffat, 2000).

رتبه‌بندی کشورهای جهان از نظر ردپای غذا و ردپای کل یکسان نیست. برای مثال، امارات با ردپای اکولوژیکی ۱۱/۸۷ و کویت با ردپای اکولوژیکی ۷/۴۳ هکتار جهانی بر نفر به ترتیب در رده اول و پنجم جهان (بعد از آمریکا، فنلاند و کانادا) قرار دارند (Hails et al., 2006)، در حالی که بزرگترین ردپای غذا در جهان (۴/۴ هکتار جهانی بر نفر) مربوط به فنلاند بوده، آمریکا در جایگاه پنجم و امارات و کویت به ترتیب در رده‌های ۱۱ و ۲۰ می‌باشند (White, 2007).

ردپای غذا تابع اندازه جمعیت، میزان مصرف سرانه (الگوهای مصرف) و نیز کارایی استفاده از منابع است (Wackernagel et al., 2004). در کشورهایی نظیر هند و چین مقدار سرانه ردپای غذا و کل

نوجهی از این ردپا را بخود اختصاص می‌دهد. بدیهی است که این مساحت نمی‌تواند بطور نامحدود افزایش یابد بنابراین، ردپا نشان دهنده محدودیت موجود در توسعه زندگی انسان بر اساس ظرفیت زیستی جهان است. نتایج این پژوهش نشان داد که در حال حاضر ردپای اکولوژیکی غذا در ایران معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی بر نفر است که بزرگتر از قاره آسیا و تقریباً مشابه میانگین ردپای غذا در جهان می‌باشد. از بین گروه‌های مختلف مواد غذایی بیشترین ردپا (۰/۴۳) هکتار جهانی بر نفر) مربوط به فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) است در حالی که این اقلام تنها ۱۵ درصد مصرف غذای کشور را شامل می‌شوند.

افزایش جمعیت توأم با افزایش درآمد سرانه باعث تغییر الگوهای مصرف مواد غذایی شده و در نتیجه تقاضا برای مواد غذایی را افزایش می‌دهد. تأمین نیاز روزافزون جمعیت به مواد غذایی مستلزم فشار بر منابع پایه به‌منظور تولید بیشتر، افزایش واردات مواد غذایی یا هر دو مورد خواهد شد. این وضعیت در حال حاضر در اغلب کشورهای در حال توسعه و نیز ایران مشهود است، بطوری که بر اساس یافته‌های این تحقیق ردپای غذای کشور در طی ۲۳ سال گذشته در حدود ۷۵ درصد افزایش یافته است. تداوم این وضعیت باعث پیشی گرفتن تدریجی ردپای اکولوژیکی از ظرفیت زیستی خواهد شد و از بین رفتن پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی را به همراه خواهد داشت. مواجهه با این شرایط مستلزم آگاهی از وضعیت موجود و روند آینده ردپای غذا بر اساس شاخص‌های کمی می‌باشد تا از این طریق راهکارهای مناسب مورد ارزیابی قرار گیرند.

سیاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهش شماره ۱۴۹۲۰/۱ مورخ ۱۳۸۹/۰۴/۰۱ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

سرانه بزرگ است، ولی در عین حال بیش از ۵۰ درصد ردپای کل مربوط به غذا می‌باشد که نشان می‌دهد تولید غذا در سیستم‌هایی است که ردپای انرژی آنها کوچک می‌باشد (Collins & Fairchild, 2007). در آمریکا ردپای غذا بزرگ ولی تنها ۳۰ درصد ردپای کل است، زیرا علاوه بر مصرف سرانه بالا، تولید غذا در سیستم‌های پرنهاده انجام شده و در نتیجه سهم ردپای انرژی افزایش یافته است (Kissinger, 2013). در آسیا میانگین ردپای غذا ۰/۷ هکتار جهانی بر نفر است، البته در کشورهای پر جمعیت این قاره مثل چین، هند و پاکستان، ردپای غذا سهم بیشتری از ردپای کل را به خود اختصاص داده است (شکل ۷)، در مقابل پایین بودن کارایی استفاده از منابع و عملکرد کم محصولات زراعی در کشورهای نظیر افغانستان یا تاجیکستان باعث شده است تا بخش عمده ظرفیت زیستی صرف تولید غذا شود (White, 2007). به نظر می‌رسد که در ایران پایین بودن سهم ردپای غذا در ردپای کل (۳۲ درصد) به دلیل بالا بودن ردپای انرژی است. برای مثال، ساسان‌پور (Sassanpour, 2006) ردپای اکولوژیکی و غذای شهر تهران را به ترتیب ۲/۴۶ و ۰/۹۱ هکتار بر نفر گزارش کردند که نشان‌دهنده سهم ۳۷ درصدی غذا در ردپای کل است. از سوی دیگر قرخلو و همکاران (Gharakhloo et al., 2013) ردپای اکولوژیکی شهر کرمانشاه را ۱/۸۲ هکتار بر نفر برآورد کردند که غذا ۶۷ درصد آن را (۱/۲۲ هکتار بر نفر) شامل می‌شد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در کلان شهرهایی که وارد کننده مواد غذایی هستند انرژی سهم بیشتری از ردپای کل را بخود اختصاص می‌دهد، در حالی که در شهرهای کوچک با الگوی متفاوت زندگی، ردپای غذا بزرگتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

ردپای اکولوژیکی مساحتی از اراضی است که برای حفظ روش رایج زندگی مردم یک منطقه مورد نیاز می‌باشد و غذا بخش قابل

منابع

- Ara Begum, R., Pereira, J.J., Jaafar, A.H., and Al-Amin, A.Q. 2009. An empirical assessment of ecological footprint calculations for Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling* 53: 582–587.
- Arabi Yazdi, A., Alizadeh, A., and Mohammadian, F. 2009. Ecological footprint of water in agricultural sector of Iran. *Journal of Water and Soil* 23(2): 1-15. (In Persian with English Summary)
- Carlsson-Kanyama, A., and Gonzalez, A.D. 2009. Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *The American Journal of Clinical Nutrition* 89: 1704–1709.
- Chen, D., Gao, W., Chen, Y., and Qiao, Z. 2010. Ecological footprint analysis of food consumption of rural residents in China in the latest 30 years. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 1: 106–115.
- Collins, A., and Fairchild, R. 2007. Sustainable food consumption at a sub-national level: an ecological footprint, nutritional and economic analysis. *Journal of Environmental Policy and Planning* 9: 15–30.
- FAO, 2010. FAO Statistics., <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- FAO. 2004. Globalization, urbanization and changing food systems in developing countries. In *The state of food insecurity in the world 2004*, pp. 18–19. Rome.
- Ferng, J.J. 2007. Resource-to-land conversions in ecological footprint analysis: The significance of appropriate yield

- data. *Ecological Economics* 62: 379–382.
- Frey, S., and Barrett, J. 2007. *The Footprint of Scotland's Diet– the Environmental Burden of What We Eat*. Stockholm Environment Institute, York, UK.
- Gharakhloo, M., Hatami Nejad, H., Baghvand, A., and Yalve, M. 2013. Evaluation of urban development sustainability with ecological footprint (Case study: The city of Kermanshah). *Human Geography Research Quarterly* 45(2): 105-120. (In Persian with English Summary)
- Hails, C., Loh, J., and Goldfinger, S. 2006. *Living Planet Report. 2006*. World Wide Fund for Nature International (WWF), Zoological Society of London (ZSL), Global Footprint Network, Gland, Switzerland.
- Huang, Q., Wang, R., Renc, Z., Li, J., and Zhang, H. 2007. Regional ecological security assessment based on long periods of ecological footprint analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 51: 24–41.
- Kissinger, M. 2013. Approaches for calculating a nation's food ecological footprint-The case of Canada. *Ecological Indicators* 24: 366–374.
- Kitzes, J., Galli, A., Baglianic, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., Erb, K., Giljum, S., Haber, H., Hails, C., Jolia-Ferrierj, L., Jungwirth, S., Lenzen, M., Lewis, K., Loh, J., Marchettini, N., Messingero, H., Milnek, K., Molesp, R., Monfred, C., Moran, D., Nakano, K., Pyhälät, A., Rees, W., Simmons, C., Wackernagel, M., Wada, Y., Walsh, C., and Wiedmann, T. 2009. A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. *Ecological Economics* 68: 1991–2007.
- Kitzes, J., and Wackernagel, M. 2009. Answers to common questions in Ecological Footprint Accounting. *Ecological Indicators* 9: 812–817.
- Lenzen, M., and Murray, S.A. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics* 37: 229–255.
- Louwagie, G., Northey, G., Finn, J.A., and Purvis, G. 2012. Development of indicators for assessment of the environmental impact of livestock farming in Ireland using the Agri-environmental Footprint Index. *Ecological Indicators* 18: 149–162.
- Moffat, I. 2000. Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics* 32: 359–62.
- Nassiri, M., and Koocheki, A. 2014. Long term evaluation of yield stability trend for cereal crops in Iran. *Journal of Agroecology in Press*. (In Persian with English Summary)
- Rees, W.E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization* 4(2): 121–130.
- Rees, W.E. 1996. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment* 17: 195–215.
- Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Meijer, S., and Witcover, J. 2009. *International Food Policy Research Institute, Sustainable Food Security for All by 2020: Proceedings of an International Conference, Bonn, Germany (Washington, DC: IFPRI, 2009)*.
- Samadpour, F. 2006. *Assessment of environmental effects and high density urban development with ecological footprint (Case study: district of Elahieh in Tehran city)*. PhD Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Sanderson, E.W., Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V., and Woolmer, G. 2002. *The Human Footprint and the Last of the Wild*. *BioScience* 52: 891-904.
- Sassanpour, F. 2006. *Examining the stability of Tehran metropolice with the ecological footprint method*. PhD thesis, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Siche, J.R., Agostinho, F., Ortega, E., and Romeiro, A. 2008. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the energy performance indices. *Ecological Economics* 66: 628–637.
- Stoglehner, G. 2003. Ecological footprint: a tool for assessing sustainable energy supplies. *Journal of Cleaner Production* 11: 267–277.
- Van Vuuren, D.P., and Bouwman, L.F. 2005. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions. *Ecological Economics* 52: 43-62.
- Wackernagel, M., and Rees, W.E. 1996. *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. Gabriola Island: New Society Publishers 55 pp.
- Wackernagel, M., and Yount, J.D. 2000. Footprints for sustainability: the next steps. *Environment, Development and Sustainability* 2: 21–42.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N.B., Erb, K.H., Haberl, and H., Krausmann, F. 2004. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy* 21: 271–278.
- White, T.J. 2007. Sharing resources: The global distribution of the Ecological Footprint. *Ecological Economics* 64: 402-410.
- Wiedmann, T., and Lenzen, M. 2007. On the conversion between local and global hectares in Ecological Footprint analysis. *Ecological Economics* 60: 673–677.
- WWF. 2002. *Living Planet Report 2002*. World Wildlife Found Editor.
- WWF. 2012. *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*. Gland, Switzerland.



Ecological Footprint of Foodstuff in Iran

A. Koocheki^{1*}, M. Nassiri Mahallati¹ and S. Khorramdel²

Submitted: 22-10-2014

Accepted: 03-12-2014

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2019. Ecological footprint of foodstuff in Iran. Journal of Agroecology. 10(4):1023-1034.

Introduction

The concept of ecological footprint was first proposed by Rees (1992) and further developed by Wackernagel and Yount (2000). This is an index based on the land area needed for basic requirements and also the waste disposal of an individual in a specific geographic location and usually calculated on the basis of area per capita which is normally global hectare (Gha) per capita. Based on the report of World Wildlife Found, total world ecological footprint for the year 2010 has been estimated to be 18.2 billion global hectares (Gha) with a per capita 2.7 Gha. This index is reciprocal of carrying capacity.

During the last two decades ecological footprint accounting is used widely for evaluation of ecosystems sustainability. However, limited information is available about ecological footprint of Iran and its components. In this research the state of production and consumption of different food stuffs and ecological footprint of food were calculated for Iran and the results are compared with other countries.

Materials and Methods

Data was collected for different group of agriculture foods including cereals, oil crops, pulses, dairy products, meat, fruits and vegetables from Ministry of Jihad Agriculture, Ministry of Commerce and also from other published data in official databases in the country. Calculation was made by the method provided in the literature.

Based on these factors ecological footprint for each food product (ef_i) on the bases of Gha can be calculated from equation 1.

$$ef_i = A_i \times f_{e,i} \quad \text{Equation (1)}$$

In which ef_i : is the footprint for product i , A_i : is the land area required for the same product i and $f_{e,i}$: is the conversion factor for product i (Gha per ha).

Calculation of footprint

$$EF = \sum_{i=1}^n ef_i \quad \text{Equation (2)}$$

$$ef = \frac{EF}{N} \quad \text{Equation (3)}$$

Where EF is total ecological footprint (Gha), ef : per capita ecological footprint in terms of Gha and N : total population of the country.

Results and Discussion

The amount of total food production and consumption in 2013 were estimated as 89.5 and 94.6 Mg, respectively with self-sufficiency coefficient (production: consumption ratio) of 0.87. Self-sufficiency of cereals, oil crops and sugar crops were calculated as 0.69, 0.12 and 0.48, respectively that shows these food groups are highly import-dependent. However, production of vegetables and fruits exceeded their consumption and for other food items consumption was balanced by production. Ecological footprint of food estimated as 0.88 Gha/person and increased to 1.04 ha/person when calculated based on local hectares. Component analysis showed that this difference was due to lower efficiency of cereal and meat and dairy production systems of the country compared to world averages. Meat and dairy products accounted for 48% of food footprint of Iran and 33% of this footprint was due to cereals. Based on our results, Iranian

1- and 2- Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.40518

food footprint is higher than Asia (0.7 Gh/person) and is almost the same as the world average (0.9 Gh/peron). Moreover, footprint of food is increased over the country by 76% during years 2000-2013 and this trend could led to severe environmental consequences.

Conclusion

Except for vegetable oils, sugar and cereals, the production and consumption of other groups of food materials are in balance, even for some groups such as fruits and vegetables. There is a small surplus in production over consumption for some extent dairy products. Foodprint for Iran is higher than the value for Asia and is similar to average for the world. In general, foodprint differs significantly amongst the nation and as expected this value is higher in those countries with higher consumption of meat. Higher demand for consumption of meat has caused an increase in indirect consumption of cereals for meat production. It should be noted that since foodprint is based on global hectare, comparison between countries and regions are simply possible. In fact if yield of a crop at national level is increased but world mean yield does not change, foodprint based on global hectare remains unchanged but if it is calculated on the bases of local hectare, foodprint will decrease. Therefore, system efficiency can be evaluated at national level, by comparison of foodprint at two different scales of global hectare and local hectare.

Acknowledgement

This research (14920.1) was funded by vice chancellor for research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Foodprint, Food security, Local hectare, Self-sufficiency coefficient



روند تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده

مهدی نصیری محلاتی^{۱*}، علیرضا کوچکی^۱ و سرور خرم‌دل^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، و خرم دل، س. ۱۳۹۷. روند تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰ (۴): ۱۰۵۰-۱۰۳۵.

چکیده

در این پژوهش روند تغییرات ردپای اکولوژیکی غذا و کل، ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی ایران در فاصله سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۰ شمسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بر اساس روندهای بدست آمده مقدار این شاخص‌ها برای سال ۱۴۰۴ شمسی پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که ردپای کل و ردپای غذای کشور در طی دوره مطالعه به ترتیب به میزان ۳/۳ و ۲/۹ درصد در سال افزایش یافته و با تداوم این روند تا سال ۱۴۰۴ شمسی به‌ترتیب به ۳/۳۴ و ۱/۰۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر خواهند رسید. ظرفیت زیستی کشور در سال ۱۳۹۲ معادل ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بدست آمد که کمتر از ظرفیت زیستی جهان (۱/۸ هکتار جهانی بر نفر) و میانگین خاورمیانه و آسیای مرکزی (۰/۹۲ هکتار جهانی بر نفر) می‌باشد. از کل ظرفیت زیستی کشور ۴۷٪ مربوط به اراضی زراعی و ۳۰ درصد مربوط به جنگل‌ها و مراتع می‌باشد. تغییرات زمانی ظرفیت زیستی کشور روندی افزایشی با شیبی اندک دارد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۰/۸۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد. کمبود اکولوژیکی کشور (تفاضل ردپای اکولوژیکی از ظرفیت زیستی) که در سال ۱۳۷۰ معادل ۰/۷ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده با رشد سالانه ۵/۹ درصدی در سال ۱۳۹۲ شمسی به ۱/۹ هکتار جهانی رسید و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۲/۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یابد. تعادل بین میزان مصرف و تولید مواد غذایی و ردپای غذای کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی بر اساس چهار سناریو مبتنی بر مقادیر مختلف مصرف فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) مورد ارزیابی قرار گرفت. در تمامی سناریوها با افزایش مصرف فرآورده‌های دامی عدم تعادل بین تولید و مصرف شدیدتر شد و در نتیجه شاخص خودکفایی غذایی کشور کاهش و ردپای غذا افزایش یافت. نتایج نشان داد که افزایش کارایی مصرف منابع (آب و نیتروژن) به میزان ۲۰٪ نسبت به مقدار فعلی باعث بهبود شاخص خود کفایی شده و ردپای اکولوژیکی غذا را در کلیه سناریوهای آینده به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: خودکفایی غذایی، ضریب جینی، ظرفیت زیستی، کمبود اکولوژیکی

مقدمه

برای ارزیابی شدت بهره‌برداری از منابع و ارتباط آن با پایداری بوم‌نظام‌ها در مقیاس ملی و جهانی هستند. از میان معیارهای مختلفی که به این منظور ارائه شده دو شاخص بیش از بقیه مورد توجه قرار گرفته است: زوال تنوع زیستی که بر اساس شدت از بین رفتن غنای گونه‌ای ارزیابی می‌گردد و شدت بهره‌برداری از منابع طبیعی جهان که با شاخصی موسوم به ردپای اکولوژیکی^۲ سنجیده می‌شود (Wackernagel et al., 2004). ردپای اکولوژیکی هر فرد یا جمعیت مقدار کل مساحت مورد نیاز برای تأمین غذا و پوشاک، ساخت و ساز (مسکن، جاده، صنعت) و جذب ضایعات حاصل از فعالیت‌های آن جمعیت می‌باشد که بر حسب هکتار به ازاء هر نفر بیان می‌شود (Wackernagel & Yount, 2000). بر اساس گزارش صندوق

در طی سه دهه گذشته تقاضای روز افزون انسان برای غذا و سایر خدمات و بهره‌برداری شدید از منابع طبیعی پیامدهای اکولوژیکی نگران‌کننده‌ای را به همراه داشته است (Moore et al., 2012). تیلمن و همکاران (Tilman et al., 2001) نشان دادند که چنانچه استفاده انسان از منابع طبیعی با روند فعلی ادامه یابد تا سال ۲۰۵۰ میلادی باید ۱۰^۹ هکتار از اکوسیستم‌های طبیعی جهان به زمین زراعی تبدیل شود. در این راستا محققین بدنبال دستیابی به معیارهایی

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: mnassiri@um.ac.ir

DOI:10.22067/jag.v10i4.40525

هلند مقایسه کردند. باگلیانی و همکاران (Bagliani et al., 2008) پایداری محیطی استان سیاه‌کل را با محاسبه ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی و با تغییر مقیاس از کل استان به شهرستان‌ها و سپس به روستاها مطالعه کرده و نشان دادند که کمبود اکولوژیکی این استان تنها ۰/۰۶ هکتار جهانی به ازای هر نفر بوده و توزیع مکانی آن با تغییر مقیاس از روستاها به کل استان تغییر نمی‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۳۳/۸ درصد از ردپا مربوط به تولید غذا می‌باشد.

فلینت (Flint, 2001) ردپای اکولوژیکی دانشگاه نیوکاسل در کشور استرالیا را محاسبه کرده و نشان داد که مساحت اراضی لازم برای تأمین نیازها و دفع ضایعات در این دانشگاه ۲۶ برابر کل مساحت پردیس دانشگاهی است. در این مطالعه اراضی لازم برای دفع ضایعات بیشترین سهم را در ردپای اکولوژیکی دانشجویان داشت. لی و همکاران (Li et al., 2008) نیز مجموعه دانشگاهی شمال شرقی چین را بررسی کردند، نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که ردپای سرانه دانشجویان این دانشگاه در حدود ۵۰ برابر بیشتر از مساحت واقعی موجود برای هر نفر است. به علاوه، در این دانشگاه نیز زمین لازم برای دفع ضایعات مهمترین جزء ردپای اکولوژیکی بود. مرور این مطالعات نشان می‌دهد که محاسبه ردپای اکولوژیکی در مقیاس‌های مختلف از کل جهان، تا یک کشور و حتی یک مجموعه آموزشی امکان‌پذیر بوده و در هر مورد اطلاعات مفیدی را درباره پایداری محیطی منطقه مورد بررسی فراهم می‌سازد. بخش عمده پژوهش‌های مربوط به ردپای اکولوژیکی در آمریکای شمالی، اروپا و کانادا انجام شده و نتایج انتشار یافته در مورد کشورهای در حال توسعه نسبتاً اندک می‌باشد و در کشور ایران نیز مطالعاتی جامعی در این زمینه صورت نگرفته است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) با تجزیه و تحلیل وضعیت تولید و مصرف مواد غذایی در کشور ردپای غذای ایران را معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد کردند و نشان دادند که گوشت و لبنیات بیشترین سهم را در این ردپا به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به اهمیت موضوع هدف از اجرای این پژوهش برآورد ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی کشور، ارزیابی روند تغییرات زمانی این شاخص‌ها و بررسی وضعیت آینده ردپای غذای ایران در ارتباط با الگوهای مختلف مصرف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منابع داده‌ها: اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ردپای اکولوژیکی غذا در ایران شامل میزان تولید، واردات و صادرات غلات، روغن، حبوبات، شیر و لبنیات، گوشت و سایر گروه‌های مواد غذایی از پایگاه وزارت جهاد کشاورزی، وزارت بازرگانی، معاونت برنامه‌ریزی

حمایت از حیات وحش (WWF, 2012) ردپای اکولوژیکی جهان در سال ۲۰۱۰ برابر ۱۸/۲ میلیارد هکتار جهانی بوده است که مقدار سرانه آن ۲/۷ هکتار جهانی به ازاء هر نفر می‌باشد.

از سوی دیگر، ظرفیت زیستی^۱ مفهوم دیگری است که همراه با ردپای اکولوژیکی ابزاری برای شناخت پایداری اکوسیستم‌ها می‌باشد. ظرفیت زیستی عبارتست از مجموع مساحت اراضی یک منطقه جغرافیایی که از نظر تولید بیوماس و جذب ضایعات قابلیت مطلوبی داشته باشد (Kitzes & Wackernagel, 2009). بر اساس این تعریف بیابان‌ها و کویرها و اراضی غیربارور فاقد ظرفیت زیستی می‌باشند، بنابراین، ظرفیت زیستی یک کشور الزاماً معادل مساحت واقعی آن نخواهد بود (Wackernagel & Silverstein, 2000). بر اساس گزارش WWF در سال ۲۰۱۰ میلادی ظرفیت زیستی جهان معادل ۱۲ میلیارد هکتار جهانی بوده است که با احتساب جمعیت جهان در این سال، مقدار سرانه آن ۱/۸ هکتار جهانی می‌باشد (WWF, 2012). بطور کلی، اگر ردپای اکولوژیکی بزرگتر از ظرفیت زیستی باشد، کمبود اکولوژیکی^۲ و اگر کوچکتر از ظرفیت زیستی باشد باقیمانده اکولوژیکی^۳ ایجاد می‌شود (Siche et al., 2008). بر اساس گزارش WWF، این تفاوت برای سال ۲۰۱۰ میلادی در حدود ۰/۹+ هکتار جهانی بوده است. به عبارت دیگر، مقدار زمین لازم برای تأمین نیازهای حیاتی هر فرد ۰/۹ هکتار بیشتر از سرانه ظرفیت زیستی جهان بوده است، در نتیجه برای تأمین نیازهای جمعیت جهان به سیاره‌ای ۵۰ درصد بزرگتر از زمین نیاز است. این کمبود را در مقیاس زمانی نیز می‌توان توصیف کرد، بدین صورت که به ازای هر سال بهره‌برداری از منابع جهان با شدت فعلی، کره زمین به ۱/۵ سال زمان نیاز دارد تا منابع قابل تجدید مصرف شده بوسیله مردم جهان را بازسازی کرده و دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی را ترسیب کند (Butchart et al., 2010).

محاسبه ردپای اکولوژیکی همراه با ظرفیت زیستی اطلاعات مفیدی را در مورد شدت بهره‌برداری از منابع و وضعیت پایداری محیطی فراهم می‌سازد (Kissinger & Rees, 2010) و از این‌رو، در طی دو دهه اخیر موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. بوچارت و همکاران (Butchart et al., 2010) و کیتزس و همکاران (Kitzes et al., 2008) ردپای اکولوژی را در مقیاس جهانی برآورد کرده و وضعیت پایداری بوم‌نظام‌ها را مورد بررسی قرار دادند و شبکه جهانی ردپا نیز اطلس ردپای اکولوژیکی را تدوین کرده است (Ewing et al., 2009).

فان فورن و سمیتس (van Vuuren & Smeets, 2000) ردپای اکولوژیکی کشورهای بنین، بوتان و کاستاریکا را محاسبه و با کشور

1- Biocapacity

2- Ecological deficit

3- Ecological reminder

که در آن، BC : ظرفیت زیستی کشور (هکتار جهانی)، a_i : مساحت هر یک از انواع اراضی بر حسب هکتار (برای مثال، جنگل یا مرتع)، $f_{e,i}$: ضریب تبدیل مساحت اراضی به هکتار جهانی و $f_{y,i}$: ضریب عملکرد مربوط به هر نوع از اراضی می‌باشد. لازم به ذکر است که ضریب عملکرد نسبت عملکرد محصول تولید شده در هر نوع از اراضی در کشور (Y_L) به میانگین عملکرد جهانی آن (Y_G) است ($f_{y,i} = \frac{Y_L}{Y_G}$). در محاسبات از کل ظرفیت زیستی مساحتی معادل ۱۲ درصد برای حفظ تنوع زیستی کسر شده و باقیمانده به عنوان ظرفیت زیستی واقعی در نظر گرفته می‌شود (Wackernagel & Rees, 1996). با تقسیم کردن ظرفیت زیستی کشور بر جمعیت، ظرفیت زیستی سرانه (هکتار جهانی بر نفر) بدست می‌آید.

سناریوهای آینده: بررسی وضعیت مصرف و ردپای غذایی کشور در آینده بر اساس سناریوهای CERES انجام شد. این سناریوها شامل چهار گروه است که وضعیت آینده را بر اساس الگوی رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی، تغییرات محیطی و ابعاد سیاسی توصیف می‌کند. مسلم است که همه احتمالات ممکن در آنها لحاظ نشده است، ولی در مجموع پوشش قابل قبولی از شرایط آینده را ارائه می‌دهند (Ferng, 2002). خلاصه وضعیت پیش‌بینی شده در این سناریوها بصورت زیر است (IMAGE team, 2001):

A_{1b} : رشد سریع اقتصاد و تکنولوژی و رشد کند جمعیت. مصرف بیشتر گوشت به دلیل بالا رفتن درآمد سرانه، افزایش بهره‌وری در کشاورزی، افزایش چشمگیر تولید غلات و علوفه.

A_2 : رشد اقتصادی و تکنولوژیکی نسبتاً کند، درآمد سرانه کم و رشد زیاد جمعیت، افزایش اندک مصرف گوشت و تولید غلات و علوفه.

B_1 : تأکید بر توسعه پایدار، رشد تکنولوژی زیاد، درآمد سرانه زیاد و رشد نسبتاً کند جمعیت، مصرف بیشتر گوشت و افزایش تولید غلات و علوفه ولی کمتر از A_{1b} .

B_2 : تداوم وضع فعلی در رشد تکنولوژی و درآمد سرانه، رشد جمعیت زیاد ولی کمتر از A_2 ، افزایش مصرف گوشت و تولید غلات و علوفه در حد متوسط. در واقع، این سناریو در نقطه میانی سناریوهای قبلی قرار دارد.

بطور کلی، در این سناریوها وضعیت غذا در آینده بر اساس میزان مصرف فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) توصیف شده است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نیز با ارزیابی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران نشان دادند که در حدود ۴۸ درصد ردپای غذای کشور مربوط به گوشت و لبنیات می‌باشد و در نتیجه تغییر در میزان مصرف این گروه غذایی بشدت بر ردپا تأثیر خواهد گذاشت. بنابراین، در این پژوهش افزایش میزان مصرف فرآورده‌های دامی بر

استانداردی و نیز آمار و اسناد انتشار یافته در بانک‌های اطلاعاتی کشور جمع‌آوری شد.

محاسبه ردپای اکولوژیکی غذا: روش محاسبه ردپای اکولوژیکی توسط محققین مختلف توصیف شده است (برای مثال، اوینگ و همکاران (Ewing et al., 2010) و کیتزس و همکاران (Kitzes et al., 2009). در این مطالعه ردپای اکولوژیکی غذای کشور به‌ترتیبی که کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) ارائه کردند برآورد گردید. بطور خلاصه، ردپای غذا شامل مجموع مساحت لازم برای تأمین نیاز مصرفی هر یک از گروه‌های مواد غذایی بر حسب هکتار جهانی است. هر هکتار جهانی مساحتی از اراضی است که عملکرد آن معادل میانگین عملکرد اراضی جهان باشد (Monfreda et al., 2004). بدیهی است که قابلیت تولید اراضی مختلف با هم یکسان نبوده و در نتیجه مساحت آنها قابل مقایسه نمی‌باشد. برای رفع این مشکل مساحت محاسبه شده برای هر نوع محصول باید به واحد هکتار جهانی تبدیل شود. این عمل یعنی معادل‌سازی مساحت اراضی با استفاده از ضرایب تبدیل (f_e) مربوط به هر نوع کاربری زمین انجام شد، (Hails et al., 2006). به این ترتیب، ردپای اکولوژیکی غذا از معادله (۱) محاسبه شد:

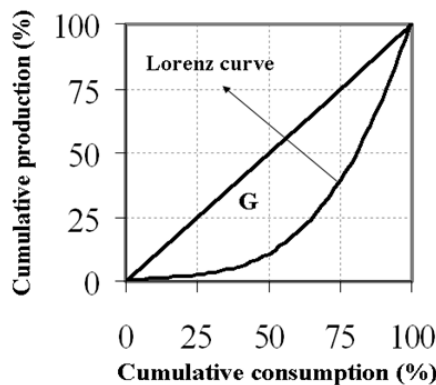
$$EF = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{Y_i} \times f_{e,i} \right) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، EF ردپای اکولوژیکی غذا (هکتار جهانی) تعداد گروه‌های مواد غذایی (غلات، گوشت، لبنیات و غیره)، C_i : میزان مصرف محصول i (تن)، Y_i : میانگین جهانی عملکرد محصول i (تن در هکتار) و $f_{e,i}$: ضریب تبدیل محصول i (هکتار جهانی بر هکتار) می‌باشد. میزان مصرف هر گروه از محصولات غذایی (C_i) معادل مجموع تولید و واردات منهای صادرات آن محصول است. در معادله ۱ جملات داخل پرانتز ردپای مربوط به هر گروه مواد غذایی است و با تقسیم کردن آن بر جمعیت کشور ردپای سرانه (هکتار جهانی بر نفر) برآورد شد.

محاسبه ظرفیت زیستی: ظرفیت زیستی برابر است با مجموع اراضی کشور (آبی و خشکی) که دارای توانایی تولید بیولوژیکی بوده و در تولید یا دفع ضایعات بطور مطلوبی قابل استفاده باشند (Kitzes & Wackernagel, 2009). این اراضی ممکن است جنگل، مرتع، زمین زراعی و دریا باشند. بنابراین، ظرفیت زیستی برابر است با مجموع مساحت اراضی فوق بر حسب هکتار جهانی (معادله ۲) به صورت زیر محاسبه شد:

$$BC = \sum_{i=1}^n a_i \times f_{e,i} \times f_{y,i} \quad \text{معادله (۲)}$$

میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) به طور چشمگیری افزایش یافته و از ۱/۶ به ۲/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده است (شکل ۲). این افزایش معادل ۰/۰۵۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر در سال (۳/۳ درصد در سال می‌باشد) و تداوم آن باعث خواهد شد تا ردپای اکولوژیکی کشور تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۳/۳۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۲). در طی این دوره ردپای غذای ایران نیز سالانه ۰/۰۱۶ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یافت. در حال حاضر ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ به ۱/۰۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۲).



شکل ۱- منحنی لورنز و سطح محصور بین منحنی و خط قطری

ضریب جینی نسبت این سطح به کل مساحت بین خط قطری و محورهای x و y می‌باشد.

Fig. 1- Lorenz curve and area between curve and diagonal line

Gini coefficient is the ratio of this area and the total area between diagonal lines and coordinate lines.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نشان دادند که ردپای غذا در ایران حدود ۳۲ درصد از ردپای کل را شامل می‌شود، یافته‌های این تحقیق نیز نشان می‌دهد که این نسبت در طی دوره مطالعه تقریباً ثابت مانده است. بطور کلی، ردپای اکولوژیکی شامل سه جزء اصلی یعنی غذا، ساخت و ساز و ضایعات (معمولاً بر حسب کربن تولیدی محاسبه می‌شود) می‌باشد و ردپای غذا اراضی زراعی، مراتع، جنگل‌ها و آب‌های ماهیگیری را در بر می‌گیرد (Global Footprint Network, 2011). ساخت و ساز (مسکن، جاده‌ها و نظایر آن) سهم اندکی از ردپای کل بوده (کمتر از پنج درصد) و بنابراین، بخش عمده مساحت مورد نیاز برای تأمین نیازهای جوامع مربوط به زمین‌هایی می‌شود که برای ترسیب کربن حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی لازم است و این مساحت اصطلاحاً ردپای کربن نامیده می‌شود (Gan et al., 2012). لازم به ذکر است که جنگل‌ها مهمترین سهم را در ردپای کربن دارند و هر هکتار جهانی قادر است تا دی اکسید کربن حاصل از مصرف ۱۴۵۰ لیتر نفت را جذب کند

اساس سناریوهای استاندارد جهانی به عنوان مبنایی برای محاسبه ردپای غذای کشور در آینده بکار گرفته شد.

بر اساس سناریوهای CERES میانگین جهانی سهم فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) از کل غذای مصرفی در حال حاضر ۱۶ و در خاورمیانه ۱۱ درصد است و میزان رشد آن نسبت به سال ۲۰۰۰ میلادی طی ۲۵ سال در A1b معادل ۲۷ درصد، در A2 معادل ۲۱ درصد، در B1 برابر با ۲۲ درصد و در B2 برابر با ۲۵ درصد بوده و برای خاورمیانه در سناریوهای فوق به ترتیب ۲۹، ۱۸، ۲۲ و ۲۶ درصد می‌باشد (IMAGE team, 2001). در حال حاضر، میانگین سهم این مواد در ایران معادل ۱۵/۷ درصد کل غذای مصرفی می‌باشد (Koocheki et al., 2019) که به مراتب بیشتر از خاورمیانه بوده و تقریباً مشابه میانگین جهان است. با این وجود محاسبه تغییرات ردپای غذای کشور بر اساس الگوی پیش‌بینی شده مصرف فرآورده‌های دامی در خاورمیانه نسبت به شرایط فعلی انجام شد.

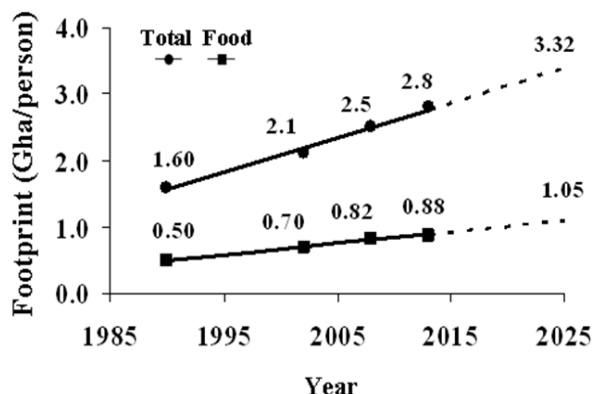
بطور کلی، ردپای غذا تحت تأثیر سه عامل الگوی مصرف، اندازه جمعیت و کارایی استفاده از منابع قرار دارد (Wackernagel et al., 2004). در این مطالعه تأثیر میزان مصرف بر ردپا بر اساس سناریوهای فوق و برای جمعیت کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی (۲۰۲۵ میلادی) در محاسبات منظور شد. به علاوه کارایی استفاده از آب و نیتروژن در دو حالت شامل تداوم تولید با کارایی فعلی و افزایش آن به میزان ۲۰ درصد در محاسبه ردپای غذا لحاظ گردید.

تغییر الگوی مصرف غذا از مصرف مستقیم غلات به فرآورده‌های دامی به نوبه خود باعث افزایش مصرف غیرمستقیم غلات شده و تعادل فعلی بین تولید و مصرف و به بیان دیگر، خودکفایی کشور را تحت تأثیر قرار خواهد داد. تعادل بین تولید و مصرف غذا در آینده با محاسبه ضریب جینی مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). نسبت سطح محصور بین منحنی و خط قطری به کل مساحت بین خط قطری و محورهای مختصات به ضریب جینی (G) موسوم است و مقدار آن که بین یک و صفر تغییر می‌کند، شدت انحراف از حالت تعادل را مشخص می‌سازد. چنانچه رابطه بین درصدهای تجمعی مصرف و تولید بصورت خط ۱:۱ (خط قطری) باشد، تعادل کامل بین این دو برقرار است و G برابر صفر خواهد بود. در صورت انحراف رابطه دو متغیر از خط قطری، مصرف با تولید متعادل نمی‌باشد در نتیجه مقدار G از صفر بیشتر شده و به سمت یک میل می‌کند. حداکثر عدم تعادل شرایطی خواهد بود که G برابر با ۱ شده و منحنی لورنز بر محورهای x و y منطبق شود.

نتایج و بحث

تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی

ردپای اکولوژیکی کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳



شکل ۲- روند تغییرات ردپای اکولوژیکی کل و غذا در کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) و پیش‌بینی رشد آن تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) که با رگرسیون برون‌یابی شده است.

داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ از WWF (سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۲ میلادی) و هایلز و همکاران (Hails et al., 2006) استخراج شده و ردپای سال ۲۰۱۳ میلادی مربوط به نتایج این تحقیق است.

Fig. 2- Time trend of total and food ecological footprint of Iran between 1990-2013 and predicted trend by 2025 extrapolated using regression

Data points of 1990-2008 were extracted from WWF (2002) and Hails et al. (2006) and for 2012 is the results of this research.

بطور کلی، ظرفیت زیستی ایران (۰/۸۲) هکتار جهانی به ازاء هر نفر در مقایسه با سایر کشورها نسبتاً کوچک و کمتر از نصف متوسط جهانی است. بر اساس گزارش صندوق حمایت از حیات وحش (WWF, 2012) ظرفیت زیستی جهان در سال ۲۰۱۰ میلادی معادل ۱/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر و میانگین آن در کشورهای توسعه یافته ۳/۰۵، در کشورهای در حال توسعه ۱/۴۸ و در خاورمیانه و آسیای مرکزی ۰/۹۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده است که همگی بزرگتر از ایران می‌باشند.

در شکل ۳ ظرفیت زیستی کشور برای هر یک از انواع کاربری اراضی ارائه و با میانگین جهان و آسیا (خاورمیانه و آسیای مرکزی) مقایسه شده است.

(WWF, 2012). اطلاعات اندکی در مورد ردپای کربن کشور در اختیار می‌باشد، شبکه جهانی ردپا (Global Footprint Network, 2010) ردپای کربن ایران در سال ۲۰۰۸ میلادی را ۱/۶۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد کرده است که در حدود ۶۵ درصد از ردپای کل می‌باشد.

ظرفیت زیستی

نتایج این تحقیق نشان داد که از ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کشور ۱۳۱/۴ میلیون هکتار (۷۹/۶ درصد) آن دارای قابلیت تولید بیولوژیکی است و ظرفیت زیستی این اراضی معادل ۷۱/۶ میلیون هکتار جهانی می‌باشد (جدول ۱). در محاسبات ۱۲ درصد از کل ظرفیت زیستی جهت حفظ تنوع زیستی در نظر گرفته می‌شود (Wackernagel & Rees, 1996) و باقیمانده آن یعنی ۶۳ میلیون هکتار جهانی، ظرفیت زیستی واقعی کشور است که با احتساب جمعیت ایران در سال انجام این مطالعه (۱۰۶ X ۷۷/۳ نفر) ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر تخمین زده می‌شود. از کل ظرفیت زیستی کشور ۳۳/۹ میلیون هکتار جهانی مربوط به اراضی زراعی است، البته اراضی حاشیه‌ای که دیم‌زارها را نیز در بر می‌گیرند علی‌رغم مساحت زیاد، دارای ظرفیت زیستی کوچکی هستند که ناشی از پایین بودن ضریب عملکرد این اراضی است. بر اساس میانگین جهانی عملکرد اراضی زراعی حاشیه‌ای (FAO, 2012) ضریب عملکرد این زمین‌ها در کشور ۰/۵۵ بدست آمد (جدول ۱)، در حالی که این ضریب برای اراضی زراعی اصلی در حدود ۰/۹ بود. به عبارت دیگر، عملکرد اراضی حاشیه‌ای کشور در حدود ۵۰ درصد میانگین جهانی است، در حالی که در اراضی اصلی به ۹۰ درصد میانگین عملکرد جهانی می‌رسد. به علاوه، مراتع و جنگل‌های کشور نیز به ترتیب با ضریب عملکرد ۰/۴ و ۰/۵ از ظرفیت زیستی پایینی برخوردارند در حالی که عملکرد آب‌های ماهیگیری کشور بالاتر از میانگین جهانی است (جدول ۱).

جدول ۱- انواع کاربری اراضی همراه با ضرایب معادل و ضرایب عملکرد مربوط به هر کاربری برای محاسبه ظرفیت زیستی کشور
 Table 1- Land use types with equivalence factors and yield factors for each land use for calculation of total biocapacity

اراضی زراعی حاشیه‌ای Marginal croplands	مساحت (ha x 10 ⁶) Area (ha x 10 ⁶)	ضریب معادل Equivalence factor (Gha.ha ⁻¹)	ضریب عملکرد Yield factor	ظرفیت زیستی (Gha x 10 ⁶) Biocapacity (Gha x 10 ⁶)
اراضی زراعی اصلی Original croplands	10.0	1.8	0.55	9.9
مراتع Rangelands	12.3	2.2	0.89	24.0
جنگل‌ها Forests	70.0	0.48	0.40	13.4
آب‌های ماهیگیری Fishing ground	12.5	1.4	0.5	8.8
اراضی ساخت و ساز Built up lands	22.6	0.36	1.15	9.3
کل Total	4.0	2.2	0.7	6.2

اراضی دیم در گروه اراضی زراعی حاشیه‌ای قرار گرفته‌اند.

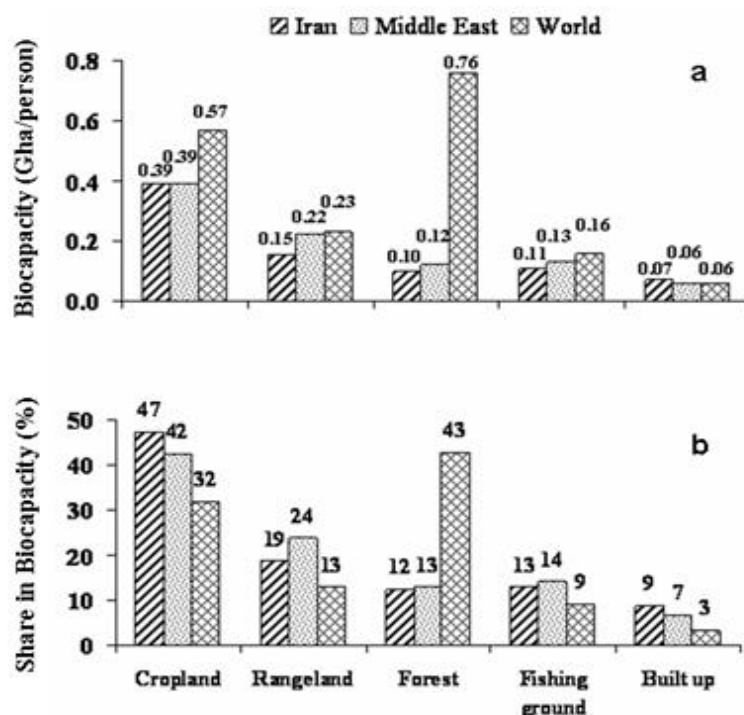
مقدار ضرایب معادل برای هر کاربری به نقل از هایلز و همکاران (Hails et al., 2006)

ضرایب عملکرد برای هر کاربری نسبت میانگین عملکرد کشور به میانگین عملکرد جهانی است، میانگین‌های جهانی به نقل از (FAO, 2012).

Drylands are included in marginal croplands.

The value of equivalence factors from Hails et al. (2006).

Yield factor is national yield: global yield ratio, global yields from FAO (2012).



شکل ۳- مقایسه اجزای ظرفیت زیستی ایران (a) و سهم هر یک از اجزا در ظرفیت زیستی (b) با میانگین خاورمیانه و داده‌های خاورمیانه و جهان از WWF, 2012

Fig. 3- Comparison of the components (a) and share of each component in total biocapacity of Iran (b) with the average of Middle East and world. World and Middle East data from WWF, 2012

غذایی با احتساب جنگل‌ها ۰/۷۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد گردید. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) ردپای اکولوژیکی غذای کشور را در سال ۱۳۹۲ معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بدست آوردند که بر این اساس کمبودی برابر با ۰/۱۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برای تأمین غذای مردم ایران وجود دارد.

تغییرات زمانی ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی

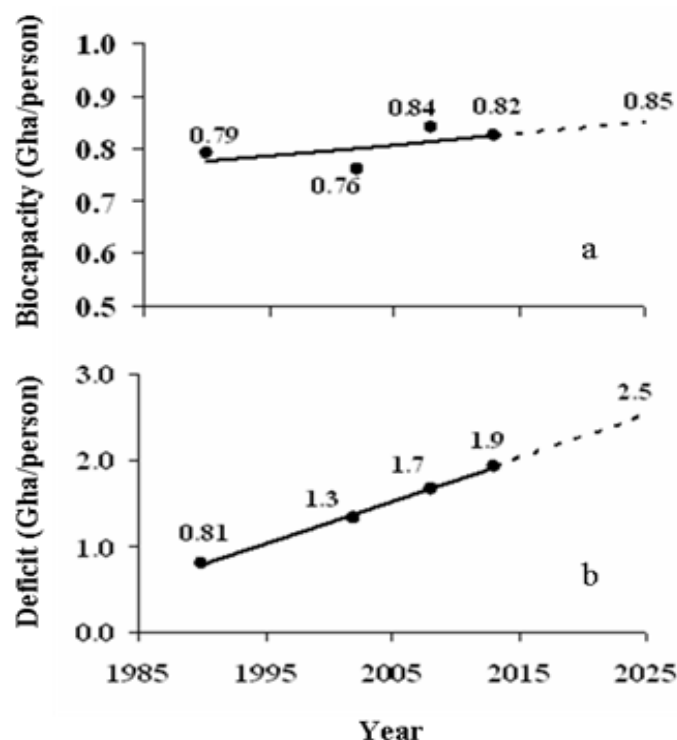
ظرفیت زیستی ایران در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) به طور جزیی افزایش یافته و با رشدی معادل ۰/۱۶ درصد در سال از ۰/۷۹ به ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده است و پیش‌بینی می‌شود با تداوم این روند خطی تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) به ۰/۸۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۴a). تفاضل ردپای اکولوژیکی (شکل ۲) و ظرفیت زیستی (شکل ۴a) شاخصی از شدت بهره‌برداری از منابع می‌باشد که ممکن است منفی (کمبود اکولوژیکی) یا مثبت (مازاد اکولوژیکی) بوده و از طریق آن می‌توان پایداری بوم‌نظام‌ها را مورد ارزیابی قرار داد (Ewing et al., 2010). نتایج نشان داد که در کشور کمبود اکولوژیکی قابل توجهی وجود دارد و این کمبود در طی ۲۳ سال (طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۳ میلادی) با رشدی معادل ۵/۹ درصد در سال از ۰/۸۱ به ۱/۹ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) به ۲/۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۴b).

افزایش کمبود اکولوژیکی کشور طی دوره مطالعه به دلیل افزایش ردپای اکولوژیکی است، زیرا ظرفیت زیستی در این دوره تغییر قابل توجهی نداشته و تا حدودی افزایش نیز یافته است. چنین وضعیتی در مقیاس جهانی نیز مشاهده می‌شود، زیرا ظرفیت زیستی کل جهان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی به مقدار ۱/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر ثابت ماند، در حالی که کمبود اکولوژیکی جهان در طی این دوره ۱۰ ساله از ۰/۴ به ۰/۹ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یافته است (Butchart et al., 2010). بنابراین، برای تأمین نیازهای جمعیت جهان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب به سیاره‌ای ۲۲ و ۵۰ درصد بزرگتر از کره زمین نیاز خواهد بود. بر این اساس، در حال حاضر برای تأمین نیازهای مردم ایران مساحتی ۲/۳ برابر مساحت کشور لازم است که تا سال ۱۴۰۴ به ۲/۹ برابر افزایش خواهد یافت (شکل ۴).

ظرفیت زیستی اراضی زراعی ایران (۰/۳۹ هکتار جهانی بر نفر) مشابه آسیا و کمتر از میانگین جهان است (شکل ۳a)، در حالی که سهم این اراضی در ظرفیت زیستی کل کشور (۴۷ درصد) ۵ درصد بیشتر از آسیا و ۱۵ درصد بیشتر از متوسط جهانی است (شکل ۳b). دلیل این امر پایین بودن ظرفیت زیربسی جنگل‌های ایران (۰/۱ هکتار جهانی بر نفر) در مقایسه با میانگین جهانی (۰/۷۶ هکتار جهانی بر نفر) می‌باشد، وضعیتی که در خاورمیانه و آسیای مرکزی نیز مشهود است. ظرفیت زیستی مراتع کشور نیز تا حدودی کمتر از خاورمیانه و جهان است، ولی این ظرفیت در مورد آب‌های ماهیگیری و اراضی ساخت و ساز تفاوت چشمگیری با میانگین جهان و خاورمیانه ندارد (شکل ۳a).

بطور کلی، بالاترین ظرفیت زیستی مربوط به مناطقی از جهان است که دارای مراتع و جنگل‌های وسیع و بارور می‌باشند (FAO, 2003). برای مثال، در خاورمیانه و آسیای مرکزی بالاترین ظرفیت زیستی (۳/۴۹ هکتار جهانی بر نفر) مربوط به کشور ترکمنستان است که ۵۸ درصد آن مربوط به مراتع می‌باشد (WWF, 2012). در مقابل در کشورهای بیابانی عراق و اردن که کمترین ظرفیت زیستی منطقه را دارند (۰/۲۴ هکتار جهانی بر نفر) سهم مجموع جنگل‌ها و مراتع در ظرفیت زیستی به ترتیب ۲۵ و ۱۳ درصد است (Global Footprint Network, 2011). در آفریقا علی‌رغم وجود بیابان‌های گسترده، ظرفیت زیستی ۱/۵۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر است و جنگل‌ها و مراتع ۶۰ درصد آن را تشکیل می‌دهند. در این قاره کشور گابن دارای بزرگترین ظرفیت زیستی جهان است (۲۸/۷۲ هکتار جهانی بر نفر) که سهم جنگل‌ها و مراتع از این ظرفیت به ترتیب ۷۲ و ۱۷ درصد می‌باشد (WWF, 2012). در کانادا نیز ظرفیت زیستی بسیار بزرگ بوده (۱۴/۹۲ هکتار جهانی بر نفر) و جنگل‌ها ۵۶ درصد آن را بخود اختصاص داده‌اند، در حالی که سهم اراضی زراعی در ظرفیت زیستی این کشور تنها ۱۹ درصد است (Kissinger, 2013).

در بین انواع کاربری‌های موثر در ظرفیت زیستی بجز اراضی مربوط به ساخت و ساز بقیه در تولید غذا نقش دارند (Kissinger & Rees, 2010) البته سهم جنگل‌ها بسته به منطقه متغیر است. در مقیاس جهانی ۳۰-۴۰ درصد از کل تولیدات غذایی از جنگل تأمین می‌شود و سهم این اراضی در برخی مناطق آفریقا، آسیا و آمریکای جنوبی بیش از ۵۰ درصد نیز گزارش شده است (MEA, 2005). اگرچه بنظر می‌رسد که در ایران جنگل‌ها جایگاه عمده‌ای در تولید غذا ندارند، ولی در این تحقیق ظرفیت زیستی موثر در تولید مواد



شکل ۴- روند تغییرات ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) و پیش‌بینی رشد آن تا سال ۲۰۲۵ (۱۴۰۴ شمسی) برون‌یابی شده با رگرسیون

داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ میلادی از هیلز و همکاران (Hails et al., 2006) و WWF (2002; WWF, 2012) استخراج شده و ردپای سال ۲۰۱۲ مربوط به نتایج این تحقیق است.

Fig. 4- Time trend of biocapacity and ecological deficit of Iran between 1990-2013 and predicted trend by 2025 extrapolated using regression

Data points of 1990-2008 were extracted from Hails et al. (2006) and WWF (2002; 2012) and for 2012 is the results of this research.

(Monfreda et al., 2004; Wiedmann & Lenzen, 2007): واردات از سایر مناطق که نتیجه آن کمبود تجارت اکولوژیکی^۱ است. برای مثال، کشورهایی نظیر گابن که ظرفیت زیستی آنها بزرگتر از ردپای اکولوژیکی است. مازاد اکولوژیکی خود را به کشورهایی نظیر قطر یا کویت که با کمبود شدید اکولوژیکی مواجهند صادر می‌کنند، در نتیجه نوعی کسری در تجارت منابع اکولوژیکی برای کویت و قطر بوجود خواهد آمد، زیرا ردپای اکولوژیکی صادرات برای کشور واردکننده محاسبه می‌شود. راه حل دوم بهره‌برداری بیشتر از منابع محلی است که باعث تخلیه شدید سرمایه‌های طبیعی یا اصطلاحاً زیاده‌روی اکولوژیکی^۲ خواهد شد. زیاده‌روی در واقع نشان‌دهنده وضعیتی است که در آن سرعت مصرف منابع بیشتر از سرعت بازسازی منابع تخلیه شده باشد (White, 2007). باید توجه داشت که بکارگیری هر یک از این دو راه حل برای جبران کمبود اکولوژیکی در

در سال ۲۰۱۰ میلادی میانگین کمبود اکولوژیکی درخاورمیانه و آسیای مرکزی ۱/۳۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده و کشورهای قطر و کویت به ترتیب با ۹/۶ و ۹/۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بالاترین کمبود اکولوژیکی جهان را بخود اختصاص دادند، در همین سال کشور آفریقایی گابن بیشترین مازاد اکولوژیکی جهان به میزان ۲۶/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر را دارا بود (WWF, 2012).

به اعتقاد واکرنیجل و ریس (Wackernagel & Rees, 1996) جامعه پایدار جامعه‌ای است که نیازهای خود را تنها از اراضی موجود در قلمرو یا منطقه خود تأمین کند و در نتیجه کمبود اکولوژیکی نداشته باشد. البته این دیدگاه مورد انتقاد اقتصاد دانان قرار گرفته است، زیرا در صورت پذیرش این سیاست برای دستیابی به توسعه پایدار، تجارت جهانی متوقف خواهد شد (Moffat, 2000). بنابراین، با تغییر الگوهای مصرف جوامع بدلیل افزایش درآمد سرانه بروز کمبود اکولوژیکی اجتناب‌ناپذیر بنظر می‌رسد (Kitzes & Wackernagel, 2009).

کمبود اکولوژیکی را از دو طریق می‌توان جبران کرد

1- Ecological trade deficit
2- Ecological overshoot

data

یادآوری می‌شود که در صورت انحراف منحنی از خط قطری، مصرف با تولید متعادل نمی‌باشد و شاخصی که به ضریب جینی (G) موسوم است شدت انحراف از حالت تعادل را مشخص می‌سازد. در سال ۱۳۹۲ شمسی ضریب جینی بین تولید و مصرف ۰/۲۸ برآورد شد که نشان‌دهنده ۲۸ درصد انحراف از خط قطری است.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نیز نشان دادند که در این سال ضریب خودکفایی مواد غذایی (نسبت تولید به مصرف) در کشور در حدود ۰/۸۷ است، یعنی مصرف ۱۳ درصد بیشتر از تولید می‌باشد. واضح است که با توجه به افزایش پیش‌بینی شده برای ردپای اکولوژیک کشور (شکل ۲)، ضریب جینی در طی دهه آینده تغییر خواهد کرد و انتظار می‌رود که با افزایش تقاضا برای مواد غذایی به دلیل پیشی گرفتن مصرف از تولید این ضریب نیز افزایش یابد.

در شکل ۶ منحنی لورنز برای سال ۱۴۰۴ شمسی تحت چهار سناریوی مختلف برآورد شده و در هر سناریو تداوم تولید با کارایی فعلی استفاده از منابع و نیز تولید با ۲۰ درصد افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن محاسبه و نتایج با منحنی مربوط به سال ۲۰۱۳ ($G=0/28$) مقایسه شده است، ضریب جینی (G) و شاخص خودکفایی یا نسبت تولید به مصرف مواد غذایی (SSI)^۱ مربوط به هر سناریو نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

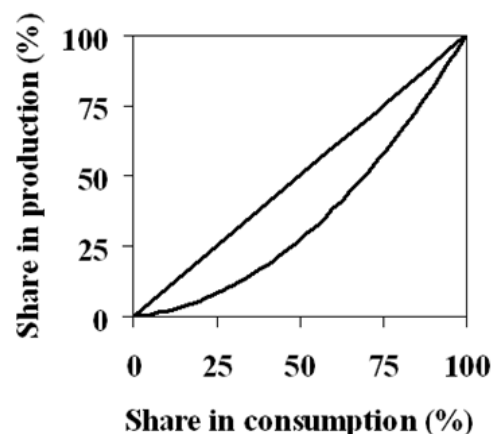
نتایج نشان داد که افزایش کارایی تأثیر قابل توجهی بر ضریب جینی دارد، در سناریوی A₂ (۱۸ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) مقدار G به ۰/۳ رسید، در حالی که با افزایش کارایی مصرف منابع ضریب جینی به ۰/۱۸ کاهش یافت که نشان‌دهنده تعادل بیشتر بین مصرف و تولید است و نتیجه آن، افزایش شاخص خودکفایی (SSI) کشور ۰/۹۱ خواهد بود (جدول ۲). در سناریوی B₁ (۲۲ درصد افزایش مصرف گوشت و لبنیات) G برابر ۰/۳۴ و SSI معادل ۰/۷۷ بدست آمد و با افزایش کارایی مقدار این دو شاخص به ترتیب به ۰/۲۷ و ۰/۸۹ رسید. در سناریوی B₂ (۲۶ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) افزایش کارایی ضریب جینی را کاهش داد، بطوری که این ضریب و شاخص خودکفایی غذایی کشور در سال ۲۰۰۴ تقریباً مشابه سال ۲۰۱۳ میلادی حفظ خواهد شد (جدول ۲ و شکل ۶). در سناریوی A_{1b} (۲۹ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) مقدار G معادل ۰/۴۰ بود و افزایش کارایی این ضریب را به ۰/۳۲ کاهش داد و در نتیجه SSI نیز از ۰/۷۰ به ۰/۷۸ رسید.

نهایت، باعث بروز زیاده‌روی در مقیاس بزرگتر خواهد شد. برای مثال، صمدپور (Samadpour, 2006) نشان داد که ردپای اکولوژیکی منطقه الهیه در تهران ۲/۵ برابر ردپای شهر تهران است، این منطقه نیازهای خود را در وهله اول از شهر تهران تأمین می‌کند، در نتیجه زیاده‌روی ساکنین این منطقه به تهران وارد می‌شود. در مقیاس بزرگتر، شهر تهران (از جمله منطقه الهیه) نیازهای خود را از مناطق مختلف کشور وارد کرده و مازاد نهران به تمامی ایران تحمیل می‌شود. در بزرگترین مقیاس، ایران برای جبران کمبود اکولوژیکی نیازهای خود را از سراسر جهان تأمین می‌کند که در نهایت باعث تجمع مازاد اکولوژیکی در جهان خواهد شد.

در سال‌های اخیر محققین بالا بردن کارایی استفاده از منابع را به عنوان راهکار دیگری برای کاهش کمبود اکولوژیکی مورد توجه قرار داده‌اند (Kitzes et al., 2009). در بوم نظام‌های زراعی بالا بردن عملکرد از طریق افزایش مصرف منابع ردپای انرژی و در نتیجه کل ردپای اکولوژیکی را افزایش داده و کمبود اکولوژیکی را عمیق‌تر خواهد کرد، در حالی که افزایش عملکرد بدون مصرف نهاده بیشتر و از طریق افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها باعث جبران کمبود اکولوژیکی می‌شود (Khan & Hanjra, 2008). به نظر می‌رسد که این روش راهکاری مؤثر و بوم‌سازگار برای کاهش ردپای اکولوژیکی کشور در سال‌های آینده باشد.

تأثیر افزایش کارایی استفاده از منابع بر تعادل تولید و مصرف غذا

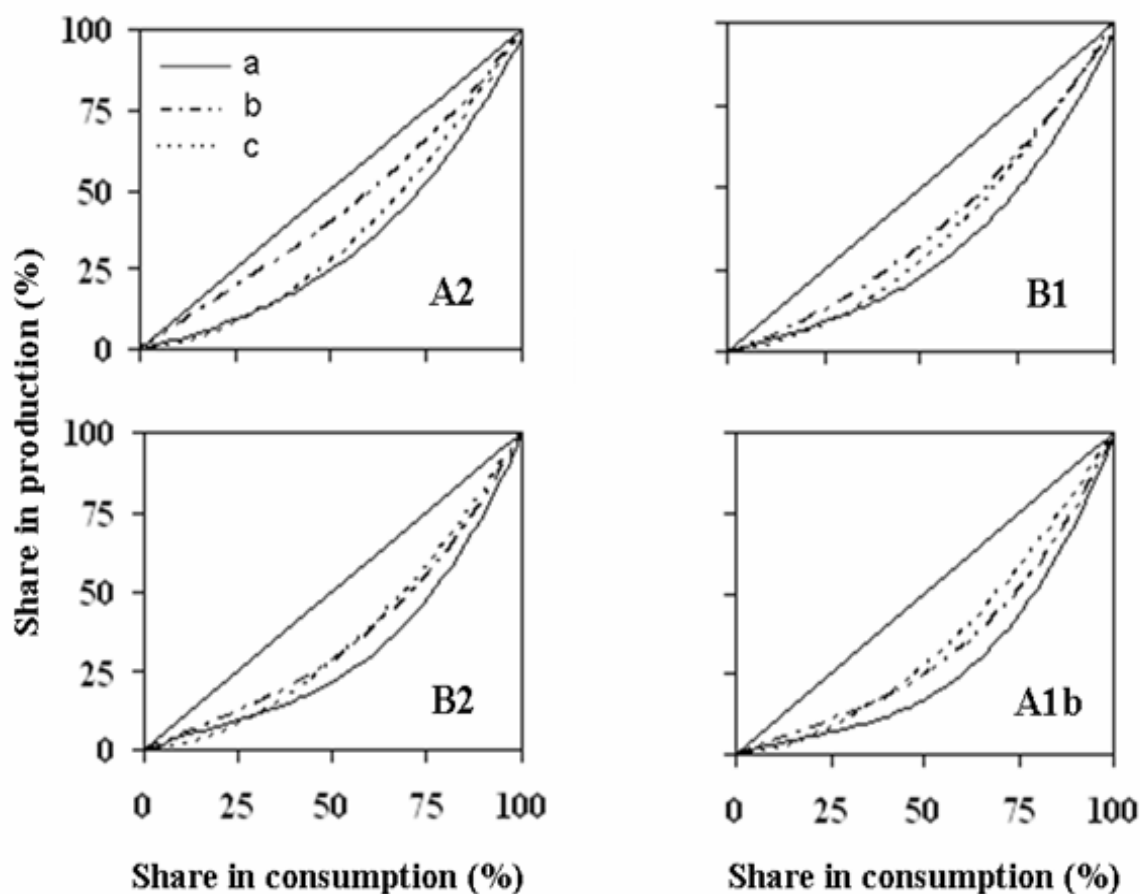
در شکل ۵ منحنی لورنز برای توصیف رابطه بین تولید و مصرف مواد غذایی کشور در سال ۱۳۹۲ شمسی ارائه شده است.



شکل ۵- منحنی لورنز و سطح محصور زیر منحنی (ضریب جینی) برای توصیف تعادل بین تولید و مصرف مواد غذایی در کشور بر اساس داده‌های سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲)

Fig. 5- Lorenz curve and area under the curve (Gini coefficient) which describes the relation between food production and consumption in the country, based on 2013

1- Self sufficiency index



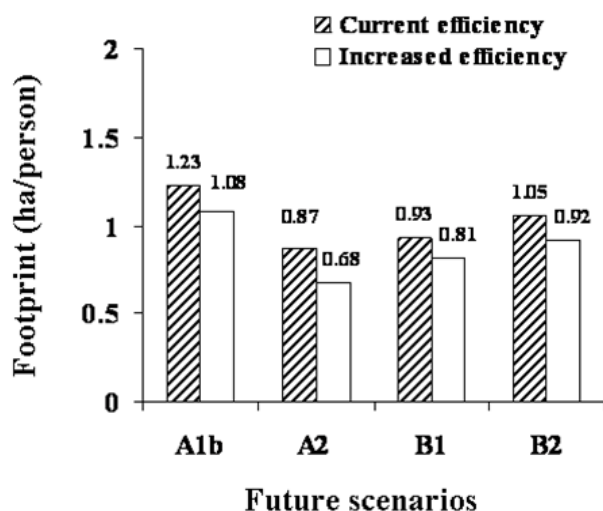
شکل ۶- منحنی لورنز و سطح محصور زیر منحنی (ضریب جینی) در سناریوهای مختلف مصرف غذا در سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) پیش‌بینی در دو شرایط انجام شده: (b) تداوم تولید با کارایی فعلی، (c) تولید با ۲۰ درصد افزایش کارایی در هر سناریو نتیجه با منحنی بدست آمده برای سال ۲۰۱۳ میلادی (a) مقایسه شده است. مقدار ضرایب جینی در جدول ۲ ارائه شده اند.

Fig. 6- Lorenz curve and area under the curve (Gini coefficient) for different food consumption scenarios for 2025 Predictions were made under two future situations: (b) current resource use efficiency, (c) 20% increase in efficiency for each scenario the results are compared with the curve calculated for 2013. Value of Gini coefficients are shown in Table 2.

جدول ۲- مقادیر ضریب جینی (G) و شاخص خودکفایی (SSI) در سناریوهای مختلف آینده محاسبه شده با کارایی استفاده از منابع به میزان فعلی و ۲۰ درصد افزایش آن

Table 2- Values of Gini coefficient (G) and self sufficiency index (SSI) under different future scenarios calculated with the current resource use efficiency and with 20% increment

سناریوهای آینده Future scenarios	کارایی فعلی Current efficiency		افزایش کارایی Increased efficiency	
	G	SSI	G	SSI
B ₁	0.34	0.74	0.27	0.89
A _{1b}	0.40	0.70	0.32	0.78
B ₂	0.32	0.79	0.28	0.87
A ₂	0.30	0.80	0.18	0.91



شکل ۷- ردپای اکولوژیکی غذای کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی بر اساس چهار سناریوی مختلف مصرف گوشت و لبنیات محاسبات با کارایی استفاده از منابع به میزان فعلی و ۲۰ درصد افزایش آن انجام شده است.

Fig. 7- Ecological footprint of food stuffs under different future scenarios for consumption of meat and dairy products

Calculated with the current resource use efficiency and with 20% increment.

بر اساس این نتایج بالاترین ردپای غذا (۱/۲۳ هکتار بر نفر) در سناریوی A1b و کمترین مقدار آن (۰/۸۷ هکتار بر نفر) در سناریوی A2 حاصل خواهد شد و دو سناریوی دیگر بین این مقادیر می‌باشد. افزایش کارایی استفاده از منابع (آب و نیتروژن) ردپای غذا را در تمامی سناریوهای آینده کاهش خواهد داد (شکل ۷)، بطوری‌که حتی در بالاترین میزان افزایش مصرف گوشت و لبنیات (سناریوی A1b) نیز ردپای غذا به ۱/۰۸ هکتار به ازاء هر نفر می‌رسد که تقریباً مشابه مقدار پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۴ با رشد فعلی مصرف فرآورده‌های دامی (شکل ۲) می‌باشد. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد افزایش کارایی مصرف منابع راهکار مناسبی در جهت کاهش ردپای غذای کشور در آینده باشد. فان فورن و بوومان (van Vuuren & Bouwman, 2005) روند گذشته و آینده ردپای اکولوژیکی در ۱۷ منطقه جغرافیایی جهان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در طی دو دهه آینده ردپای سرانه در قاره آسیا به دلیل افزایش تقاضا برای مواد غذایی و مصرف بیشتر منابع افزایش می‌یابد، در حالی‌که در آفریقا به علت افزایش سریع عملکرد محصولات زراعی در واحد سطح (افزایش کارایی منابع) ردپای اکولوژیکی سرانه تا حدودی کاهش خواهد یافت. البته بر اساس یافته‌های این تحقیق تفاوت‌های موجود بین ردپای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تا سال ۲۰۲۵

این نتایج مؤید آن است که تا سال ۱۴۰۴ شمسی افزایش مصرف گوشت و لبنیات عدم تعادل بین تولید داخلی و مصرف را نسبت به شرایط فعلی بیشتر می‌کند، ولی افزایش کارایی استفاده از منابع بسته به سناریوی آینده، این وضعیت را به میزان قابل ملاحظه‌ای تعدیل خواهد کرد.

در گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2006) ذکر شده است که وضعیت غذایی حال و آینده جهان تابع میزان تولید و مصرف غلات و فرآورده‌های دامی می‌باشد و بنابراین، ارزیابی‌های جهانی بر این دو گروه غذایی متمرکز است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نشان دادند با وجودی‌که سهم گوشت و لبنیات در کل غذای مصرفی کشور ۱۵/۵ درصد می‌باشد، ولی این گروه‌های غذایی ۴۷ درصد از ردپای غذا را بخود اختصاص داده‌اند. پایین بودن کارایی تبدیل علوفه به گوشت و مصرف بیشتر آب و انرژی در تولید محصولات دامی علل اصلی این امر می‌باشند، زیرا مصرف آب برای تولید گوشت (۱۵۰۰-۴۰۰۰ لیتر بر کیلوگرم) به مراتب بیشتر از غلات (۲۰۰۰-۱۰۰۰ لیتر بر کیلوگرم) است. به علاوه، برای تولید مقدار مساوی کالری از گوشت در مقایسه با غلات به ۲/۵ تا ۱۰ برابر انرژی بیشتر نیاز است (Molden et al., 2007). برآوردها نشان می‌دهد که در حدود یک سوم غلات تولید شده در جهان در تعلیف دام بکار برده می‌شود (de Fraiture et al., 2007) و افزایش مصرف محصولات دامی تقاضا برای غلات در تغذیه دام را تشدید می‌کند. نتیجه این امر که در یافته‌های این تحقیق نیز مشاهده شد عدم تعادل بین تولید و مصرف غذا و کاهش خودکفایی غذایی خواهد بود. بالابردن کارایی استفاده از منابع در تولید محصولات زراعی راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد بدون نیاز به نهاده یا سطح زیر کشت بیشتر می‌باشد (Gerbens-Leenes & Nonhebel, 2002). خان و هانجیرا (Khan & Hanjra, 2008) نشان دادند که با افزایش مصرف گوشت ردپای آب و انرژی نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت و نتیجه‌گیری کردند که بالا بردن کارایی استفاده از آب و سایر نهاده‌ها مؤثرترین روش برای تعدیل این شرایط است.

تأثیر افزایش کارایی استفاده از منابع بر ردپای اکولوژیکی غذا

در شکل ۷ ردپای غذای کشور در سناریوهای مختلف آینده برای سال ۱۴۰۴ شمسی ارائه شده است.

میلادی به شکل فعلی باقی خواهد ماند.

نکته قابل توجه در مطالعه فان فورن و بوومان (van Vuuren & Bouwman, 2005) محاسبه ردپای آینده مناطق مختلف بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم است. این محققین نشان دادند که بسته به نوع سناریوی تغییر اقلیم، اراضی مورد نیاز برای ترسیب دی‌اکسید کربن مازاد در اتمسفر به ردپای سرانه افزوده شده و در این صورت میانگین ردپای اکولوژیکی جهان در سال ۲۰۲۵ در مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین وضعیت بین ۲/۴ تا ۴ هکتار جهانی به ازای هر فرد خواهد بود. این در حالی است که تداوم تخریب منابع (به ویژه از بین رفتن جنگل‌های مناطق حاره) ظرفیت زیستی جهان را کاهش داده و در نتیجه کمبود اکولوژیکی فعلی عمیق‌تر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

ارزیابی وضعیت پایداری بوم نظام‌ها از طریق برآورد ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی علیرغم برخی کاستی‌ها روشی پذیرفته شده و رایج محسوب می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ردپای اکولوژیکی غذا و کل کشور در طی دو دهه گذشته روندی افزایشی داشته و پیش‌بینی می‌شود که این روند تا سال ۱۴۰۴ شمسی همچنان تداوم یابد. این در حالی است که ظرفیت زیستی کشور در

منابع

- Andersen, P., Lorch, R.P., and Rosegrant, M.W. 2009. World Food Prospects: Critical Issues for the Twenty First Century. Food Policy Report, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Bagliani, M., Galli, A., Niccolucci, V., and Marchettini, N. 2008. Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: The case of the Province of Siena (Italy). *Journal of Environmental Management* 86: 354–364
- Butchart, S.H., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P., Almond, R.E., Baillie, J.E., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Hernandez Morcillo, M., Oldfield, T.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.C., and Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328(5982): 1164–8.
- De Fraiture, C., Wichelns, D., Rockström, J., Kemp-Benedict, E., Eriyagama, N., Gordon, L.J., Hanjra, M.A., Hoogeveen, J., Huber-Lee, A., and Karlberg, L. 2007. Looking ahead to 2050: scenarios of alternative investment approaches. In: Molden, D. (Ed.), *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Water for Food, and Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan/International Water Management Institute, London/Colombo.
- Ewing, B., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., Moore, D., and Wackernagel, M. 2009. *Ecological Footprint Atlas*. Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.
- Ewing, B., Reed, A., Galli, A., Kitzes, J., and Wackernagel, M. 2010. *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2010 ed.* Global Footprint Network, Oakland.
- FAO. 2003. *State of the World's Forests 2003*. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2006. *World agriculture: towards 2030/2050 – Interim report*. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2012. *FAOStat: faostat.fao.org/*.
- Ferng, J.J. 2002. Toward a scenario analysis framework for energy footprints. *Ecological Economics* 40(1): 53–69.
- Flint, K. 2001. Institutional ecological footprint analysis: A case study of the University of Newcastle, Australia. *International Journal of Higher Education* 2: 48–62.

دهه آینده نسبت به حال حاضر تغییر محسوسی نخواهد کرد و در نتیجه کمبود اکولوژیکی کشور به ۲/۵ هکتار جهانی به ازای هر نفر خواهد رسید. این وضعیت باعث تشدید فشار بر منابع طبیعی و تنوع زیستی شده و پایداری محیطی را بیش از پیش به مخاطره خواهد انداخت. به علاوه، با افزایش تقاضا برای فرآورده‌های دامی خود کفایی غذایی کشور نیز کاهش می‌یابد. مطالعه وضعیت آینده با سناریوهای مختلف مصرف گوشت و لبنیات نشان داد که افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها (آب و نیتروژن) راهکار مناسبی برای تعدیل این اثرات و کاهش نسبی ردپای غذای کشور می‌باشد. لازم به ذکر است که در سناریوهای مورد بررسی در این پژوهش تأثیر الگوهای رشد جمعیت و تغییر اقلیم در سال ۱۴۰۴ شمسی در نظر گرفته نشده است. بنابراین، انجام مطالعات بیشتر در مورد پیامدهای این تغییرات بر ردپای اکولوژیکی کشور از جمله اولویت‌های پژوهشی محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهش شماره ۱۴۹۲۰/۱ مورخ ۱۳۸۹/۰۴/۰۱ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

- Gan, Y., Liang, C., Huang, G., Malhi, S.S., Brandt, S.A., and Mupondwa, F.K. 2012. Carbon footprint of canola and mustard is a function of the rate of N fertilizer. *International Journal of Life Cycle Assessment* 17: 58–68.
- Gerbens-Leenes, P.W., and Nonhebel, S. 2002. Consumption patterns and their effect on land required for food. *Ecological Economics* 42: 185–199.
- Global Footprint Network. 2010. *Ecological Wealth of Nations* Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.
- Global Footprint Network. 2011. *The National Footprint Accounts*. Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.
- Hails, C., Loh, J., and Goldfinger, S. 2006. *Living Planet Report*. 2006. World Wide Fund for Nature International (WWF), Zoological Society of London (ZSL), Global Footprint Network, Gland, Switzerland.
- IMAGE-team. 2001. *The IMAGE 2.2 Implementation of the SRES Scenarios*. RIVM, Bilthoven, the Netherlands.
- Khan, S., and Hanjra, M.A. 2008. Footprints of water and energy inputs in food production- Global perspectives. *Food Policy* 34(2): 130-140.
- Kissinger, M. 2013. Approaches for calculating a nation's food ecological footprint-The case of Canada. *Ecological Indicators* 24: 366–374.
- Kissinger, M., and Rees, W.E. 2010. An interregional ecological approach for modeling sustainability in a globalizing world—reviewing existing approaches and emerging directions. *Ecological Modelling* 221(21): 2615–2623.
- Kitzes, J., and Wackernagel, M. 2009. Answers to common questions in ecological footprint accounting. *Ecological Indicators* 9: 812–817.
- Kitzes, J., Galli, A., Bagliani, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., Erb, K., Giljum, S., Haber, H., Hails, C., Jolia-Ferrier, L., Jungwirth, S., Lenzen, M., Lewis, K., Loh, J., Marchettini, N., Messingero, H., Milnek, K., Molesp, R., Monfred, C., Moran, D., Nakano, K., Pyhälä, A., Rees, W., Simmons, C., Wackernagel, M., Wada, Y., Walsh, C., and Wiedmann, T. 2009. A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. *Ecological Economics* 68: 1991–2007.
- Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., and Cheng, D. 2008. Shrink and share: humanity's present and future Ecological Footprint. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 363(1491): 467-475.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2019. Ecological footprint of foodstuff (foodprint) in Iran. *Journal of Agroecology* 10(4): 1023-1034. (In Persian with English Summary)
- Lenzen, M., and Murray, S.A. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics* 37: 229–255.
- Li, G.L., Wang, Q., Gu, X.W., Liu, J.X., Ding, Y., and Liang, G.Y. 2008. Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus. *Ecological Indicators* 8: 75–78.
- MEA. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington DC, Island Press for WRI.
- Moffat, I. 2000. Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics* 32: 359–62.
- Molden, D., Oweis, T.Y., Steduto, P., Kijne, J.W., Hanjra, M.A., Bindraban, P.S., Bouman, B.A.M., Cook, S., Erenstein, O., Farahani, H., Hachum, A., Hoogeveen, J., Mahoo, H., Nangia, V., Peden, D., Sikka, A., Silva, P., Turrall, H., Upadhyaya, A., and Zwart, S. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In: Molden, D. (Ed.), *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Water for Food, and Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan/International Water Management Institute, London/Colombo.
- Monfreda, C., Wackernagel, M., and Deumling, D. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity accounts. *Land Use Policy* 21: 231–246.
- Moore, D., Cranston, G., Reed, A., and Galli, A. 2012. Projecting future human demand on the Earth's regenerative capacity. *Ecological Indicators* 16: 3- 10.
- Samadpour, F. 2006. Assessment of environmental effects and high density urban development with ecological footprint (Case study: district of Elahieh in Tehran city). PhD Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Siche, J.R., Agostinho, F., Ortega, E., and Romeiro, A. 2008. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the energy performance indices. *Ecological Economics* 66: 628–637.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., and Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292(5515): 281–284.
- Van Vuuren D.P., and Smeets, E.M.W. 2000. Ecological footprints of Benin Bhutan, Costa Rica, and the Netherlands. *Ecological Economics* 34:115–30.
- Van Vuuren, D.P., Bouwman, L.F. 2005. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions. *Ecological Economics* 52: 43-62.

- Wackernagel, M., and Rees, W.E. 1996. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wackernagel, M., and Silverstein, J. 2000. Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint. *Ecological Economics* 32: 391–394.
- Wackernagel, M., and Yount, J.D. 2000. Footprints for sustainability: the next steps. *Environment, Development and Sustainability* 2: 21–42.
- Wackernagel, M., White, K.S., and Moran, D. 2004. Using Ecological Footprint accounts: from analysis to applications. *International Journal of Environment and Sustainable Development* 3(3/4): 293–315.
- White, T.J. 2007. Sharing resources: The global distribution of the Ecological Footprint. *Ecological Economics* 64: 402–410.
- Wiedmann, T., and Lenzen, M. 2007. On the conversion between local and global hectares in Ecological Footprint analysis. *Ecological Economics* 60: 673–677.
- WWF. 2002. Living Planet Report 2002. World Wildlife Found Editor.
- WWF. 2012. Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices. Gland, Switzerland.



Temporal Trends of Ecological Footprint of Foodstuffs in Iran and Evaluation of Future Scenarios

M. Nassiri Mahallati^{1*}, A. Koocheki¹ and S. Khorramdel²

Submitted: 23-10-2014

Accepted: 03-12-2014

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Khorramdel, S. 2019. Temporal trends of ecological footprint of foodstuffs in Iran and evaluation of future scenarios. *Journal of Agroecology*. 10(4):1035-1050.

Introduction

Ecological footprint is an index based on the land area needed for basic requirements and also the waste disposal of an individual in a specific geographic location and usually calculated on the basis of area per capita which is normally global hectare (Gha) per capita. Total world ecological footprint for the year 2010 has been estimated to be 18.2 billion Gha with a per capita 2.7 Gha. Biocapacity is another concept which together with footprint sustainability of ecosystems means the whole area of a specific geographic region which has a proper biomass production and waste absorption capacity. Measurement of ecological footprint together with biocapacity provides useful information on the intensity of resource use and the status of environmental sustainability. Evaluation of footprint by national bodies has been emphasized more, rather than the international ones. Footprint for food production also called foodprint is the area required for food production for a population (energy required for transportation and processing is not consider). The purpose of present study was to evaluate production and consumption status of different groups of agricultural foods and to measure the foodprint in Iran. Calculation of biocapacity and ecological deficiency in the country with regards to different consumption pattern was other purpose of this study.

Materials and Methods

Time trends of food and total ecological footprint, biocapacity and ecological deficit of Iran during 1990-2013 were analyzed and based on trend equation the value of these indices were predicted for 2025.

Data was collected for different group of agriculture foods from Ministry of Jihad Agriculture, Ministry of Commerce and also from other published data in official databases in the country.

The effect of the amount of consumption on foodprint was considered on the basis of the above scenarios for the population of the country in year 2050. Furthermore the effect of water and nitrogen use efficiency on foodprint was also considered on the bases of food production in the present pattern and in a condition where these efficiencies are enhanced by 20%. The balance between production and consumption in the future was calculated by Gini coefficient.

Results and Discussion

Results indicate that food and total footprint were increased respectively, by 3.3 and 2.9% per year, during the study period and this trend would be led to 1.05 and 3.34 Gha/person for food and total footprint, respectively. Total biocapacity of the country in 2013 was estimated as 0.82 Gha/person which was lower than the value for world (1.8 Gha/person) and Middle East average (0.91 Gha/person). Croplands accounted for 47% of total biocapacity of the country while forests and rangelands contributed by 30%. During the study period, biocapacity showed a positive trend but with a slow slope toward leading to 0.85 Gha/person in 2025. Ecological deficit of the country (ecological footprint minus biocapacity) which was 0.7 Gha/person in 1990 has increased by 5.9% per year with a value of 1.9 Gha/person in 2013 and predicted to reach 2.5 Gha/person by 2025. The balance between consumption and national food production as well as footprint of food stuffs were analyzed under 4 scenarios based on different level of consumption of meat and dairy. In all scenarios of increase in consumption of animal products, the unbalanced relation of

1- and 2- Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: mnassiri@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.40525

consumption/production was intensified and resulted in decreased self-sufficiency index and increased footprint of food stuffs.

Conclusion

Foodprint for Iran is 0.88 Gha. For the different group of food the highest foodprint (0.43 Gha per person) is for animal products. Population growth together with increasing per capita income has changed food consumption pattern and hence the demand for more food has caused higher pressure on natural resources and more food to be imported. This is the case in most developing countries. Results showed that enhancement of resource use efficiency (water and nitrogen) by 20% higher than the current values could led to improvement of agricultural self-sufficiency and considerable reduction of footprint in all future scenarios. Our results showed that with increasing efficiency of resource use (water and nitrogen) foodprint can be reduced.

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Biocapacity, Ecological deficit, Food self-sufficiency, Gini coefficient



تنوع زیستی حشرات در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و رایج گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه فریمان

منصوره محلوجی راد^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، مهدی پارسا^۳، قربانعلی اسدی^۳ و ناصر شاهنوشی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۰

محلوجی راد، م.، رضوانی مقدم، پ.، پارسا، م.، اسدی، ق. و شاهنوشی، ن. ۱۳۹۷. تنوع زیستی حشرات در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و رایج گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه فریمان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۶۶-۱۰۵۱.

چکیده

حفظ و افزایش تنوع زیستی حشرات در بوم‌نظام‌های ارگانیک به عنوان یکی از مهمترین مؤلفه‌های اصلی در کنترل آفات بدون کاربرد سموم شیمیایی مطرح بوده و نقش بسزایی در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و رسیدن به پایداری در کشاورزی دارد. هدف از انجام این مطالعه بررسی تنوع زیستی حشرات در دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در مزارع شهرستان فریمان بود. برای این منظور تحقیقی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزارع گندم و سیب‌زمینی رایج و ارگانیک این شهرستان انجام گرفت. نمونه‌برداری از سطح مزارع رایج و ارگانیک در طول فصل رشد و در سه زمان مختلف (در سیب زمینی ۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ روز پس از کاشت و در گندم ۲۰۰، ۲۲۵ و ۲۵۵ روز پس از کاشت) انجام گرفت. تعداد حشره در هر خانواده حشرات شناسایی شد. شاخص‌های مورد بررسی در دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک شامل شاخص‌های تنوع شانون-ویور، سیمپسون و مارگالف، ضرایب یکنواختی پیلو و سیمپسون، غنای گونه‌ای و همچنین تنوع آلفا و بتا بودند. نتایج آزمایش نشان داد که مزرعه ارگانیک گندم نسبت به مزرعه رایج از غنای گونه‌ای بیشتری برخوردار بود که در مجموع، ۴۱ خانواده برای کشت ارگانیک و ۳۴ خانواده در کشت رایج گندم جمع‌آوری شد. تنوع آلفا در کشت رایج گندم بیشتر از کشت ارگانیک بود، در صورتی که از لحاظ تنوع بتا کشت ارگانیک نسبت به رایج برتری داشت. در گیاه سیب‌زمینی غنای گونه‌ای در کشت رایج بیشتر از ارگانیک بود که برای دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک به ترتیب ۲۲ و ۱۸ خانواده مختلف از حشرات به دام افتادند. میزان تنوع آلفا و بتا نیز در کشت رایج سیب‌زمینی در مقایسه با کشت ارگانیک آن بالاتر بود. کمتر بودن تنوع گیاهی کمتر اطراف مزارع به عنوان زیستگاه حشرات را می‌توان دلیل اصلی کاهش تنوع زیستی حشرات در بوم‌نظام ارگانیک سیب‌زمینی عنوان کرد. اختلاف معنی‌داری نیز بین دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک گندم و سیب‌زمینی از لحاظ شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی مورد بررسی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: تنوع آلفا، تنوع بتا، شاخص تنوع، غنای گونه‌ای

مقدمه

بیماری‌ها کمک کند (Sandhu et al., 2010). سندو و همکاران (Sandhu et al. 2010) بیان کردند که ۹۹ درصد جمعیت آفات و بیماری‌های بوم‌نظام‌های زراعی بوسیله دشمنان طبیعی آنها (شکارگرها، پارازیت‌ها^۲ و پاتوژن‌ها^۳) کنترل می‌شوند. تنوع زیستی حشرات با اکولوژی هر منطقه ارتباط زیادی دارند و این امر باعث شده جمعیت و تنوع حشرات به عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی وضعیت بسیاری از محیط‌ها و تولیدات آنها استفاده شود (Kevan, 1999).

تنوع بالای حشرات در بوم‌نظام‌های زراعی نقش بسزایی در کارکرد این بوم‌نظام‌ها ایفا می‌کند. تنوع زیستی حشرات می‌تواند به مهار زیستی آفات (دشمنان طبیعی جمعیت آفات را کنترل می‌کنند)، گرده‌افشانی (برای تولید دانه) و کنترل بیولوژیک علف‌های هرز و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد و دانشیار گروه اکروتکنولوژی،

دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*)- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir)

۴- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI:10.22067/jag.v10i4.45973

2- Parasites

3- Pathogene

زیستی حشرات به طور کلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. رضایی نوده و همکاران (Rezaye-Nodeh et al., 2011) با مطالعه تنوع زیستی سوسک‌های Carabidae در محصولات کلزا (*Brassica napus* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، گوجه-فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و سویا (*Glycine max* L.) با استفاده از شاخص شانون در مزارع شهرستان آزادشهر در استان گلستان بیان کردند سوسک‌های این خانواده در این مزارع از غنای گونه‌ای بالایی برخوردارند و شاخص شانون آنها به ترتیب ۲/۵، ۲/۸، ۱/۸ و ۲ می‌باشد. خداشناس (Khodashenas, 2008) با بررسی تنوع زیستی مزارع گندم در سه منطقه استان خراسان تحت سه نظام، کم‌نهاد، پرنهاد و طبیعی نشان دادند حداکثر تنوع زیستی حشرات با استفاده از شاخص شانون در نظام‌های طبیعی شهرستان شیروان وجود دارد.

با توجه به نقش قابل توجه حشرات در کارکرد بوم‌نظام‌ها، بخصوص بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و عوامل مؤثر بر تنوع زیستی آنها و پتانسیل بالای توسعه کشاورزی ارگانیک در ایران، این پژوهش با هدف شناسایی خانواده‌های مختلف حشرات و تعیین تنوع زیستی آنها در مزارع رایج و ارگانیک در دو محصول گندم و سیب‌زمینی در شهرستان فریمان در استان خراسان رضوی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه و روش نمونه‌برداری

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزارع گندم و سیب‌زمینی رایج و ارگانیک شهرستان فریمان (۳۵ درجه عرض شمالی و ۵۹ درجه طول شرقی) انجام گرفت. در مزارع ارگانیک برای کنترل علف‌های هرز از وجین دستی و برای کنترل کنه (*Tetranychidae urticae*) از روش آبیاری بارانی استفاده شد. این شهرستان از شمال و غرب به مشهد، از جنوب به تربت حیدریه و از شرق به تربت جام محدود می‌شود. ارقام گندم مورد استفاده برای کاشت توسط کشاورز ارقام میهن و سایونز و در سیب‌زمینی فانتانا، آگria و ساوالان بود. کاشت مزرعه گندم در سال زراعی اول در ۱۵ تا ۲۰ مهرماه ۱۳۹۰ و در سال زراعی دوم در ۲۰ تا ۲۵ آبان ماه (دلیل این تأخیر بارندگی‌های زود هنگام پاییز بود) و کاشت سیب‌زمینی در سال زراعی اول ۵ تا ۱۰ خرداد ۱۳۹۱ و در سال زراعی دوم ۲۰ تا ۲۵ اردیبهشت انجام شد. به منظور جمع‌آوری حشرات از تور حشره‌گیری با قطر دهانه ۵۰ سانتی‌متر استفاده شد که در ده نقطه متفاوت با فواصل یکسان (بسته به سطح مزرعه، فواصل نقاط نمونه‌برداری از ۲/۵ تا ۳ هکتار در نظر گرفته شد) به طور تصادفی در سطح مزرعه و در هر نوبت پنجاه مرتبه تورزنی انجام گرفت. به همین ترتیب از ظروف پلاستیکی به قطر ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر به عنوان

یکی از اهداف اصلی کشاورزی ارگانیک، وارد ساختن کمترین اثرات منفی بر محیط است، بر همین اساس، حفظ تنوع زیستی نیز یکی از وظایف عمده این سامانه کشاورزی به شمار می‌رود (Mahmoudi et al., 2008). عدم کاربرد نهاده‌های شیمیایی صنعتی، کاربرد ماشین‌آلات با شدت کمتر و به گونه‌ای متفاوت از سامانه‌های رایج، مدیریت مزارع را در جهت افزایش تنوع زیستی و کارکردی سوق داده و افزایش قابل ملاحظه تنوع زیستی را در کشاورزی ارگانیک در پی داشته است (Gunnarsson & Hansson, 2004). مطالعات گسترده‌ای نیز در نقاط مختلف جهان انجام شده حاکی از تنوع زیستی بیشتر در نظام‌های ارگانیک در مقایسه با نظام‌های رایج است. از جمله این گزارش‌ها می‌توان به ۲ تا ۳ برابر بودن تعداد پرندگان، تعداد و زیست‌توده بیشتر کرم‌های خاکی، تعداد و تنوع بیشتر عنکبوت‌ها، تعداد بیشتر پروانه‌های غیرآفت و البته تنوع بالاتر علف‌های هرز در مزارع ارگانیک در مقایسه با مزارع رایج اشاره کرد (Mahmoudi et al., 2008).

فراوانی بیشتر حشرات بخصوص شکارچیان به کنترل آفات بدون استفاده از روش‌های شیمیایی کمک می‌کند (Mahmoudi et al., 2008). مطالعات نشان داده است که فراوانی خانواده Carabidae، حشرات گروه Staphylinidae و عنکبوت‌ها در کشاورزی ارگانیک در مقایسه با بوم‌نظام‌های رایج به ترتیب ۷۰-۱۰۰، ۶۰-۷۰ و ۷۰-۱۲۰ درصد بیشتر است (Scialabba, 2000).

کاهش تنوع و فراوانی در بوم‌نظام‌های کشاورزی رایج، ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی و همچنین کاهش تراکم علف‌های هرز در این بوم‌نظام‌هاست. این علف‌های هرز به شکل زیستگاه حشرات سودمند عمل می‌کنند. وجود پرچین‌های گیاهی در اطراف مزارع ارگانیک موجب افزایش حشرات سودمند و شکارچیان حشرات آفت می‌شود، چرا که این پرچین‌ها مکان مناسبی برای زمستان‌گذرانی حشرات محسوب می‌شوند (Mahmoudi et al., 2008).

شاه و همکاران (Shah et al., 2003) با مطالعه فون سوسک‌های Carabidae در مزارع پرنهاد و ارگانیک انگلستان بیان کردند که فراوانی این سوسک‌ها در مزارع ارگانیک از مزارع پرنهاد بیشتر بود. کلارک (Clark, 1999) با بررسی جامعه سوسک‌های Carabidae با استفاده از شاخص شانون و سیمپسون در مزارع رایج و ارگانیک کالیفرنیا نشان دادند تنوع این حشرات در مزارع رایج ۱/۸۹ و ۵/۲۹ و در مزارع ارگانیک ۱/۸۷ و ۶/۴۸ می‌باشد. بر اساس مطالعه انجام شده بر روی فراوانی و تنوع سوسک‌های Carabidae مشخص شد که تنوع این سوسک‌ها تحت تأثیر نوع محصول و عملیات زراعی مانند شخم، مصرف کودها و آفت‌کش‌ها قرار داشته است (Alichi & Minaei, 2002).

در ایران بیشتر مطالعات به بررسی فون و تنوع زیستی سوسک‌های Carabidae در بوم‌نظام‌های مختلف پرداخته‌اند و تنوع

حشرات روی پارچه نیز جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از سطح مزارع به صورتی انجام گرفت که کل سطح مزارع پوشش داده شود. وسعت مزارع، تعداد دفعات و محدوده زمانی نمونه‌برداری در هر بوم‌نظام در جدول ۱ ارائه شده است. پس از جمع‌آوری حشرات، نمونه‌ها درون الکل اتیلیک ۷۰٪ قرار گرفته و با قید تاریخ و محل جمع‌آوری، مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند (Borrer et al., 1998). به منظور حذف اثر حاشیه، تله‌ها، تورزنی و جمع‌آوری حشره از تک بوته‌ها، با فاصله ۱۵ متر از حاشیه مزارع انجام شد.

تله‌های خاکی در ده نقطه متفاوت مزرعه استفاده شد. درون این تله‌های خاکی ضدیخ ریخته شده تا امکان فرار حشرات وجود نداشته باشد و نمونه‌ها توسط یکدیگر و مورچه‌ها خورده نشوند. برای مزارع سیب زمینی این تله‌ها در ۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ روز پس از کاشت و برای مزارع گندم در سه زمان مختلف فنولوژیک شامل ساقه روی (۲۰۰ روز پس از کاشت)، گلدهی (۲۲۵ روز پس از کاشت) و رسیدگی فیزیولوژیک (۲۵۰ روز پس از کاشت) نصب شده و یک هفته پس از آن جمع‌آوری شدند. به همین ترتیب و همزمان در ده نقطه متفاوت، ده بوته به صورت تصادفی انتخاب و روی پارچه سفیدی تکانه شد و

جدول ۱- مشخصات و میانگین نهاده‌های استفاده شده در هر هکتار از مزارع گندم و سیب‌زمینی نمونه‌برداری شده در شهرستان فریمان

Table 1- The characteristics of the sampled fields and the average inputs in wheat and potato in Fariman region

محصول Crop	مدیریت Management	وسعت (هکتار) Area (ha)	تغذیه Nutrition		آفات و بیماری‌ها Pests and Diseases		علف‌های هرز Weeds		تعداد دفعات نمونه‌برداری Number of sampling	زمانی نمونه‌برداری Sampling period
			نوع کود Type of fertilizer	مقدار (کیلوگرم در هکتار) Amount (kg. ha ⁻¹)	نوع آفت‌کش Type of pesticide	مقدار (کیلوگرم در هکتار) Amount (kg. ha ⁻¹)	عملیات Operation	مقدار (کیلوگرم در هکتار) Amount (kg. ha ⁻¹)	10	
گندم Wheat	رایج Conventional	25	کود شیمیایی (NPK) Fertilizer	400	آفت‌کش‌های شیمیایی Chemical pesticide	1.5	علف‌کش Herbicides	1	10	۱۰ اردیبهشت-۱۰ تیر April- ۲۹ 30 June
			کودهای آلی (بقایای گیاهی و حیوانی) Manure and plant residual	20000	بدون عملیات Do nothing	بدون عملیات Do nothing	بدون عملیات Do nothing	-	10	۱۰ اردیبهشت-۱۰ تیر April- ۲۹ 30 June
	ارگانیک Organic	30	کود شیمیایی (NPK) Fertilizer	675	آفت‌کش‌های شیمیایی Chemical pesticide	2	علف‌کش Herbicides	1.2	10	۱۰ مرداد-۲ مهر July- 23 ۳۱ September
			کودهای آلی (بقایای گیاهی و حیوانی) (Animal manure and plant residual)	20000	روش مکانیکی Mechanical method	آبیاری بارانی Sprinkler irrigation	روش مکانیکی Mechanica l method	وجین Weed	10	۱۰ مرداد-۲ مهر July- 23 ۳۱ September
سیب زمینی Potato	ارگانیک Organic	28								

شانون- ویور، معکوس شاخص سیمپسون و مارگالف و به منظور محاسبه ضریب یکنواختی فراوانی گونه‌ها از دو شاخص Pielou و

شاخص‌های تنوع زیستی و ضرایب یکنواختی
به منظور محاسبه تنوع زیستی حشرات از سه شاخص تنوع

$$S = C \times A^Z \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، S: غنای گونه‌ای (تعداد خانواده‌های شمارش شده در هر نمونه) و A: تعداد نمونه‌برداری می‌باشند. C و Z: ضرایب معادله بوده و به ترتیب بیانگر تنوع آلفا و بتا می‌باشند.

برای انجام محاسبات مربوط به شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی از نرم‌افزار Ecological Methodology در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. مقایسه میانگین بین بوم‌نظام رایج و ارگانیک با استفاده از آزمون t در سطح احتمال پنج درصد و در نرم‌افزار SAS ver.9.1 انجام گرفت. لازم به ذکر است که نرمال بودن داده‌های آزمایشی قبل از مقایسه میانگین با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک در نرم‌افزار SAS ver.9.1 ارزیابی شد.

E_{Simpson} (جدول ۲) استفاده گردید (Waite, 2000; Price, 1997; Rezayeh-Nodeh, 2011). به‌منظور تعیین خانواده غالب در هر بوم‌نظام از مقدار فراوانی نسبی (pi) استفاده شد و خانواده دارای بیشترین فراوانی نسبی به‌عنوان گونه غالب معرفی گردید. تنوع آلفا عبارت است از تعداد گونه‌ها در یک نمونه کوچک از یک بوم‌نظام و منظور از تنوع بتا، تنوع در نمونه و مقیاس بزرگ یک بوم‌نظام بوده و بیانگر سرعت تغییر تنوع از یک نمونه به نمونه دیگر یا از یک سطح به سطح دیگر می‌باشد (Whittaker, 1972). به‌منظور مقایسه تنوع آلفا و بتا بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج، از برازش تابع توانی بین غنای گونه‌ای و تعداد نمونه‌برداری استفاده شد (May, 1975). شکل عمومی این تابع در معادله ۱ ارائه شده است:

جدول ۲- شاخص‌های تنوع زیستی مورد مطالعه در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و گندم سیب‌زمینی و گندم
Table 2- Studied biodiversity indicators in the wheat and potato fields in Fariman region

شاخص Index	فرمول Formula	توضیحات Explanations
تنوع شانون Shannon- Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i)$	P _i : تعداد افراد خانواده نام نسبت به کل نمونه که به صورت n _i /N تعریف می‌شود، S: تعداد خانواده-های موجود در جامعه P _i : is the number of species in family members i. for relation to the whole sample, defined as n _i /N; S: is the number of family.
تنوع سیمپسون Simpson	$\frac{1}{D} = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}$	S: تعداد خانواده‌های موجود در جامعه، n _i : تعداد افراد خانواده نام، N: تعداد کل افراد جمع‌آوری شده از تمام خانواده‌ها، p _i : تعداد افراد خانواده نام در جامعه S: is the number of family in community; n _i : is the number of species in family members i; N: number of species in from all family members; p _i : is the number of species in family members I in the community
تنوع مارگالف Margalef	$Margalef = \frac{S-1}{\ln N}$	S: تعداد خانواده‌های موجود در جامعه، n _i : تعداد افراد خانواده نام، N: تعداد کل افراد جمع‌آوری شده از تمام خانواده‌ها S: is the number of family in community; n _i : is the number of species in family members i; N: number of species in from all family members
یکنواختی J _{Pielou}	$J_{Pielou} = \frac{H'}{\ln S}$	S: تعداد خانواده‌های موجود در جامعه، H': شاخص تنوع شانون S: is the number of family in community; H': Shannon index
یکنواختی E _{Simpson}	$E_{Simpson} = \frac{1/D}{S}$	S: تعداد خانواده‌های موجود در جامعه، 1/D: شاخص تنوع سیمپسون S: is the number of family in community; 1/D: Simpson index

جمع‌آوری شد. دو خانواده‌ی Phlaeothripidae و Empididae به ترتیب با فراوانی ۲۰/۶۲ و ۱۹/۶۴ درصد به عنوان خانواده‌های غالب بوم‌نظام ارگانیک و خانواده‌های Coccinellidae و Aphididae به ترتیب با فراوانی ۱۸/۹۳ و ۱۸/۱۰ درصد به‌عنوان خانواده غالب بوم‌نظام رایج گندم شناسایی شدند که در بین خانواده‌های موجود در هر بوم‌نظام دارای بیشترین فراوانی نسبی بودند (جدول ۳).

نتایج و بحث

گندم: نتایج آزمایش نشان داد که تعداد کل حشرات تعداد کل خانواده‌های مختلف جمع‌آوری شده در طول فصل رشد گندم طی ۳ زمان مختلف نمونه‌برداری در مزرعه ارگانیک بیشتر از مزرعه رایج آن بود، بطوری‌که تعداد ۲۰۴۷ حشره (متعلق به ۴۱ خانواده) و ۱۹۲۸ فرد (متعلق به ۳۴ خانواده) به ترتیب در بوم‌نظام ارگانیک و رایج گندم

جدول ۳- تعداد و فراوانی نسبی خانواده‌های مختلف حشرات جمع‌آوری شده از مزارع ارگانیک و رایج گندم

Table 3- Number and relative frequency of different insect families collected from organic and conventional fields of wheat

رایج					ارگانیک				
Conventional					Organic				
خانواده	تعداد	فراوانی نسبی	خانواده	تعداد	خانواده	تعداد	فراوانی نسبی	خانواده	تعداد
Family	Number	Relative frequency	Family	Number	Family	Number	Relative frequency	Family	Number
Aeolothripidae	14	0.0068	37	0.0192	Meloidae	2	0.0010	1	0.0005
Agromyzidae	89	0.0435	72	0.0373	Miridae	43	0.0210	95	0.0493
Anobidae	5	0.0024	0	0	Pentatomidae	1	0.0005	1	0.0005
Anthocoridae	17	0.083	47	0.0224	Phlaeothripidae	422	0.2062	192	0.0996
Anthomyiidae	71	0.0347	19	0.0099	Phoridae	11	0.0054	21	0.0109
Aphididae	134	0.0655	349	0.181	Piophilidae	5	0.0024	0	0
Aphidiinae	6	0.0029	1	0.0005	Platypezidae	1	0.0005	0	0
Apocrita	0	0	3	0.0016	Psylidae	20	0.0098	6	0.0031
Biblionidae	0	0	17	0.0088	Reduvidae	3	0.0015	4	0.0021
Braconidae	23	0.0112	18	0.0093	Scaphididae	4	0.0020	0	0
Carabidae	27	0.0132	56	0.029	Scarabeidae	1	0.0005	0	0
chloropidae	17	0.0083	104	0.0539	Scutelluridae	18	0.0088	7	0.0036
Chrysomelidae	18	0.0088	1	0.0005	Staphylidae	11	0.0054	14	0.0073
Chrysophidae	68	0.0332	123	0.0638	Syrphidae	20	0.0098	15	0.0078
Cicadellidae	179	0.0874	139	0.0721	Tachinidae	3	0.0015	4	0.0021
Coccinelidae	120	0.0586	365	0.1893	Tenebrionidae	7	0.0034	2	0.001
Culicidae	68	0.0332	20	0.0104	Tephritidae	9	0.0044	2	0.001
Curculionidae	3	0.0015	3	0.0016	Tingidae	1	0.0005	0	0
Empididae	402	0.1964	162	0.084	Vespidae	5	0.0024	0	0
Eulophidae	5	0.0024	6	0.0031					
Formicidae	29	0.0142	3	0.0016					
Leptoceridae	161	0.0787	19	0.0099					
Lonchaeidae	2	0.001	0	0					
Lonchopteridae	2	0.001	0	0					
					تعداد کل				
					Total number	2047		1928	
					غناى گونه‌اى				
					Species richness	41		34	

شاخص‌های تنوع شانون- ویور، سیمپسون و مارگالف در مرحله اول نمونه‌برداری (۲۰۰ روز پس از کاشت گندم) در بوم‌نظام رایج در مقایسه با بوم‌نظام ارگانیک بالاتر بود، هر چند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج از لحاظ شاخص‌های تنوع شانون- ویور و مارگالف وجود نداشت (جدول ۴). ضرایب یکنواختی به دست آمده در مرحله اول نمونه‌برداری نیز نشان داد که یکنواختی گونه‌ها در مزرعه ارگانیک بیشتر از رایج بود. در مرحله دوم نمونه‌برداری یعنی ۲۲۵ روز پس از کاشت گندم، اختلاف معنی‌داری بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج از لحاظ شاخص‌های تنوع و همچنین ضرایب یکنواختی وجود نداشت، با این‌وجود مقدار شاخص‌های تنوع شانون- ویور و مارگالف و همچنین ضرایب یکنواختی پیلو و سیمپسون در بوم‌نظام ارگانیک بیشتر از بوم‌نظام رایج بود (جدول ۴).

از کل خانواده‌های جمع‌آوری شده تعداد ۳۲ خانواده در هر دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج مشترک بودند و ۹ خانواده Anobidae، Lonchaeidae، Lonchopteridae، Piophilidae، Scaphididae، Scarabeidae، Tingidae و Vespidae فقط از مزرعه ارگانیک جمع‌آوری گردید و هیچ نمونه‌ای از این خانواده‌ها در مزرعه رایج به دام نیفتاد. دو خانواده‌ی Apocrita و Biblionidae نیز فقط در بوم‌نظام رایج گندم مشاهده شد (جدول ۳). فایفر و نیگلی (Pfiffner & Niggli, 1996) نیز در مطالعه تنوع حشرات در دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک گندم، گزارش کردند که کشت ارگانیک گندم از تعداد و غنای خانواده‌ای بیشتری نسبت به کشت رایج آن برخوردار بود. این محققان عدم کاربرد سموم شیمیایی و تنوع زیاد علف‌های هرز در مزرعه ارگانیک را دلیل اصلی تنوع بالاتر در این بوم‌نظام نسبت به بوم‌نظام رایج بیان کردند.

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی برای دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج گندم در سه مرحله نمونه‌برداری

Table 4- Diversity indices and evenness coefficients for two organic and conventional systems of wheat in three sampling stages

زمان (روز پس از کاشت) Time (days after planting)		ارگانیک Organic	رایج Conventional	تی-آستیدنت t	مقدار P P-value	
200	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	1.42±0.18	1.85±0.10	-2.08ns	0.052
		سیمپسون Simpson	0.52±0.06	0.69±0.03	-2.54*	0.020
		مارگالف Margalef	1.84±0.18	2.01±0.11	-0.80ns	0.435
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	0.75±0.07	0.94±0.04	-2.37*	0.029
		سیمپسون Simpson	0.08±0.01	0.10±0.01	-2.05ns	0.055
225	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	3.15±0.14	3.10±0.08	0.35ns	0.729
		سیمپسون Simpson	0.85±0.02	0.85±0.02	-0.60ns	0.956
		مارگالف Margalef	3.45±0.37	3.44±0.14	-0.10ns	0.923
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	1.13±0.02	1.11±0.03	0.75ns	0.463
		سیمپسون Simpson	0.06±0.01	0.05±0.002	0.47ns	0.647
250	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	1.96±0.17	2.38±0.09	-2.17*	0.043
		سیمپسون Simpson	0.68±0.04	0.76±0.02	-1.63ns	0.119
		مارگالف Margalef	1.82±0.19	2.00±0.07	-0.88ns	0.388
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	0.97±0.06	1.07±0.03	-1.32ns	0.203
		سیمپسون Simpson	0.10±0.02	0.08±0.004	0.95ns	0.354

*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری

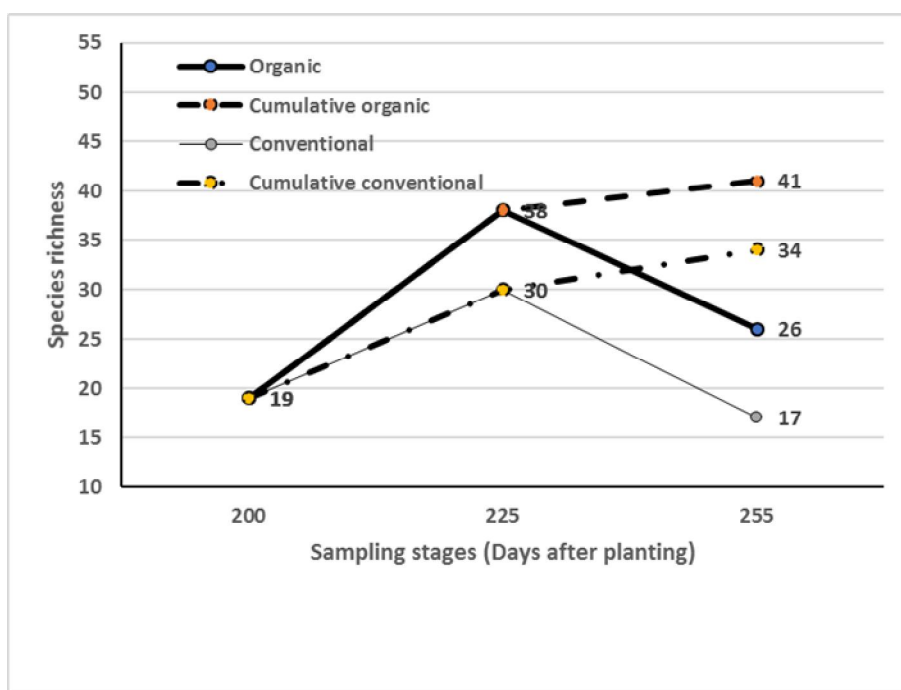
*: is significant at 5% probability level and ns: not significant.

مرحله دیگر در هر دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج بالاتر بود (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، می‌توان بیان کرد که در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج از لحاظ شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی وجود ندارد، در صورتی که تعداد خانواده‌های موجود در مزرعه ارگانیک همان‌طور که در قبل نیز اشاره شد بیشتر از بوم‌نظام رایج بود و به عبارتی تنوع گونه‌ای مشاهده شده در بوم‌نظام ارگانیک بالاتر از رایج بود (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود، غنای گونه‌ای در مرحله اول نمونه‌برداری در هر دو

بوم‌نظام رایج گندم در مرحله سوم نمونه‌برداری (۲۵۵ روز پس از کاشت گندم) از شاخص‌های تنوع بالاتری نسبت به بوم‌نظام ارگانیک برخوردار بود و از بین سه شاخص تنوع مورد بررسی، تنها شاخص تنوع شانون-ویور از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج نشان داد. بیشترین تنوع مشاهده شده در بین مراحل مختلف نمونه‌برداری در هر دو بوم‌نظام مدیریتی مربوط به مرحله دوم نمونه‌برداری بود، بطوری که مقادیر محاسبه شده برای هر سه شاخص تنوع شانون-ویور، سیمپسون و مارگالف در این مرحله نسبت به دو

دیگر تعداد گونه‌های مشاهده شده در یک نمونه، برای محاسبه شاخص‌های تنوع در آن نمونه استفاده گردید و مقدار شاخص به دست آمده در آن مستقل از نمونه‌های دیگر بود. به‌عنوان مثال، در صورتی که در هر دو بوم‌نظام در نمونه اول و دوم سه گونه وجود داشته باشد و در یکی از بوم‌نظام‌ها هر سه گونه موجود در نمونه اول و دوم مشابه باشند، ولی در بوم‌نظام دیگر گونه‌های مشاهده شده در نمونه اول و دوم متفاوت باشند، میزان شاخص محاسبه شده در هر دو نظام یکی خواهد بود، با وجود اینکه غنای بوم‌نظام اول سه و بوم‌نظام دوم شش بود. بنابراین، برای به دست آوردن نتیجه قابل قبول‌تر، از معیار تنوع آلفا و بتا که در آن گونه‌های جدید وارد شده در هر نمونه‌برداری مدنظر قرار می‌گیرند، برای مقایسه دو نوع بوم‌نظام استفاده شد.

بوم‌نظام رایج‌های و ارگانیک یکسان و معادل ۱۹ خانواده بود، در صورتی که با گذشت زمان و در مراحل دوم و سوم نمونه‌برداری، غنای گونه‌ای در بوم‌نظام ارگانیک گندم بیشتر از بوم‌نظام رایج بود. در زمان دوم نمونه‌برداری (۲۲۵ روز پس از کاشت) غنای گونه‌ای در هر دو بوم‌نظام مدیریتی نسبت به زمان اول و سوم نمونه‌گیری بیشتر بود (شکل ۱). بنابراین شاخص‌های تنوع بالاتر محاسبه شده در بوم‌نظام رایج در مقایسه با ارگانیک، با وجود بالاتر بودن تنوع گونه‌ای در بوم‌نظام ارگانیک، و همچنین دلیل اصلی عدم معنی‌داری و عدم اختلاف شاخص‌های تنوع در دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج را می‌توان به خطای نمونه‌برداری نسبت داد، زیرا اعداد محاسبه شده برای هر شاخص، میانگینی از ۱۰ نمونه یا تکرار بوده است که در هر نمونه غنای گونه‌ای مستقل از نمونه دیگر محاسبه شده و در این صورت گونه‌های جدید مشاهده شده، در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود. به‌عبارت



شکل ۱- غنای گونه‌ای در مزارع ارگانیک و رایج گندم در مراحل مختلف نمونه‌برداری

خطوط نقطه چین بیانگر روند تجمعی حضور گونه‌ها در طول فصل رشد می‌باشد.

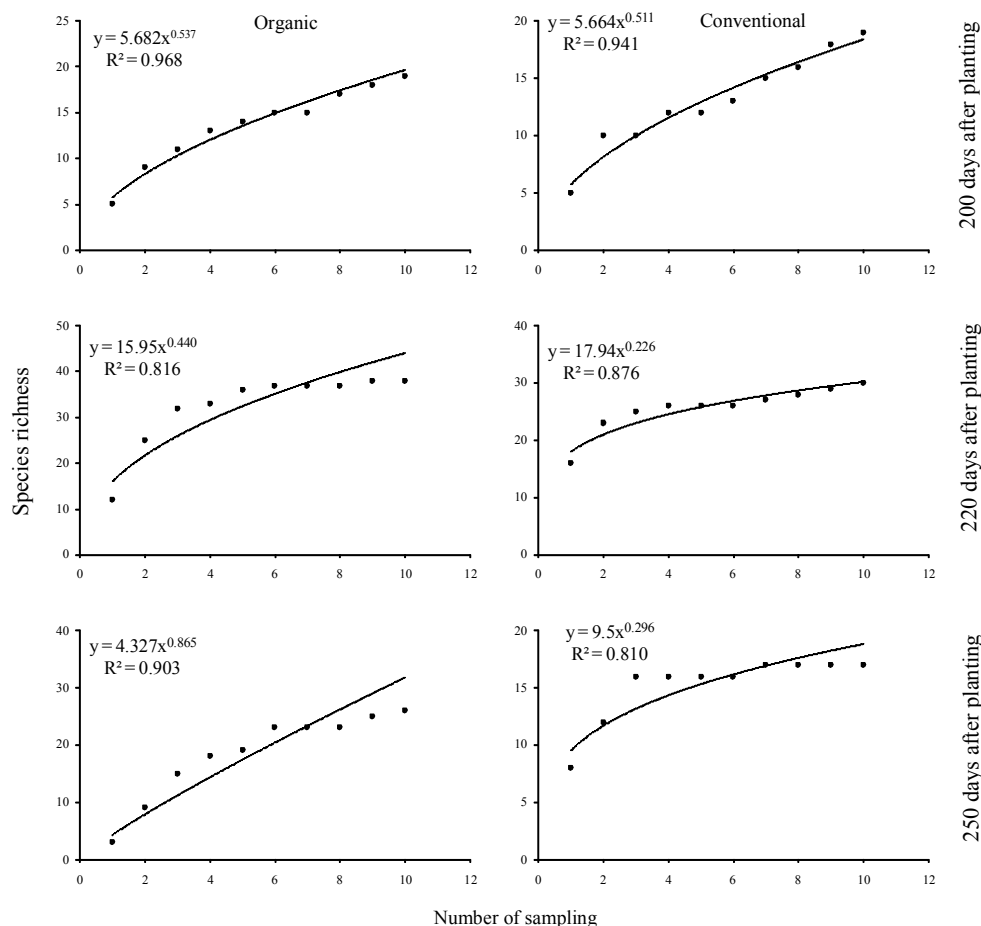
Fig. 1- Species richness in organic and conventional fields of wheat in different sampling stages
Dotted lines indicate the cumulative trend of species presence during growth season.

مقیاس کوچک، در مزرعه رایج بیشتر از مزرعه ارگانیک، به ویژه در مراحل دوم و سوم نمونه‌برداری، بود و در یک نمونه و سطح کوچک از هر دو بوم‌نظام مدیریتی، میزان تنوع زیستی در بوم‌نظام رایج بیشتر از بوم‌نظام ارگانیک بود (شکل ۲). تنوع بتا محاسبه شده در تمام زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در بوم‌نظام ارگانیک بیشتر از بوم‌نظام

تنوع آلفا به دست آمده در زمان ۲۰۰ روز پس از کاشت، در مزرعه ارگانیک (۵/۶۸۲) بیشتر از مزرعه رایج (۵/۶۶۴) بود، در صورتی که در ۲۲۵ و ۲۵۵ روز پس از کاشت گندم، مقدار تنوع آلفا در مزرعه رایج (به ترتیب ۱۷/۹۴ و ۹/۵۰) نسبت به بوم‌نظام ارگانیک (به ترتیب ۱۵/۹۵ و ۴/۳۲۷) بالاتر بود. به‌عبارتی تنوع حشرات در

موارد عدم کاربرد کود و سموم شیمیایی و همچنین شخم کاهش یافته به‌عنوان مهمترین عوامل افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های ارگانیک مطرح شده است (Altieri, 2006; Menalled et al., 1999; Clark, 1999). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در نظر گرفتن سطح نمونه‌برداری در مقایسه دو بوم‌نظام مختلف مدیریتی نتایج مطلوب و قابل قبول‌تری را به دنبال خواهد داشت، بطوری‌که نتایج این مطالعه نیز حاکی از این بود که در مقیاس کوچک، بوم‌نظام رایج و در مقیاس بزرگ بوم‌نظام ارگانیک از تنوع بالاتری برخوردار بودند. کلو و همکاران (Clough et al., 2007) نیز در بررسی تنوع آلفا و بتا در دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک گندم بیان کردند که مقدار تنوع بتا در بوم‌نظام ارگانیک بیشتر از بوم‌نظام رایج بود، در صورتی‌که اختلافی بین دو بوم‌نظام مدیریتی از لحاظ تنوع آلفا مشاهده نشد و تنوع زیستی بیشتر بوم‌نظام ارگانیک نسبت به بوم‌نظام رایج را در مقیاس بزرگتر گزارش نمودند.

رایج بود که با گذشت زمان برتری بوم‌نظام ارگانیک نسبت به بوم‌نظام رایج از لحاظ تنوع بتا بیشتر نمود پیدا کرد (شکل ۲). بطوری‌که تنوع بتا در بوم‌نظام ارگانیک در ۲۵۵ روز پس از کاشت معادل ۰/۸۶۵ و در بوم‌نظام رایج برابر با ۰/۲۹۶ محاسبه گردید که بیانگر این موضوع می‌باشد که مدیریت مزرعه گندم به صورت ارگانیک منجر به افزایش ۱۹۲ درصدی تنوع بتا در مقایسه با مدیریت رایج آن می‌گردد. تنوع بتا در حقیقت سرعت افزایش غنای گونه‌ای به ازای افزایش تعداد نمونه‌برداری و افزایش سطح نمونه‌برداری می‌باشد و بالاتر بودن این شاخص در بوم‌نظام ارگانیک به مفهوم غنای گونه‌ای و تنوع زیستی بیشتر در سطح کل مزرعه نسبت به رایج می‌باشد. در صورتی‌که تنوع زیستی در یک سطح کوچک و در یک گوشه از مزرعه در بوم‌نظام مدیریت رایج گندم بالاتر از ارگانیک بود (شکل ۲). تنوع زیستی بیشتر در بوم‌نظام‌های ارگانیک نسبت به بوم‌نظام‌های رایج توسط محققان زیادی گزارش شده است و در اکثر



شکل ۲- رابطه بین غنای گونه‌ای و تعداد نمونه‌برداری در مزارع ارگانیک و رایج گندم در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 2- Relationship between number of sampling and species richness in organic and conventional fields of wheat in different sampling stages

سیب‌زمینی

در مزرعه ارگانیک سیب‌زمینی در مجموع ۴۳۵ حشره از ۱۸ خانواده مختلف طی سه مرحله زمانی مختلف در طول فصل رشد جمع‌آوری گردید، در صورتی که تعداد کل حشرات به دام افتاده و تعداد خانواده‌های مشاهده شده در بوم نظام رایج بیشتر از ارگانیک بود و روی هم رفته ۷۸۷ حشره شامل ۲۲ خانواده در مزرعه رایج جمع‌آوری شد (جدول ۵). به‌طور کلی، ۲۵ خانواده مختلف از حشرات در مزارع سیب‌زمینی مشاهده شد که از بین آنها، ۱۵ خانواده به‌صورت مشترک در هر دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج و ۱۰ خانواده به‌صورت انحصاری در یکی از دو بوم‌نظام فعالیت می‌کردند که از این ۱۰ خانواده، ۷ خانواده Braconidae، Bethylidae، Aeolothiripidae، Coccinellidae، Eulophidae، Noctuidae و Sphecidae فقط در مزرعه رایج و سه خانواده Grylidae، Forficulidae و

Termitidae به‌طور انحصاری فقط در مزرعه ارگانیک سیب‌زمینی مشاهده شدند (جدول ۵). بنابراین، برخلاف مزارع گندم، تنوع گونه‌ای مشاهده شده در مزرعه رایج سیب‌زمینی نسبت به مزرعه ارگانیک آن بیشتر بود. خانواده‌های Phoridae و Forimicidae به‌ترتیب با فراوانی نسبی ۱۷ و ۱۵/۶ درصد به عنوان خانواده‌های غالب مزرعه ارگانیک و خانواده‌ی Miridae با فراوانی نسبی ۲۷/۸ درصد به‌عنوان خانواده‌ی غالب مزرعه رایج سیب‌زمینی شناخته شدند (جدول ۵). نتایج این مطالعه با نتایج به‌دست آمده توسط آرمسترانگ (Armstrong, 1995) مطابقت داشت که در مقایسه دو بوم نظام مدیریتی ارگانیک و رایج سیب‌زمینی در کشور اسکاتلند، تعداد و تنوع زیستی بیشتر مزارع رایج سیب‌زمینی را نسبت به مزارع ارگانیک گزارش نمود.

جدول ۵- تعداد و فراوانی نسبی خانواده‌های مختلف حشرات جمع‌آوری شده از مزارع ارگانیک و رایج سیب‌زمینی

Table 5- Number and relative frequency of different insect families collected from organic and conventional fields of potato

ارگانیک Organic			رایج Conventional	
خانواده Family	تعداد Number	فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Number	فراوانی نسبی Relative frequency
Aeolothiripidae	0	0.000	18	0.023
Agromyzidae	17	0.039	36	0.046
Anthomyiidae	4	0.009	11	0.014
Aphididae	53	0.122	75	0.095
Bethylidae	0	0.000	3	0.004
Braconidae	0	0.000	14	0.018
Bruchinae	1	0.002	58	0.074
Carabidae	14	0.032	4	0.005
Cephidae	6	0.014	2	0.003
Chrysopidae	2	0.005	37	0.047
Cicadellidae	24	0.055	81	0.103
Coccinellidae	0	0.000	2	0.003
Culicidae	45	0.103	38	0.048
Eulophidae	0	0.000	4	0.005
Forficulidae	5	0.011	0	0.000
Forimicidae	68	0.156	14	0.018
Grylidae	1	0.002	0	0.000
Miridae	53	0.122	219	0.278
Noctuidae	0	0.000	2	0.003
Phleothiripidae	10	0.023	39	0.050
Phoridae	74	0.170	52	0.066
Sphecidae	0	0.000	8	0.010
Staphylinidae	6	0.014	4	0.005
Tephritidae	46	0.106	66	0.084
Termitidae	6	0.014	0	0.000
تعداد کل Total number		435		787
غنای گونه‌ای Species richness		18		22

صورتی که بر اساس ضریب یکنواختی سیمپسون، میزان یکنواختی گونه‌ها در بوم‌نظام ارگانیک در ۴۵ و ۷۵ روز پس از کاشت سب‌زمینی بالاتر از بوم‌نظام رایج محاسبه گردید. همان‌طور که در بحث مربوط به گیاه گندم نیز گفته شد، با وجود اختلافات موجود بین دو بوم‌نظام از لحاظ تعداد کل حشرات و غنای گونه‌ای، دلیل عدم معنی‌داری و عدم اختلاف آماری بین شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی بین دو بوم‌نظام را می‌توان به خطای نمونه‌برداری نسبت داد.

در هر سه زمان مختلف نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج سب‌زمینی از لحاظ شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی، به جزء شاخص تنوع شانون-ویور در مرحله اول نمونه‌برداری، مشاهده نشد، با این وجود مقادیر به‌دست آمده برای هر سه شاخص تنوع شانون-ویور، سیمپسون و مارگالف در بوم‌نظام رایج نسبت به بوم‌نظام ارگانیک بیشتر بود (جدول ۶). بر اساس ضریب یکنواختی پیلو، در هر سه مرحله نمونه‌برداری یکنواختی گونه‌ها در مزرعه رایج سب‌زمینی در مقایسه با مزرعه ارگانیک بیشتر بود، در

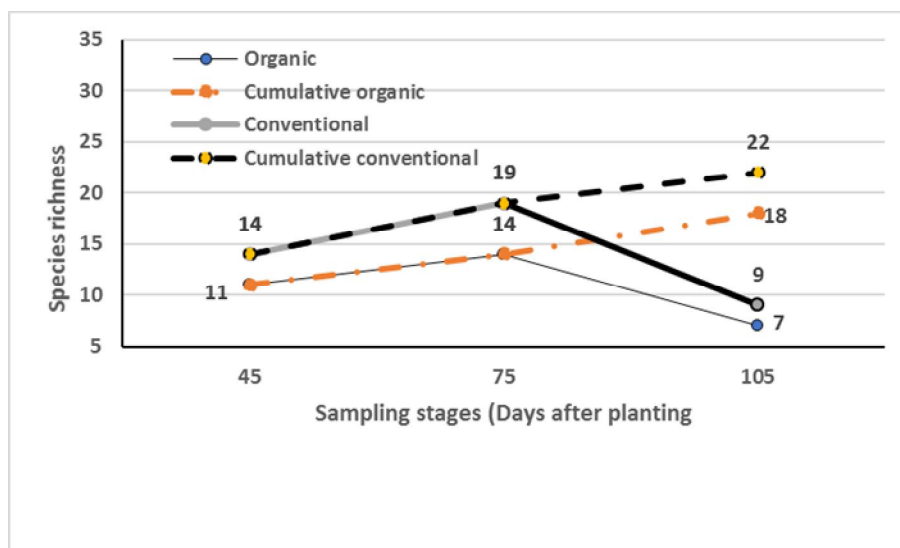
جدول ۶- مقادیر شاخص‌های تنوع و ضرایب یکنواختی برای دو بوم‌نظام ارگانیک و رایج سب‌زمینی در سه مرحله نمونه‌برداری

Table 6- Diversity indices and evenness coefficients for two organic and conventional systems of potato in three sampling stages

زمان (روز پس از کاشت) Time (days after planting)		ارگانیک Organic	رایج Conventional	تی-آستیدونت t	مقدار P- P-value
45	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	2.30±0.27	-2.13*	0.048
		سیمپسون Simpson	0.73±0.08	-0.74ns	0.467
		مارگالف Margalef	1.65±0.26	-0.35ns	0.728
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	1.20±0.14	-1.43ns	0.170
		سیمپسون Simpson	0.11±0.02	1.15ns	0.266
75	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	2.29±0.08	0.006ns	-3.13
		سیمپسون Simpson	0.75±0.03	0.119ns	-1.63
		مارگالف Margalef	2.17±0.06	0.039ns	-2.23
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	1.04±0.05	0.440ns	-0.79
		سیمپسون Simpson	0.08±0.01	<0.001ns	4.34
105	شاخص‌های تنوع Diversity indices	شانون-ویور Shannon-Wiener	1.23±0.16	0.07ns	0.944
		سیمپسون Simpson	0.57±0.07	-0.28ns	0.785
		مارگالف Margalef	1.41±0.19	-0.64ns	0.533
	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness	پیلو Pielou	0.89±0.11	-0.25ns	0.804
		سیمپسون Simpson	0.14±0.02	-0.50ns	0.621

*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری

*: is significant at 5% probability level and ns: not significant.



شکل ۳- غنای گونه‌ای در مزارع ارگانیک و رایج سیب‌زمینی در مراحل مختلف نمونه‌برداری

خطوط نقطه چین بیانگر روند تجمعی حضور گونه‌ها در طول فصل رشد می‌باشد.

Fig. 3 - Species richness in organic and conventional fields of potato in different sampling stages
Dotted lines indicate the cumulative trend of species presence during growth season.

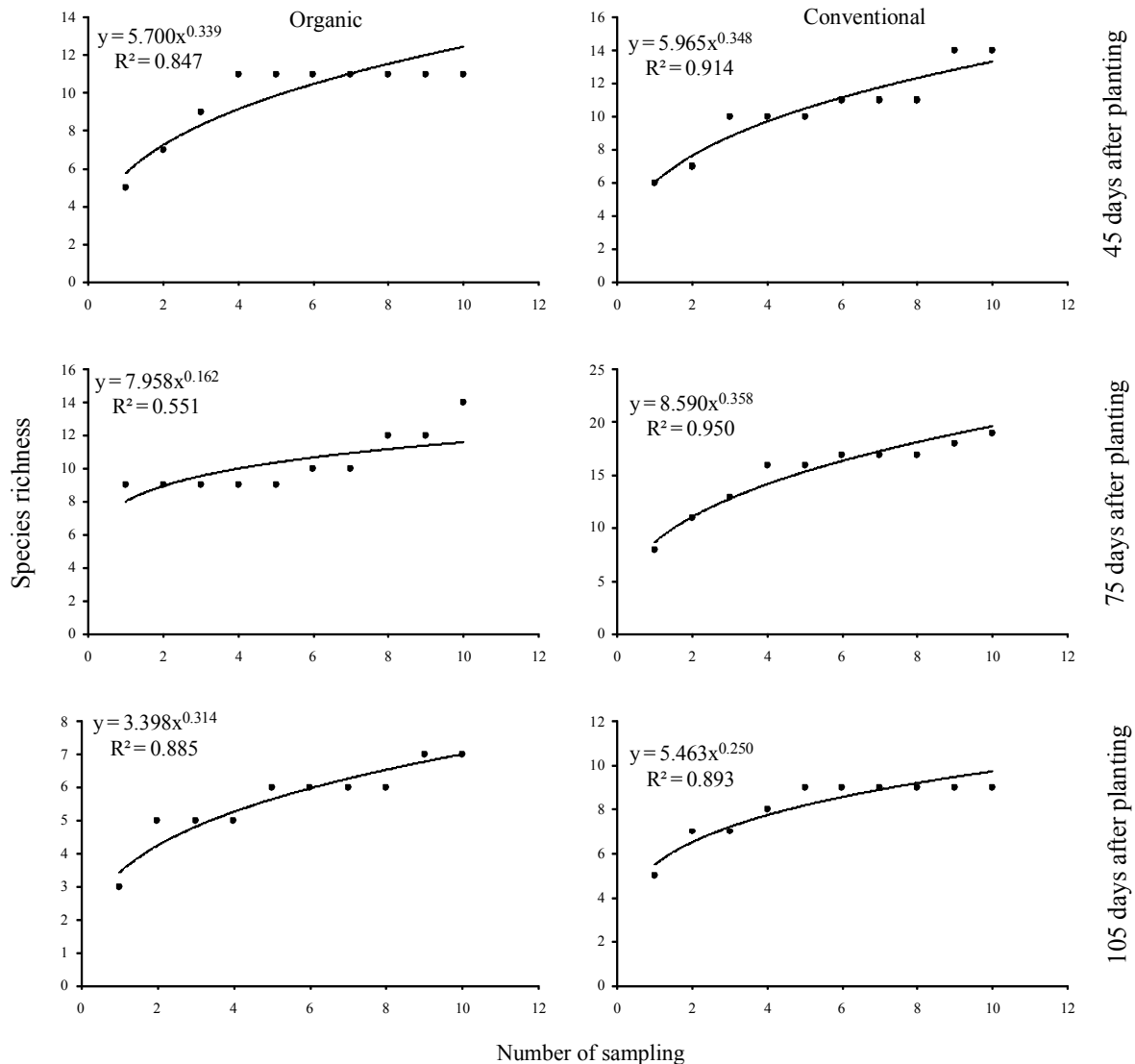
کاشت سیب‌زمینی (به‌ترتیب ۰/۳۴۸ و ۰/۳۵۸) بیشتر از ارگانیک (به‌ترتیب ۰/۳۳۹ و ۰/۱۶۲) به‌دست آمد، در صورتی‌که در ۱۰۵ روز پس از کاشت، میزان تنوع بتا در کشت ارگانیک (۰/۳۱۴) بالاتر از کشت رایج آن (۰/۲۵) بود (شکل ۴). به‌طور کلی نتایج آزمایش حاکی از بالاتر بودن تنوع آلفا و بتا در بوم‌نظام کشت رایج سیب‌زمینی در مقایسه با بوم‌نظام ارگانیک آن بود. به‌عبارت دیگر هم در مقیاس مکانی کوچک (تنوع آلفا) و هم در مقیاس کل سطح مزرعه (تنوع بتا)، کشت رایج سیب‌زمینی از تنوع زیستی بیشتری در مورد حشرات برخوردار بود که با نتایج به دست آمده برای گندم در این مطالعه مغایرت داشت. Gabriel et al. (2006) نیز در مطالعه تنوع آلفا و بتا در بوم‌نظام‌های ارگانیک و رایج کشاورزی در کشور آلمان گزارش کردند که به‌طور کلی تنوع آلفا و بتا در مزارع ارگانیک بالاتر از مزارع رایج می‌باشد. به‌نظر می‌رسد دلیل بالاتر بودن تنوع زیستی در بوم‌نظام رایج نسبت به بوم‌نظام ارگانیک در مزارع سیب‌زمینی مربوط به این امر باشد که فقط سه سال از ارگانیک شدن مزرعه سیب‌زمینی می‌گذرد و تمام اثرات مثبت این نظام هنوز به‌طور کامل به ظهور نرسیده است. به‌طور کلی با وجود عدم مصرف کود و سموم شیمیایی در مزرعه ارگانیک، تنوع گیاهی کشت شده در اطراف مزرعه ارگانیک بسیار کمتر از مزرعه رایج سیب‌زمینی بود. با توجه به مشاهدات انجام گرفته در زمان نمونه‌برداری مشخص شد که در اطراف مزرعه رایج سیب‌زمینی، کشاورزان اقدام به کشت گیاهانی همچون گوجه‌فرنگی، کدو و خربزه می‌کنند، در صورتی‌که در مزرعه ارگانیک با وجود رعایت کردن اصول ارگانیک در داخل سطح مزرعه، تنوع گیاهی موجود در

با شروع رشد سیب‌زمینی تنوع گونه‌های موجود در هر دو بوم‌نظام مدیریت رایج و ارگانیک سیب‌زمینی افزایش یافته و در ۷۵ روز پس از کاشت به بیشترین مقدار خود رسیده و در انتهای رشد گیاه کاهش یافت (شکل ۳). در هر دو مزرعه رایج و ارگانیک سیب‌زمینی، زمان دوم نمونه‌برداری (۷۵ روز پس از کاشت) نسبت به زمان اول (۴۵ روز پس از کاشت) و زمان سوم نمونه‌برداری (۱۰۵ روز پس از کاشت) از غنای گونه‌ای بیشتری برخوردار بود (شکل ۳). طی سه مرحله نمونه‌برداری در طول فصل رشد سیب‌زمینی، بوم‌نظام رایج از تعداد خانواده بیشتری در مقایسه با بوم‌نظام ارگانیک برخوردار بود و بیشترین غنای گونه‌ای تحت تأثیر بوم‌نظام مدیریتی و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری مربوط به مزرعه رایج در ۷۵ روز پس از کاشت سیب‌زمینی با ۱۹ خانواده مختلف بود (شکل ۳). سولیوارن و گورمالی (Sullivan & Gormally, 2002) گزارش کردند که تعداد حشرات جمع‌آوری شده و همچنین غنای گونه‌ای در مزارع سیب‌زمینی با مدیریت ارگانیک به مراتب بیشتر از مزارع رایج سیب‌زمینی بود که با یافته‌های به‌دست آمده در این مطالعه مغایرت داشت.

تنوع آلفا در تمام مراحل نمونه‌گیری در بوم‌نظام رایج بیشتر از ارگانیک بوده و با گذشت زمان اختلاف بین بوم‌نظام رایج و ارگانیک از لحاظ تنوع آلفا افزایش یافته و در ۱۰۵ روز پس از کاشت سیب‌زمینی به بیشترین مقدار خود رسید، بطوری‌که مقدار تنوع آلفا در بوم‌نظام رایج در ۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ روز پس از کاشت سیب‌زمینی به‌ترتیب به میزان ۴/۶، ۷/۹ و ۶۰/۸ درصد بیشتر از بوم‌نظام ارگانیک بود (شکل ۴). تنوع بتا نیز در بوم‌نظام رایج در ۴۵ و ۷۵ روز پس از

آفت‌کش‌ها در مزرعه رایج منجر به کاهش حشرات درون مزرعه می‌شود، ولی به نظر می‌رسد وجود تنوع گیاهی بالاتر در اطراف مزرعه و در نتیجه ایجاد تنوع زیستگاهی بیشتر برای حشرات در مزارع رایج توانسته تا حدودی جنبه منفی استفاده از آفت‌کش‌ها در مزارع رایج را جبران نماید. بنابراین انتظار می‌رود در صورتی که اصول ارگانیک در اطراف مزارع رعایت شود و تنوع گیاهی اطراف مزارع افزایش یابد، تنوع حشرات در بوم‌نظام‌های ارگانیک با توجه به اینکه از آفت‌کش‌های شیمیایی نیز در این مزارع استفاده نمی‌شود، در مقایسه با بوم‌نظام رایج بیشتر گردد.

اطراف مزرعه پایین بود. بنابراین وجود تنوع گیاهی بالاتر در اطراف مزارع رایج و در نتیجه ایجاد تنوع زیستگاهی بیشتر برای حشرات، منجر به افزایش تنوع زیستی حشرات و در نتیجه بالاتر بودن تنوع زیستی نسبت به بوم‌نظام ارگانیک در این منطقه گردید. به‌نظر می‌رسد با توجه به اینکه برای کنترل علف‌های هرز در مزارع ارگانیک از عملیات وجین و در مزارع رایج از علف‌کش استفاده شد؛ در نتیجه تنوع زیستگاهی درون مزرعه در هر دو شرایط ارگانیک و رایج سیب‌زمینی تفاوت چندانی نداشت و در این میان تنوع گیاهی کشت شده در اطراف مزارع رایج احتمالاً منجر به افزایش تنوع حشرات در این بوم‌نظام گردیده است. از طرف دیگر با وجود اینکه استفاده از



شکل ۴- رابطه بین غنای گونه‌ای و تعداد نمونه‌برداری در مزارع ارگانیک و رایج سیب‌زمینی در مراحل مختلف نمونه‌برداری
Fig.4-Relationship between number of sampling and species richness in organic and conventional fields of potato in different sampling stages

نتیجه‌گیری

بوم‌نظام‌های ارگانیک منوط به رعایت اصول کلی مدیریت ارگانیک در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد، بطوری که یافته‌های این تحقیق نیز به خوبی نشان داد که در مزارع ارگانیک سبب‌زمینی به دلیل تنوع گیاهی و به عبارتی تنوع زیستگاهی کم در اطراف مزارع، می‌تواند میزان تنوع حشرات در این بوم‌نظام کمتر از بوم‌نظام رایج بود. بنابراین به عنوان یک نتیجه کلی می‌توان بیان کرد که حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک علاوه بر حفظ و افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام زراعی، منجر به کاهش مصرف سموم شیمیایی شده و در نتیجه کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و پایداری بوم‌نظام‌های تولید کشاورزی را به دنبال خواهد داشت.

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بوم‌نظام‌های مدیریتی مختلف نقش تأثیرگذاری در میزان تنوع زیستی حشرات یک بوم‌نظام دارند. غنای گونه‌ای و همچنین تنوع بتا در مراحل مختلف نمونه‌برداری در بوم‌نظام ارگانیک گندم بیشتر از بوم‌نظام رایج بود، در صورتی که تنوع آلفا در بوم‌نظام رایج بیشتر از ارگانیک بود. عدم کاربرد کود و سموم شیمیایی، تنوع بالای علف‌های هرز در سطح مزرعه و همچنین تنوع بالای گیاهی در اطراف مزارع ارگانیک منجر به افزایش تنوع زیستی در چنین بوم‌نظام‌هایی در مقایسه با بوم‌نظام‌های رایج کشاورزی می‌گردد. نکته قابل ذکر اینکه بالاتر بودن تنوع در

منابع

- Alichi, M., and Minaei, K. 2002. Study on distribution of the beetles belonging to the family Carabidae in Shiraz region. 15th Iranian Plant Protection Congress, Razi University of Kermanshah. Iran 7-11 September 2002, p. 175. (In Persian with English Summary)
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Armstrong, G. 1995. Carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity and abundance in organic potatoes and conventionally grown seed potatoes in the north of Scotland. *Pedobiologia* 39: 231-237.
- Borror, D.J., Terplehorn, C.A., and Johnson, N.F. 1998. *An Introduction to the Study of Insects*. 7ed. Peter Marshal, Philadelphia.
- Clark, M.S. 1999. Ground beetle abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's Central Valley. *Applied Soil Ecology* 11: 199-206.
- Clark, M.S. 1999. Ground beetles abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's central valley. *Applied Soil Ecology* 11: 199-206.
- Clough, Y., Holzschuh, A., Gabriel, D., Purtauf, T., Kleijn, D., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Tschamtkke T. 2007. Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology* 44: 804-812.
- Gabrie, D., Roschewitz, I., Tschamtkke, T., and Thies, C. 2006. Beta diversity at different spatial scales: plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Applications* 16(5): 2011-2021.
- Gonnarsson, C., and Hansson, P.A. 2004. Optimization of field machinery for an arable farm converting to organic farming. *Agricultural Systems* 80: 85-103.
- Kevan, P.G. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on the pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 74: 187-228.
- Khodashenas, A.R. 2008. Investigation of structural biodiversity in winter wheat fields of Khorasan province. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Mahmoudi, H., Mahdavi Damghani, A., and Liaghati, H. 2008. *An Introduction to Organic Agriculture*. Jihad Daneshgahi Publication Limited, Mashhad, Iran. (In Persian)
- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. PP. 81-120. In: Cody, M.L. and J.M. Diamond (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, UK.
- Menalled, F., Liebman, M., and Renner, K. 2006. The ecology of weed seed predation in herbaceous crop systems. In: Batish, D. (Ed.), *Handbook of Sustainable Weed Management*. The Haworth Press, Inc., Binghamton, NY.
- Menalled, F., Smith, R.G., Dauer, J.T., and Fox, T.B. 2007. Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 49-54.
- Pfiffner, L., and Niggli, U. 1996. Effects of bio-dynamic, organic and conventional farming on ground beetles (Col. Carabidae) and other epigeic arthropods in winter wheat. *Biological Agriculture and Horticulture* 12: 353-364.
- Pielou, E.C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley/ Inter science, New York, NY, USA.
- Price, P.W. 1997. *Insect ecology*. 3th ed. 888 pp. John Wiley Publication, New York.
- Rezaye- Nodeh, M., Afshari, A., Yazdani, M., and Assadeh, G.H. 2011. Biodiversity of carabidae beetles (Coleoptera: Carabidae) in agroecosystems of Azad shahr region, Golestan province, Northern Iran. *Journal of Agroecology* 3(3): 347-357. (In Persian with English Summary)

- Sandhu, H.S., Wratten, S., and Cullen, R. 2010. The role of supporting ecosystem services in conventional and organic arable farmland. *Ecological Complexity* 7: 302-310.
- Scialabba, N. 2000. Opportunities and constraints of organic agriculture, A Sociological analysis. Rome: FAO. Available at [http:// www.fao.org/ organicag](http://www.fao.org/organicag) (May 20, 2008).
- Shah, P.A., Brooks, D.R., Ashby, J.E., Perry, J.N., and Woiwod, I.P. 2003. Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. *Agriculture and Forest Entomology* 5(1): 51-60.
- Sullivan, C.M., and Gormally, M.J. 2002. A Comparison of Ground Beetle (Carabidae: Coleoptera) Communities in an Organic and Conventional Potato Crop. *Biological Agriculture and Horticulture* 20: 99-110.
- Waite, S. 2000. *Statistical ecology in practice*. 1st ed. 414 pp. Prentice Hall Publishing.
- Whittaker, R.H. 1972. Evaluation and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.



Insect's Biodiversity in Conventional and Organic Agro-ecosystems for Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Potato (*Solanum tuberosum*) in Fariman Region

M. Mahloji Rad¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*}, M. Parsa³, Gh.A. Asadi³ and N. Shahnoshi⁴

Submitted: 19-04-2015

Accepted: 01-12-2015

Mahloji Rad, M., Rezvani Moghaddam, P., Parsa, M., Asadi, Gh.A., and Shahnoshi, N. 2019. Insect's biodiversity in conventional and organic agro-ecosystems for wheat (*Triticum aestivum* L.) and potato (*Solanum tuberosum*) in Fariman region. Journal of Agroecology. 10(4):1051-1066.

Introduction

One of the main objectives of organic agriculture is low negative effect on the environment and according to this issue, maintaining biodiversity is one of the key responsibilities of this agriculture system. Disuse of chemical fertilizers and using mechanization with less intensity caused significant increase in biodiversity in organic agriculture. Insect's diversity can help in biological control of pests, pollination and biological control of weeds and diseases. This study was performed based on the key role of insects in ecosystem function, especially in organic agro-ecosystems and effective factors for biodiversity of them and also with respect to the high potential for progressing of organic agriculture in Iran. The purpose of the study was to identify different families of insects in conventional and organic fields for wheat and potato crops in Fariman city.

Material and Methods

The study was carried out in wheat and potato fields at Fariman city in 2012. In order to collect insects, we used a sweet net with a diameter of 50 cm in 10 different regions of the fields. Sampling was performed after 45, 75 and 105 days after planting. Sampling was conducted which it covers total farm area. Shannon-weaver index, Simpsons reciprocal and Margalef indexes were used to calculate the insect's biodiversity and Pielou and Simpson were used to calculate the species evenness. Relative frequency (pi) was used to determination of dominant species in each agro-ecosystem and the species with the highest relative frequency was considered as dominant species. In order to compare the alpha and beta diversity between two organic and conventional systems, we fitted the power function for species richness as a dependent variable and sampling number as an independent variable.

Results and Discussion

The results of the wheat farm showed that the total number of collected insects' families during the growing season in the organic farm was higher than the conventional farm (2047 number of insects from 41 families vs. 1928 from 34 families, respectively). From total families, 32 families were the same in both organic and conventional wheat systems and 9 families were collected from the only organic farm. Two families were observed only on the conventional farm. Species richness was the same in both organic and conventional at first stage of sampling, but in the organic system, it was higher at the second and third stage of sampling. Insects' diversity in the conventional farm was higher than organic based on obtained values for alpha diversity. Calculated beta diversity in the organic system was higher than conventional. In fact, beta diversity is the increasing rate of the species richness per increasing of sampling number and the high value of beta diversity in the organic system indicates that species richness and biodiversity of the organic system were higher than conventional at total farm area. In potato organic and conventional farms, 435 insects (from 18 families) and 787 insects (from 22 families) were collected, respectively. From total trapped families, 15

1, 2 and 3- PhD. in Agroecology, Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

4- Professor of Agricultural Economy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.45973

families were the same in both organic and conventional systems, 7 families only were in conventional farm and three families observed only in the organic farm. Therefore, species diversity in conventional system was higher in comparison with the organic system in the potato crop. Two families were introduced as dominant species in the organic farm with a relative frequency of 17% and 15.6%, respectively and *Miridae* family was dominant species in the conventional farm as 27.8% of relative frequency. Alpha diversity in conventional system was higher than organic. Beta diversity in conventional system was higher in 45 and 75 days after planting, but it was lower in 105 days after planting than organic. In total, the results showed that alpha and beta diversity were higher in conventional than organic. It seems that the reason for higher biodiversity in conventional compared to organic was related to failure to comply with the organic principles in potato farm.

Conclusion

It can be concluded that the move towards organic agriculture, in addition to preserving and enhancing biodiversity in agricultural ecosystems, has led to a reduction in using chemical pesticides and, as a result, the reduction of environmental pollution will be followed by the sustainability of agricultural production.

Keywords: Alpha diversity, Beta diversity, Diversity index, Species richness



تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی وسمه (*Indigofera tinctoria* L.)

نادر مدافع بهزادی^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*} و محسن جهان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

مدافع بهزادی، ن.، رضوانی مقدم، پ.، و جهان، م. ۱۳۹۷. تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی وسمه (*Indigofera tinctoria* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۶۷-۱۰۷۹.

چکیده

به منظور مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد اندام هوایی گیاه دارویی وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) در واکنش به تاریخ‌های مختلف کاشت و تراکم بوته، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه بم در سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ اجرا شد. چهار تاریخ کاشت (۱۵ فروردین، ۳۰ فروردین، ۱۴ اردیبهشت و ۲۹ اردیبهشت ماه) به عنوان فاکتور اصلی و چهار تراکم کاشت (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در متر مربع) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، قطر کانویی، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل اندام هوایی وسمه در دو چین بودند. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر روی صفات مورد اندازه‌گیری در هر دو چین داشتند. بیشترین تولید برای تاریخ کاشت اوایل فروردین مشاهده شد، بطوری‌که بالاترین وزن خشک برگ و ساقه در چین اول و دوم به ترتیب برای تاریخ کاشت ۱۵ فروردین با ۴۶۴/۷۹، ۴۶۳/۵۴ و ۳۹۹/۷۵، ۴۰۴/۰۴ گرم در متر مربع بدست آمد. با تأخیر در کاشت از اوایل فروردین به اواخر اردیبهشت، وزن خشک کل اندام هوایی در چین اول ۳۲/۷۶ درصد و در چین دوم ۷۸/۵۸ درصد کاهش یافت. به طور کلی، تاریخ کاشت زود هنگام برای وسمه به دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد، بالا بودن رطوبت نسبی محیط و خنکی هوا بر کشت دیر هنگام ارجحیت دارد. همچنین تراکم ۴۵ بوته در متر مربع به عنوان تراکم مطلوب انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: قطر بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل اندام هوایی

مقدمه

صد گرم برگ خشک این گیاه دارای ۵/۱ گرم نیتروژن، ۰/۳۵ گرم فسفر، ۱/۴ گرم پتاسیم و ۳/۹ گرم کلسیم است (Annie Felicia et al., 2012). همچنین بذر این گیاه حاوی شش نوع روتنویید شامل دگواتین، دهیدروگواتین، روتنول، روتنون، تفروسین و سوماترول می‌باشد (Annie Felicia et al., 2012). روتنوییدها دارای خاصیت حشره‌کشی می‌باشند (Annie Felicia et al., 2012). در منطقه جیرفت و کهنوج، وسمه به طور عمده بعد از گیاهان جالیزی و یا گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت می‌شود. در واقع، می‌توان گفت که وسمه به عنوان یک کشت تابستانه در تناوب با جالیز یا گندم قرار می‌گیرد. ریشه و ساقه وسمه، طعمی تلخ و اثر ملین، خلط آور و ضد کرم‌های انگل معده و روده دارد و سبب تقویت مو می‌شود. کلیه قسمت‌های این گیاه اثر کاهش‌دهنده التهاب داشته و از آن‌ها برای

وسمه یا نیل با نام علمی *Indigofera tinctoria* L. گیاهی صنعتی و فراموش‌شده متعلق به خانواده Fabaceae می‌باشد. این گیاه یکساله، دوساله یا چندساله (Pramod et al., 2010) است که ارتفاع آن به یک الی دو متر می‌رسد (Saurabh et al., 2010). هر

۱- دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران
۲ و ۳- به ترتیب استاد و دانشیار گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: rezvani@um.ac.ir (Email:)

داد. غنی و همکاران (Ghani et al., 2011) بیان کردند که تأثیر تاریخ کاشت بومادران (*Achillea millefolium* L.) بر کلیه صفات کمی و کیفی معنی‌دار بود؛ به طوری‌که بیشترین وزن خشک گل آذین، عملکرد زیست توده در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد حاصل شد. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2010) گزارش کردند که کشت تأخیری زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی این گیاه دارویی شد. بدین ترتیب، این محققان انتخاب تاریخ مناسب کاشت را به عنوان عامل مهمی در دستیابی به عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی معرفی نمودند.

تراکم بوته یکی دیگر از عوامل مهم زراعی در تعیین عملکرد محصولات محسوب می‌شود. تراکم کاشت نه تنها تعیین‌کننده رقابت جهت دستیابی به نور و مواد غذایی است، بلکه تقسیم و تخصیص ماده خشک بین اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis et al., 2001). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) با مقایسه تأثیر تراکم گیاه بر میزان زیست توده تولیدی آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* L.) و زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) گزارش کردند که در سال اول بالاترین عملکرد اسانس آویشن شیرازی در کمترین تراکم (۶/۶ بوته در متر مربع) بدست آمد. ال-رامانه (Al-Ramamneh, 2009) گزارش کرد که بیشترین ارتفاع، وزن تر و خشک ساقه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) در فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف بدست آمد. نتایج بررسی امید بیگی و ملایری (Omid Baygi & Malateri, 2007) نشان داد که افزایش تراکم باعث کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و تولید ماده مؤثره در گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.) شد. بر اساس مطالعه رحمتی و همکاران (Rahmati et al., 2009) افزایش تراکم باعث افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی گیاه و افزایش عملکرد گل گیاه دارویی بابونه شد. مطالعه رضایی‌نژاد و همکاران (Rezayee et al., 2001) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد بذر گونه دارویی زیره سبز در کمترین تراکم کاشت به دست آمد. نتایج مطالعه-ای دیگر، نیز نشان داد که افزایش تراکم باعث بهبود معنی‌دار عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) شد (Rahimi et al., 2009). نتایج برخی مطالعات نیز تأییدکننده عدم تأثیر تراکم بر رشد گیاهان مختلف می‌باشد. در همین راستا، نتایج مطالعات امین غفوری (Amin Ghafouri, 2014) و خیرخواه (Kheirkhah, 2011) روی خصوصیات رشدی کاکوتی چندساله و ثابت تیموری (Sabet Teimouri, 2012) روی گل اروانه بزقی (*Hymenocrater platistegius* Rech. F) نیز نشان داد که افزایش تراکم تأثیر معنی-داری بر رشد این گیاهان چندساله دارویی نداشت.

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و توسعه کشت و

درمان برونشیت‌های مزمن، آسم (به‌خصوص در اطفال)، بواسیر، گزش حشرات و خزندگان سمی، معالجه زخم و ناراحتی‌های پوستی استفاده می‌شود. شیره حاصله از گیاه برای درمان صرع و ناراحتی‌های عصبی نیز استفاده می‌شود (Ayeen, 2006). از برگ‌های وسمه ماده‌ای به نام نیل استخراج می‌شود. مهمترین استفاده از نیل در صنعت رنگرزی است که رنگ آن از ثبات بسیار بالایی برخوردار بوده و در رنگرزی پارچه و اشیاء کاربرد فراوان دارد. کاشت این گیاه از زمان‌های گذشته در مناطق جلگه‌ای جیرفت و کهنوج متداول بوده و در حال حاضر، با بیش از ۳۰۰ هکتار سطح زیر کشت از مهمترین کشت‌های تابستانه این مناطق به شمار می‌آید (Ayeen, 2006). البته اگرچه سطح زیر کشت آن در ایران بسیار اندک است، ولی با توجه به کاربردهای متنوع آن به‌نظر می‌رسد که احیای کشت و کار این محصول بتواند در ایجاد اشتغال و تنوع در الگوهای کشت مناطق مختلف کشور مفید باشد. بنابراین شناخت نیازهای به‌زراعی گیاه دارویی و صنعتی فراموش شده وسمه می‌تواند ضمن افزایش و بهبود معشیت تولیدکنندگان این محصول از خروج ارز برای تهیه رنگ‌های شیمیایی تا حدود زیادی بکاهد و از سوی دیگر، بازار جهانی برخی از صنایع از جمله صنعت فرش ایرانی را دوباره پررونق کند.

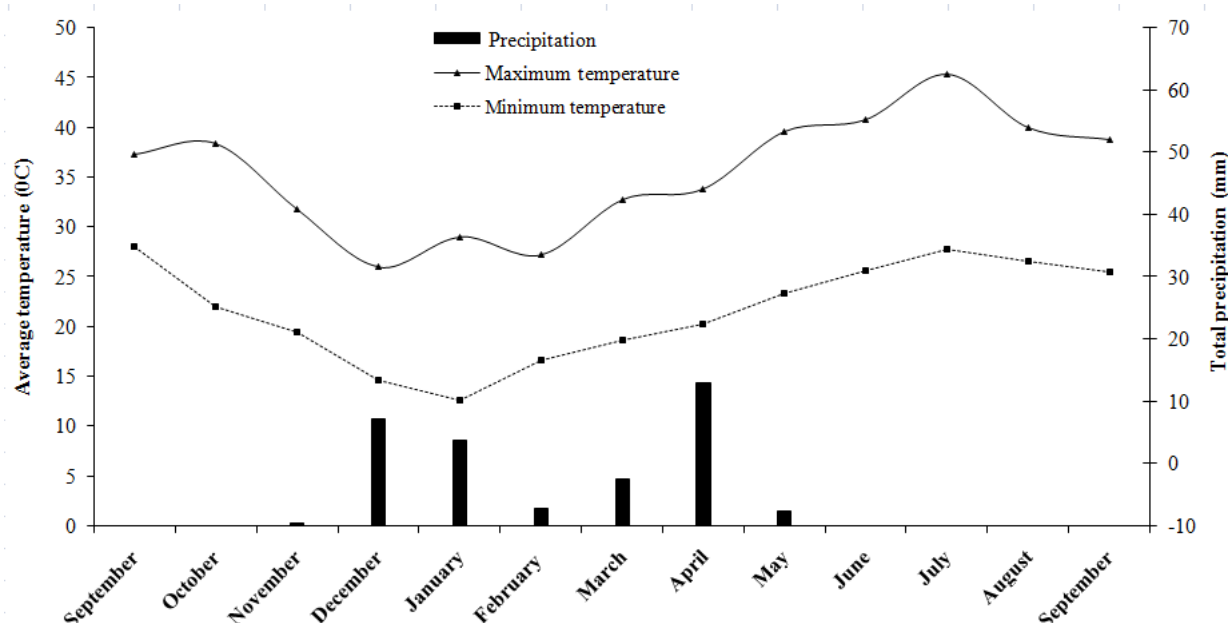
تعیین تاریخ کاشت مناسب به‌منظور استقرار خوب گیاه در مزرعه از اولویت برخوردار است، زیرا تاریخ‌های مختلف کاشت به‌طور مؤثری قدرت رویش بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به ازای تاریخ‌های مختلف کاشت مراحل فنولوژیکی متفاوت در معرض تغییرات شرایط محیط قرار می‌گیرند (Seghatoleslami & Moosavi, 2008). حصول عملکرد بالا، مستلزم انطباق مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط جوی مساعد از طریق انتخاب تاریخ کاشت مناسب و استفاده عوامل تولید از طریق تراکم مطلوب می‌باشد (Ghorbani et al., 2010). تاریخ کاشت وسمه در مناطق گرم‌تر مانند کهنوج و رودبار جنوب در نیمه دوم فروردین تا اردیبهشت است، اما وسمه را در جیرفت کمی دیرتر و با هدف تولید بذر در نیمه دوم اردیبهشت تا خرداد ماه کشت می‌کنند (Ayeen, 2006). امین غفوری (Amin Ghafouri, 2014) اعلام کرد که تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر ارتفاع ساقه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گیاه دارویی کاکوتی چندساله (*Ziziphora clinopodioides* Lam.) معنی‌دار بود. بالندری و رضوانی مقدم (Balandari & Rezvani Moghaddam, 2011) اعلام کردند که اثر تاریخ کاشت بر وزن خشک اندام هوایی کاسنی (*Cichorium pumilum* Jacq.) معنی‌دار بود. ثقه‌السلامی و موسوی (Seghatoleslami & Moosavi, 2008) گزارش کردند که تاریخ کاشت اثرات معنی‌داری بر شاخص برداشت گل و بذر همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) داشت، بطوری‌که اولین تاریخ کشت (۱۰ فروردین) بالاترین عملکرد دانه و گل را به خود اختصاص

بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در منطقه بم (با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۵۰ متری از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ به اجرا در آمد. اقلیم شهرستان بم بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه گرم و خشک و بر اساس آمار هواشناسی منطقه، حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۴۵ و ۲- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (شکل ۱). خصوصیات مهم اقلیمی منطقه بم شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی در طول فصل رشد این گیاه در شکل ۱ نشان داده شده است.

کار این گونه فراموش شده و صنعتی و همچنین تعیین عوامل بهینه مدیریتی بر این گیاه، این آزمایش با هدف تعیین مناسب‌ترین تراکم گیاهی و بهترین تاریخ کاشت در کشت مستقیم بذر به منظور حصول بیشترین عملکرد برگ و خصوصیات مورفولوژیکی در شرایط آب و هوایی بم طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی واکنش گیاه دارویی و صنعتی وسمه نسبت به تاریخ کاشت و تراکم بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح



شکل ۱- میانگین درجه حرارت حداکثر و حداقل و مجموع بارندگی ماهیانه طی دوره کاشت تا رسیدگی گیاه وسمه در شرایط آب و هوایی بم در سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲

Fig. 1- Average temperatures of minimum and maximum, and total precipitation from planting time to maturity stage of indigo under Bam climatic conditions during growing season of 2012-2013

کشت مستقیم بذر روی شش ردیف به صورت کرتی با استفاده از بازه‌کش و به شیوه دستی در تاریخ‌های مورد نظر صورت گرفت. قبل از انجام آزمایش مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش انجام شد. نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

چهار تاریخ کاشت شامل ۱۵ فروردین، ۳۰ فروردین، ۱۴ اردیبهشت و ۲۹ اردیبهشت ماه و چهار تراکم کاشت شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در متر مربع به ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. ابعاد کرت‌ها ۳×۵ متر و فاصله بین ردیف‌ها در هر یک از کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فواصل روی ردیف در تراکم‌های مختلف شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در متر مربع به ترتیب برابر با ۱۳/۳، ۸، ۵/۷ و ۴/۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر)
Table 1- Physico-chemical characteristics of cultivated soil (0-30 cm depth)

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس Available K	فسفر قابل دسترس Available P (بی‌پی‌ام) (ppm)	نیتروژن کل Total nitrogen	بافت Texture
6.67	7.63	497.51	19.09	410	شنی لومی Lomy sandy

بر سطح زمین پخش شدند و پس از آن، وزن خشک اندام‌های هوایی به تفکیک برگ و ساقه بعد از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از ترازوی با دقت یک صدم اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی گیاه وسمه در جدول ۲ نشان داده شده است.

ارتفاع و قطر تاج پوشش: اگرچه ارتفاع و قطر تاج‌پوشش وسمه در هر دو چین تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفتند، اما تراکم بوته تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر این خصوصیات در هر دو چین داشت (جدول ۲). بررسی اثر تاریخ کاشت در چین اول نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه و قطر تاج‌پوشش گیاهی به ترتیب با ۸۳/۰۲ و ۲۲/۰۸ سانتی‌متر برای تاریخ کاشت ۱۵ فروردین مشاهده شد و کمترین ارتفاع گیاه و قطر تاج‌پوشش گیاهی برای تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت با ۶۳/۳۹ و ۱۸/۰۸ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). در این تحقیق، گیاهان کاشته شده در تاریخ ۱۵ فروردین تقریباً پس از گذشت ۷۵ روز (در اواخر خرداد ماه) و کشت ۲۹ اردیبهشت پس از ۴۵ روز (در اواسط تیر ماه) وارد مرحله گلدهی شدند. علت افزایش ارتفاع بوته در کشت ۱۵ فروردین به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد و رشد رویشی بهتر گیاه می‌باشد. بنابراین، بوته‌ها در تاریخ کشت‌های فروردین رشد مناسب‌تری نسبت به تاریخ کشت‌های اردیبهشت داشته که در نهایت، افزایش ارتفاع و قطر گیاه را به دنبال داشته است. به طور کلی، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت اول به علت مساعدتر بودن شرایط محیطی و طولانی‌تر بودن دوره رشد، گیاه از ارتفاع بیشتری برخوردار شده است. در این رابطه نیز نتایج برخی بررسی‌ها نشان داد که افزایش دما طی دوره رشد و کاهش طول دوره باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Heydaryzadeh & Khajepour, 2008). کمتر بودن ارتفاع گیاه با تأخیر در کاشت همسو با نتایج

به‌منظور اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، در زمستان سال ۱۳۹۱ عملیات شخم و تسطیح زمین انجام گرفت. در این زمان کودهای فسفر و پتاسیم نیز به خاک اضافه شدند. بدین منظور، جهت تأمین نیاز کودی وسمه عناصر غذایی پرمصرف بر اساس ۱۵۰، ۱۵۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از منبع سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره نیز به خاک اضافه شدند. نیتروژن نیز در سه نوبت قبل از کاشت (همزمان با اضافه نمودن کودهای فسفر و پتاسیم)، بعد از ساقه رفتن و بعد از برداشت گیاه در چین اول اضافه گردید.

روش آبیاری مورد استفاده به صورت قطره‌ای بود و طبق عرف منطقه به صورت هر شش روز یکبار آبیاری انجام گرفت و تا پایان فصل رشد ادامه یافت. لازم به ذکر است گیاهان با تراکم نسبتاً بالا کاشته شدند و بعد از اطمینان از سبز شدن کامل و استقرار کامل، گیاهچه‌ها در مرحله ۳-۴ برگی برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر به دقت و بر اساس فاصله تعیین‌شده تنک شدند. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی پس از هر نوبت آبیاری و سپس رسیدن به شرایط ظرفیت زراعی به طور مرتب در طول دوره رشد انجام شد. لازم به ذکر است در طی آزمایش تعدادی شته سیاه و مگس سفید مشاهده شدند که با کفشدوزک هفت نقطه‌ای به صورت بیولوژیک کنترل شدند. لذا در طول دوره آزمایش از هیچگونه سم شیمیایی استفاده نشد.

حدود ۱۰۰ تا ۱۰۵ روز پس از کاشت، گیاهان کشت شده در تمامی تاریخ کاشت‌ها به طور همزمان آماده برداشت چین اول شدند. قبل از برداشت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته، قطر کانوبی، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه اندازه‌گیری شد. بمنظور تعیین عملکرد اندام‌های هوایی، بوته‌ها در چین‌های اول و دوم در زمان رسیدگی کامل گل‌ها به‌ترتیب از نیمه اول مرداد و نیمه دوم مهر ماه با فاصله ۱۵ روز یکبار برای هر تاریخ کاشت به‌طور جداگانه با حذف اثرات حاشیه‌ای از سطح سه متر مربع برداشت شدند. بدین منظور، تمامی گیاهان موجود در هر کرت با استفاده از داس از سطح سه متر مربع و از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری خاک قطع و برداشت شدند.

لازم به ذکر است بوته‌ها به مدت یک ماه در سایه و هوای آزاد

آزمایش‌های ثقه‌اسلامی و همکاران (Seghatoleslami et al., 2010)، محمدی میریک و همکاران (Mohammadi Mirik et al., 2009) و تباله و همکاران (Tbaileh et al., 2007) می‌باشد. نتایج مطالعاتی که محمدپور و همکاران (Mohammadour et al., 2013) و نادری بروجردی و همکاران (Naderi-Boroujerdi et al., 2002) بر روی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) و زوفا (Hadj-Seyed- Matricaria recutita) چندساله انجام دادند نیز چنین موضوعی را تأیید می‌کند. حاج‌سیدهادی و همکاران (Hadj-Seyed- Matricaria recutita) (Hady et al., 2002) با کاشت گیاه بابونه (L.) در تاریخ‌های مختلف ۵، ۱۵ و ۲۵ فروردین ماه گزارش کردند که وجود شرایط محیطی مناسب‌تر در تاریخ کاشت اول و در نتیجه رشد بیشتر، موجب بهبود ارتفاع گردید.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی گیاه وسمه در چین‌های اول و دوم

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for effects of sowing date and plant density on growth criteria and quantitative yield of indigo at the first and the second cuttings

وزن خشک کل اندام هوایی Dry yield of above ground matter	وزن خشک ساقه Dry weight of shoots	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	تعداد شاخه جانبی Number of branches	قطر تاج- پوشش Canopy diameter	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
چین اول First cutting							
6315.18	5109.89	2664.77	2.41	11.89	390.56	2	بلوک Block
119631.78 **	54233.81 **	16728.61 *	11.61 ns	37.19 ns	440.13 ns	3	تاریخ کاشت Sowing date (SD)
31661.36	17474.30	4749.18	6.79	18.42	287.95	6	خطای اصلی Main error
1209911.32 **	317021.65 **	288899.58 **	9.08 ns	142.91 **	1346.44 **	3	تراکم کاشت Plant density (PD)
35432.87 ns	11879.87 ns	8309.84 ns	4.22 ns	24.54 ns	516.527 ns	9	SD×PD
21478.64	5247.9	4948.5	2.73	14.51	231.26	24	خطای فرعی Sub error
چین دوم Second cutting							
62884.16	34301.28	6016.64	2.41	11.58	284.1	2	بلوک Block
265477.52 **	47718.85 **	115245.29 **	11.61 *	140.02 **	632.91 *	3	تاریخ کاشت Sowing date (SD)
28670.22	17396.02	5713.02	6.79 *	17.69	327.83	6	خطای اصلی Main error
347103.33 **	87799.17 **	86231.58 **	9.08 ns	59.80 **	986.49 *	3	تراکم کاشت Plant density (PD)
9703.69 ns	9056.67 ns	5582.28 ns	4.22	33.08	495.97 ns	9	SD×PD
1286572. **	162330.62 **	534976.38 **	1944.98 **	3043.14 **	1200.64 ns	1	چین Cutting
1744439	10182.09	5117.41	3.41	12.55	243.59	24	خطای فرعی Sub error

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

*, ** and ns represent significant at 5% probability level, significant at 1% probability level and non-significant, respectively.

ارتفاع، آویشن در بالاترین تراکم (فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف) بدست آمد.

اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع و قطر تاج‌پوشش گیاهی در هر دوچین معنی‌دار ($p \leq 0.05$) نبود (جدول ۲). اختلاف ارتفاع و قطر تاج‌پوشش گیاهی در بین چین‌های مختلف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۴). بطوری‌که ارتفاع در چین اول و دوم به‌ترتیب با ۷۳/۷۵ و ۶۶/۶۶ کمترین و بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد، اما در چین دوم قطر بوته ۳۶/۵۳ درصد بالاتر از چین اول بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در چین دوم گیاه با در اختیار داشتن فرصت مناسب در فاصله بین دو چین استقرار بهتری نموده و جوانه‌های بیشتری را تولید کرده است که در نتیجه با ایجاد ساقه‌های بیشتر و بلندتر روی سطح خاک، افزایش قطر تاج‌پوشش در این چین را به دنبال داشته است. این نتایج مشابه نتایج تحقیقات سایر محققان (Rezvani Moghaddam et al., 2013a; Amin Ghafouri, 2014; Kheirkhah, 2011; Tabrizi, 2007; Nadjafi, 2006; Teimouri et al., 2014) روی گونه‌های مختلف گیاهان دارویی می‌باشد.

نتایج نشان داد که ارتفاع و قطر تاج‌پوشش گیاهی و سهم بطور معنی‌داری در هر دو چین آزمایش تحت تأثیر معنی‌دار تراکم بوته قرار گرفتند ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). افزایش تراکم باعث افزایش ارتفاع و قطر تاج‌پوشش گیاهی گردید (جدول‌های ۳ و ۵). بطوری‌که بیشترین ارتفاع و قطر تاج‌پوشش این گیاه دارویی در چین اول مربوط به تراکم ۴۵ بوته در متر مربع و به ترتیب برابر با ۸۰/۲۹ و ۲۴/۲۵ سانتی‌متر مشاهده شد. بالاترین میزان این صفات در چین دوم برای تراکم ۴۵ بوته در متر مربع به ترتیب برابر با ۷۳/۷۵ و ۳۱/۱۶ سانتی‌متر حاصل گردید (جدول‌های ۳ و ۵). با افزایش تراکم، ارتفاع و سهم بدلیل افزایش رقابت برای جذب نور در سطوح بالاتر تراکم افزایش یافت که با نتایج رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2005) همخوانی دارد. نتایج اکبری نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2006) روی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و رضوانی مقدم و احمدزاده مطلق (Rezvani Moghaddam & Ahmadzade Motlagh, 2005) روی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز نشان داد که با افزایش تراکم ارتفاع گیاه افزایش یافت. ال-رامانه (Al-Ramamneh, 2009) گزارش کرد که بیشترین

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات رویشی و عملکرد کمی گیاه و سهم در چین اول
Table 3- Mean comparison for the effects of sowing date and plant density on growth criteria and quantitative yield of indigo at the first cutting

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر تاج- پوشش (سانتی‌متر) Canopy diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branch	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Dry weight of leaf (g.m ⁻²)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Dry weight of shoots (g.m ⁻²)	وزن خشک کل اندام هوایی (گرم در متر مربع) Dry yield of above ground matter (g.m ⁻²)
۱۵ فروردین 4 April	83.03 ^{a*}	22.08 ^a	17.45 ^a	464.79 ^a	463.54 ^a	928.33 ^a
۳۰ فروردین 19 April	73.74 ^a	19.25 ^a	16.75 ^a	456.88 ^{ab}	429.79 ^{ab}	886.62 ^a
۱۴ اردیبهشت 4 May	67.25 ^a	18.75 ^a	16.20 ^a	402.50 ^{ab}	418.13 ^{ab}	820.63 ^{ab}
۲۹ اردیبهشت 19 May	63.39 ^a	18.08 ^a	15.12 ^a	391.29 ^b	308.33 ^b	699.63 ^{ab}
تراکم (بوته در متر مربع) Density (plants.m ⁻²)						
15	61.31 ^b	16.50 ^c	17.50 ^a	233.21 ^d	205.48 ^c	438.38 ^c
25	68.09 ^{ab}	17.91 ^{bc}	16.37 ^a	380.28 ^c	342.71 ^b	722.92 ^b
35	81.59 ^a	19.50 ^b	15.37 ^a	520.63 ^b	513.15 ^a	1033.96 ^a
45	80.29 ^a	24.25 ^a	16.29 ^a	581.45 ^a	558.75 ^a	1140 ^a

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر صفت، دارای تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند ($p \leq 0.05$).

* Means in each column and for each trait, with at least one similar letter are not significant different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

شاخه جانبی در چین اول و دوم به ترتیب با ۱۷/۵ و ۸/۵ برای تراکم ۱۵ بوته در متر مربع مشاهده گردید (جدول‌های ۳ و ۵). افزایش تراکم از ۱۵ بوته در متر مربع به ۴۵ بوته در متر مربع موجب کاهش

تعداد شاخه جانبی: همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تاریخ کاشت و تراکم گیاهی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی و سهم در هیچ کدام از چین‌های آزمایش نداشتند، اما بیشترین تعداد

شده است (Morris, 1996). موریس (Bahrani & Babaei, 2007). مطالعه روی ریحان و شلبی و رزین (Shalaby & Razin, 2009) با بررسی آویشن گزارش کردند که تعداد شاخه جانبی به شدت تحت تأثیر تراکم بوته می باشد و با افزایش تراکم بوته، بدلیل رقابتی که بین بوته ها برای کسب نور، آب و مواد غذایی بوجود می آید، حالت خود تنگی اتفاق می افتد، به طوری که گیاه با کم کردن تعداد شاخه های جانبی با کمبود منابع مقابله می کند.

تعداد شاخه جانبی در چین اول و دوم به ترتیب برابر با ۱۷ و ۵۰ درصد گردید (جدول های ۳ و ۵). به نظر می رسد که کاهش تعداد شاخه جانبی در اثر افزایش تراکم گیاهان به علت افزایش رقابت بین بوته ها و کاهش سهم هر بوته جهت استفاده از عناصر غذایی، نور، فضا و غیره بوده است (Adebisi et al., 2005). از طرفی، در تراکم های بالا به علت رقابت بین بوته های بیشتر، احتمالاً تعداد شاخه های فرعی کاهش یافته که این امر، در نهایت باعث کاهش تعداد شاخه جانبی

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده وسمه بین چین های مختلف

Table 4- Means comparison of some measured characteristics in indigo among different cuts

چین Cut	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر تاج پوشش (سانتی متر) Canopy diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Dry weight of leaf (g.m ⁻²)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Dry weight of shoots (g.m ⁻²)	وزن خشک کل اندام هوایی (گرم در متر مربع) Dry yield of above ground matter (g.m ⁻²)
اول First	73.75 ^a	30.79 ^a	16.38 ^a	428.86 ^a	404.95 ^a	833.81 ^a
دوم Second	66.66 ^b	19.54 ^b	7.38 ^b	278.30 ^b	324.05 ^b	602.35 ^b

* میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر صفت، دارای تفاوت معنی داری بر مبنای آزمون چند دامنه ای دانکن نمی باشند ($P \leq 0.05$).

* Means in each column and for each trait, with at least one similar letter are not significant different based on Duncan test

($p \leq 0.05$)

اردیبهشت ماه شده است. به طور کلی، به نظر می رسد که در تاریخ کاشت های زودتر گیاه مرحله رشد رویشی طولانی تری را همراه با دمای متعادل و محتوی رطوبتی بیشتر خاک طی کرده و فرصت یافته پیش از وقوع مرحله زایشی، کربوهیدرات ها و مواد فتوسنتزی بیشتری را در اندام های مختلف تجمع دهد که این امر در نهایت، افزایش وزن خشک برگ و ساقه را در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین به دنبال داشته است.

از طرفی، مقایسه وزن خشک برگ و ساقه چین های گیاه دارویی وسمه مشخص شد که به ترتیب ۵۳/۹۵ و ۲۴/۶۹ درصد وزن خشک برگ و ساقه به چین اول اختصاص داشت (جدول ۴). بدین ترتیب، بالاتر بودن این خصوصیات رشدی بوته های وسمه تحت تأثیر دوره رشد طولانی تر (Abbaszadeh et al., 2013; Ateia et al., 2009) و مدت زمان بیشتر برای جذب آب و مواد غذایی تحت تأثیر بهبود خصوصیات رویشی نسبت داد که در نهایت بهبود وزن خشک اندام هوایی این گیاه دارویی را موجب شده است. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نشان داد که وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا، در چین اول به ترتیب ۸۰ و ۷۱ درصد بالاتر از چین دوم بود. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) نیز بهبود ۵۸ درصدی وزن خشک اندام های هوایی زوفا در چین اول را در مقایسه با چین دوم گزارش نمودند. آنها دلیل این امر را به وجود شرایط محیطی مناسب تر طولانی تر در چین اول

در بین چین ها نیز چین اول دارای میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته بیشتری بود (جدول ۴) که این می تواند ناشی از وجود تنها یک ساقه اصلی در گیاهان چین اول و ایجاد چند ساقه اصلی تحت تأثیر از بین رفتن غالبیت ساقه اصلی در گیاه پس از برداشت چین اول باشد. با برداشت چین اول، گیاه برای رشد مجدد از بالای جوانه های باقی مانده شروع به رشد کرده و هر کدام از ساقه های بوجود آمده به عنوان ساقه اصلی است که تولید تعداد کمتری ساقه فرعی نسبت به تک ساقه اصلی موجود در چین اول می کند.

وزن خشک برگ و ساقه: همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه

می شود، وزن خشک برگ و ساقه وسمه در هر دو چین به طور معنی داری تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم قرار گرفتند ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن خشک برگ و ساقه در چین اول به ترتیب در تاریخ کاشت های ۱۵ فروردین و ۲۹ اردیبهشت با ۴۶۴/۷۵، ۳۹۱/۲۹ و ۴۶۳/۵۴، ۳۰۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار و در چین دوم نیز در تاریخ کاشت های ۱۵ فروردین و ۲۹ اردیبهشت با ۳۹۹/۷۵ و ۱۹۵/۲۵ و ۴۰۱/۰۴، ۲۵۳/۳۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. تاریخ کاشت ۱۵ فروردین نسبت به ۲۹ اردیبهشت در چین اول و دوم به ترتیب باعث افزایش ۱۵، ۳۳ و ۵۱، ۳۷ درصدی وزن خشک برگ و ساقه گردید (جدول های ۳ و ۵). دوره رشد طولانی تر و مناسب تر بودن شرایط رشدی گیاه به ویژه محتوی رطوبتی خاک باعث بهبود رشد بوته ها در این تاریخ کاشت ۱۵ فروردین نسبت به تاریخ کاشت ۲۹

در مقایسه با چین دوم نسبت دادند.

جدول ۵- اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات رویشی و عملکرد کمی گیاه وسمه در چین دوم

Table 5- Effect of sowing date and plant density on growth criteria and quantitative yield of indigo at the second cutting

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر تاج پوشش (سانتی‌متر) Canopy diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Dry weight of leaf (g.m ⁻²)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Dry weight of shoots (g.m ⁻²)	وزن خشک کل اندام هوایی (گرم در متر مربع) Dry yield of above ground matter (g.m ⁻²)
۱۵ فروردین 4 April	75.57 ^a	35.85 ^a	8.45 ^a	399.75 ^a	401.03 ^a	800.79 ^a
۳۰ فروردین 19 April	67.75 ^a	30.50 ^b	7.75 ^a	315.79 ^b	343.33 ^{ab}	614.29 ^b
۱۴ اردیبهشت 4 May	63.91 ^{ab}	29.55 ^b	7.20 ^a	202.42 ^c	298.50 ^{ab}	545.75 ^b
۲۹ اردیبهشت 19 May	59.41 ^b	27.58 ^b	6.12 ^a	192.25 ^c	253.33 ^c	448.58 ^b
تراکم (بوته در متر مربع) Density (plants.m ⁻²)						
15	59.04 ^b	31.16 ^a	8.55 ^a	187.28 ^c	232.18 ^c	419.50 ^c
25	60.57 ^b	33.29 ^a	7.37 ^{ab}	241.88 ^{bc}	280.65 ^{cb}	522.50 ^c
35	73.60 ^a	30.96 ^a	6.20 ^b	298.08 ^b	356.75 ^{ab}	654.79 ^b
45	73.70 ^a	27.86 ^a	4.20 ^{ab}	385.88 ^a	426.75 ^a	812.63 ^a

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر صفت، دارای تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند ($p \leq 0.05$).

* Means in each column and for each trait, with at least one similar letter are not significant different based on Duncan test.

($p \leq 0.05$)

عملکرد کل اندام هوایی: اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی عملکرد کل اندام هوایی گیاه وسمه در هر دو چین اول معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین عملکرد کل اندام هوایی مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ فروردین به ترتیب در چین اول و دوم با ۹۲۸/۳۲ و ۸۰۰/۷۹ گرم در متر مربع و کمترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت به ترتیب در چین اول و دوم با ۶۹۹/۶۳ و ۴۴۸/۵۸ گرم در متر مربع مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۵) همچنین با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌گردد که در چین دوم عملکرد کل اندام هوایی وسمه تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت، ولی اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری بر این صفت در هر دو چین نداشتند (جدول ۲). بنابراین، تاریخ کاشت ۱۵ فروردین با توجه به استقرار بهتر و رشد بیشتر در شرایط مساعدتر آب و هوایی برای وسمه، همچنین عدم مواجهه با گرمای سخت تابستان، و محتوی بالاتر و فراهمی متداوم‌تر رطوبت خاک برای جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، استفاده بهتر وسمه از منابع محیطی موجود به دلیل داشتن فرصت زمانی کافی (طولانی‌تر)، مناسب‌ترین تاریخ کاشت بوده و در هر دو چین موجب تولید بالاترین وزن خشک کل اندام هوایی گردید. بر اساس گزارش عسکری و همکاران (Askari et al., 2010) و خورشیدی و همکاران (Khorshidi et al., 2009) مبنی بر برتری عملکرد بذر گیاه دارویی آیسون (*Pimpinella affinis* L.) در تاریخ کاشت‌های زودتر نسبت به کشت‌های دیر هنگام، نتایج حاصله در مورد وسمه را در این آزمایش تایید می‌کند. آن‌ها بیان کردند که در کشت‌های زود هنگام به دلیل طولانی شدن دوره رشد، گیاه زمان بیشتری از انرژی نور خورشیدی بهره برده و به همین دلیل از عملکرد کل بالاتری برخوردار بوده است. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2008) نیز با بررسی چهار تاریخ کاشت (۱۸ فروردین، ۲ اردیبهشت، ۱۷ اردیبهشت و ۱ خرداد ماه) بر عملکرد گل و بذر کرچک (*Ricinus communis* L.) نشان دادند که با تأخیر در کاشت عملکرد بیولوژیک و دانه کاهش یافت بطوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت ۱۸ فروردین حاصل شد. دلاوگا و همکاران (DelaVega et al., 2002) اظهار داشتند که در نتیجه تأخیر در کاشت آفتابگردان تعداد گل آذین و عملکرد دانه در این گیاه در نتیجه بالا بودن دما در ابتدای فصل رشد و در نتیجه رشد سریع ساقه و کاهش زمان تا گلدهی و نیز دماهای بالاتر در این زمان که در تشکیل گل و دانه تأثیرگذار است، کاهش می‌یابد.

تراکم نیز به طور معنی‌داری وزن خشک کل اندام هوایی وسمه را در هر دو چین آزمایش تحت تأثیر قرار داد ($p \leq 0.05$) (جدول ۲).

عملکرد کل اندام هوایی: اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی عملکرد کل اندام هوایی گیاه وسمه در هر دو چین اول معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین عملکرد کل اندام هوایی مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ فروردین به ترتیب در چین اول و دوم با ۹۲۸/۳۲ و ۸۰۰/۷۹ گرم در متر مربع و کمترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت به ترتیب در چین اول و دوم با ۶۹۹/۶۳ و ۴۴۸/۵۸ گرم در متر مربع مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۵) همچنین با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌گردد که در چین دوم عملکرد کل اندام هوایی وسمه تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت، ولی اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری بر این صفت در هر دو چین نداشتند (جدول ۲). بنابراین، تاریخ کاشت ۱۵ فروردین با توجه به استقرار بهتر و رشد بیشتر در شرایط مساعدتر آب و هوایی برای وسمه، همچنین عدم مواجهه با گرمای سخت تابستان، و محتوی بالاتر و فراهمی متداوم‌تر رطوبت خاک برای جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، استفاده بهتر وسمه از منابع محیطی موجود به دلیل داشتن فرصت زمانی کافی (طولانی‌تر)، مناسب‌ترین تاریخ کاشت بوده و در هر دو چین موجب تولید بالاترین وزن خشک کل اندام هوایی گردید. بر اساس گزارش عسکری و همکاران (Askari et al., 2010) و خورشیدی و همکاران (Khorshidi et al., 2009) مبنی بر برتری عملکرد بذر گیاه دارویی آیسون (*Pimpinella affinis* L.) در تاریخ کاشت‌های زودتر نسبت به کشت‌های دیر هنگام، نتایج حاصله در مورد وسمه را در این آزمایش تایید می‌کند. آن‌ها بیان کردند که در کشت‌های زود هنگام به دلیل طولانی شدن دوره رشد، گیاه زمان بیشتری از انرژی نور خورشیدی بهره برده و به همین دلیل از عملکرد کل بالاتری برخوردار بوده است. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2008) نیز با بررسی چهار تاریخ کاشت (۱۸ فروردین، ۲ اردیبهشت، ۱۷ اردیبهشت و ۱ خرداد ماه) بر عملکرد گل و بذر کرچک (*Ricinus communis* L.) نشان دادند که با تأخیر در کاشت عملکرد بیولوژیک و دانه کاهش یافت بطوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت ۱۸ فروردین حاصل شد. دلاوگا و همکاران (DelaVega et al., 2002) اظهار داشتند که در نتیجه تأخیر در کاشت آفتابگردان تعداد گل آذین و عملکرد دانه در این گیاه در نتیجه بالا بودن دما در ابتدای فصل رشد و در نتیجه رشد سریع ساقه و کاهش زمان تا گلدهی و نیز دماهای بالاتر در این زمان که در تشکیل گل و دانه تأثیرگذار است، کاهش می‌یابد.

(Rahimi et al., 2009) نیز بیان داشتند در دو گونه اسفرزه و پسیلیوم، افزایش تراکم با افزایش عملکرد گل همراه بود. در بین چین‌ها نیز وزن خشک کل اندام هوایی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲) و میزان این صفت در چین اول ۳۸/۳۷ درصد بالاتر از چین دوم بود (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، در خصوص تاریخ کاشت و تراکم گیاه صنعتی- دارویی و فراموش شده وسمه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که تاریخ‌های کاشت تحت تأثیر شرایط متفاوت محیطی بر خصوصیات رویشی و زایشی گیاه وسمه تأثیر معنی‌داری داشت، بطوری‌که بهترین تاریخ کشت کشته‌های زود هنگام (اوایل بهار) برای این گیاه در شرایط آب و هوایی شهرستان بم می‌باشد، زیرا به دلیل مزایای کشت زودتر که شامل طولانی‌تر بودن فصل رشد، محتوی رطوبتی بیشتر خاک، استقرار گیاه بخوبی انجام می‌گیرد و کشت در اوایل بهار بر سایر تاریخ‌های کاشت‌ها ارجحیت دارد. همچنین بالاترین تراکم (۴۵ بوته در متر مربع) به‌عنوان تراکم مطلوب انتخاب گردید.

بالاترین وزن خشک کل اندام هوایی در چین اول و دوم به ترتیب در تراکم ۴۵ بوته در متر مربع با ۱۱۴۰ و ۸۱۲/۶۳ گرم در متر مربع بود و کمترین میزان این صفت نیز به ترتیب در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع با ۴۳۸/۲۸ و ۴۱۹/۵۰ گرم در متر مربع مشاهده گردید (جدول‌های ۳ و ۵). بیانکو و همکاران (Bianco et al., 2002)، دو رقم کاسنی سالادی (*Cichorium intybus* L.) را با تراکم‌های ۳/۷، ۵/۶ و ۱۱/۱ بوته در متر مربع کشت و نتیجه‌گیری کردند که بهترین عملکرد گل و عملکرد اندام هوایی در بیشترین تراکم بدست آمد. قبادی (Ghobadi, 2010) با مطالعه اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی گشنیز گزارش کرد که تاریخ کاشت و تراکم دو عامل مهم در تولید گل گشنیز می‌باشند. نتایج آنها نشان داد که اثر تراکم بر عملکرد گل معنی دار بود، بطوری‌که بالاترین عملکرد گل با ۰/۱۴ گرم در متر مربع در بالاترین تراکم (۲۶/۶۷ بوته در متر مربع) حاصل شد. چنین بنظر می‌رسد که تراکم مناسب با تأثیر بر تولید شاخه جانبی می‌تواند تأثیر مطلوبی بر گلدهی داشته باشد که با نتایج تحقیق مارتین و دئو (Marti & Deo, 2000) در گیاه دارویی همیشه بهار مطابقت دارد. صباغ نکونام و رزمجو (Sabagh Nekonam et al., 2007) در بررسی تأثیر تراکم گیاهی بر عملکرد گیاه دارویی اسفرزه به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم گیاه، عملکرد گل و عملکرد بیولوژیک بالا می‌رود. رحیمی و همکاران

منابع

- Abbaszadeh, B., Farahza Kazemi, S., Sharifi Ashourabadi, E., Teymoori, M., and Mafakheri, S. 2013. Improving *Thymus daenensis* growth and essential oil through integrated nutrient managemen. International Journal of Biosciences 3(8): 31-39.
- Adebisi, M.A., Ajala, M.O., Ojo, D.K., and Salau, A.W. 2005. Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. Journal of Tropical Agriculture 43: 13-18.
- Akbarinia, A., Daneshian, J., and Mohammad Beygi, F. 2005. Effects of nitrogen fertilizer and density on seed yield and essential oil of coriander plant. Agriculture and Natural Resources Research Center of Qazvin, Iran. (In Persian)
- Al-Ramamneh, E.D. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.
- Amin Ghafouri, A. 2014. Evaluation of seed production potential of perennial (*Ziziphora Clinopodioides* Lam) in low input cropping system. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Anis, R., Wells, R., and Thomas, G. 2001. Reproductive allocation of Virginia-type peanut cultivars bred for yield in North Carolina. Crop Science 41: 72-77.
- Annie Felicia, F., and Muthulingam, M. 2012. Phytochemical and HPTLC studies of methanolic extract of *Indigofera tinctoria* (fabaceae). International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences 3(5): 1670-1674.
- Askari, F., and Sharifi Ashorabadi, E. 2010. Effects of habitat and planting date on seed yield of *Pimpinella affinis* Ledeb. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26: 41-50. (In Persian with English Summary)
- Ateia, E.M., Osman, Y.A.H., and Meawad, A.E.A.H. 2009. Effect of organic fertilization on yield and active constituents of *Thymus vulgaris* L. under North Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5(4): 555-565.
- Ayeen, A. 2006. Study of drought stress on yield and some physiological traits of indigo (*Indigofera tinctoria*) as a medicinal and industrial plant. Final Report of Seed and Plant Improvement Institute. (In Persian)
- Bahrani, M.J., and Babaei, Gh.H. 2007. Effect of different levels of plant density and nitrogen fertilizer on grain and its yeild components and some quality traits in two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 9: 237-245. (In Persian with English Summary)

- Balandari, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Effects of planting date and density on developmental of stages and shoot dry matter production of dwarf chicory (*Cichorium pumilum* Jacq.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 438-446. (In Persian with English Summary)
- Bianco, V.V., Damato, G., and Fanizza, G. 2002. Plant density and seed production of two cultivars of chicory (*Cichorium intybus* L.). Acta Horticulturae 362: 91-98.
- Delavega, J., and Hall, A.J. 2002. Effects of planting date, genotype, and their interactions on sunflower yield. Crop Science 42:1191-1201
- Ghobadi, M.E., and Ghobadi, M. 2010. The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). World Academy of Science, Engineering and Technology 70: 81-84.
- Ghorbani, R., Koocheki, A., Hosseini, A., Jahani, M., Asadi, G.A., Aghel, H., and Mohammad Abadi, A.A. 2010. Effects of planting date, time and methods of weed control on weed density and biomass in cumin fields. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 120-127. (In Persian with English Summary)
- Hadj-Seyed-Hady, S.M.R., Khodabande, N., Yasa, N., and Darzi, M.T. 2002. Effects of sowing date and plant density on essential oil and chamazulene content of chamomile. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran 119 pp. (In Persian)
- Heydaryzadeh, P., and Khajehpour, M. 2008. The response of safflower genotypes, local variety kouseh to planting date. JWSS Isfahan University of Technology 11(42): 69-79. (In Persian with English Summary)
- Kheirkhah, M. 2011. Ecological characteristics of *Ziziphora clinopodioides* Lam. In natural habitats and evaluation of possibility for domestication under low input cropping systems. PhD Thesis, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R., and Sefidkon, F. 2009. Effect of densities of planting on yield and essential oil components of (*Pimpinella affinis*). Journal of Agricultural Science 1(1): 152- 157.
- Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati, M., and Azizi, G. 2004. The effects of water stress and defoliation on some quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*. Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 89-105.
- Koocheki, A.R., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 127-137. (In Persian with English Summary)
- Mohammadi Mirik, A.A., Sayeedi, G.A., and Rezayee, A.M. 2009. Interaction effect between planting date and seed rate on agronomic traits of *Linum usitatissimum* genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 219-228. (In Persian with English Summary)
- Mohammadpour, M., Ghasemnejad, A., Lebaschy, M.H., Abbaszadeh, B., and Azadbakht, M. 2013. Effects of sowing date and plant density on morphological characteristics and yield of Summer savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 621-634. (In Persian with English Summary)
- Morris, E.C. 1996. Effect of localized placement of nutrients on root competition in self-thinning populations. Annals of Botany 78: 353-364.
- Naderi-Boroujerdi, G.H.R., and Bigdeli, M. 2002. The detection of the best cultivation time, plant concentration, irrigation period for growth of aerial parts and effective substances derived from medical plant of *Hyssopus officinalis* L. in Tehran province. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran 12-14 February 2002, 271 pp. (In Persian)
- Pramod, K.T., Vishnu, K.R., Ashish, S., Sambath K., Yogendra S., Manoj S., and Manoj, G. 2010. Preliminary phytochemical screening and evaluation of anti –inflammatory activity of ethanolic extract of leaves of *Indigofera tinctoria* Linn. Journal of current Pharmaceutical Research 3(1): 47-50.
- Rahimi, A., Jahansoz, M.R., Rahimian Mashhadiz, H.R., Pouryosef, M., and Roosta, H.R. 2009. Effect of drought and plant density on yield and phenological stages of Isabgol and French psyllium with using growth degree days. Electronic Journal of Crop Production 2(1): 57-74. (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., and Ahmadzadeh Motlagh, M. 2006. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*) in Islamabad, Ghayein. Pajouhesh and Sazandegi (76): 63-68. (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., Bromand Rezazadeh, Z., Mohamad Abadi, A.A., and Sharif, A. 2008. Effects of sowing dates and different fertilizers on yield, yield components, and oil percent age of castor bean (*Ricinus communis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 303-313. (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A.A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 57-68 (In Persian with English Summary)
- Sabagh Nekonam, M., and Razmjoo, K.H. 2007. Effect of plant density on yield, yield components and effective medicine ingredients of blond psyllium (*Plantago ovata* Forsk.) Accessions. International Journal of Agriculture and Biology 9(4): 06–609.

- Sabet Teimouri, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Comparison of essential oil percent of Gol-e-Arvaneh Bezghi (*Hymenocrater platistegius* Rech. F.) in six habitats of Khorasan province, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 12: 643-646.
- Saurabh Jain, S., and Prajakta, J. 2010. Photochemical study and physical avalution of *Indigofera tinctoria* leaves. International Journal of Comprehensive Pharmacy 4(06).
- Seghatoleslami, M.J., and Moosavi, S.G. 2008. Effect of sowing date and plant density on grain and flower yield of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 249-257. (In Persian with English Summary)
- Shabahang, J., Khorramdel, S., Siahmargue, A., Gheshm, R., and Jafari, L. 2014. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 4(2): 353-363. (In Persian with English Summary)
- Shalaby, A.S., and Razin, A.M. 2009. Dense cultivation and fertilization for higher yield of thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Agronomy and Crop Science 168: 243-248.
- Tbaileh, A.N.M., Haddad, N.I., Hattar, B.I., and Kharallah, K. 2007. Effect of some agricultural practices on cumin (*Cuminum cyminum* L.) productivity under rainfed conditions of Jordan. Jordan Journal of Agricultural Sciences 3(2): 103-116.



Effects of Planting Date and Plant Density on Morphology and Yield of Indigo

(*Indigofera tinctoria* L.) as a Medicinal Plant

N. Modafe Behzadi¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*} and M. Jahan³

Submitted: 14-07-2015

Accepted: 11-09-2015

Modafe Behzadi, N., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2019. Effects of planting date and plant density on morphology and yield of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) as a medicinal plant. Journal of Agroecology. 10(4):1067-1079.

Introduction

Medicinal plants are valuable sources in Iranian natural resources whose understanding and scientific cultivation can play an important role in people's health, job creation and preventing genetic erosion of invaluable medicinal herbs due to their improper harvest from natural habitats and non-oil exports. Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) belongs to the Fabaceae family which popularly known as Neeli in Tamil and found throughout India. The roots, stems, and leaves of indigo are bitter, thermogenic, laxative, chronic bronchitis, asthma, ulcers, skin diseases, diuretic and are useful for promoting the growth of hair. It has been reported that appropriate planting date and plant density will improve crop yield and secondary metabolite component. Yield loss due to undesirable planting date and plant density has been reported in many plants. Amin Ghafouri (2014) reported that delaying in planting date (from October to March) caused a significant reduction in plant height, canopy diameter, inflorescence number per branch, dry weight of shoots, and seed yield of *Ziziphora* and as density increased from 6 to 10 plants.m⁻² plant height, canopy diameter, inflorescence No. per branch, dry weight of shoots, and seed yield were enhanced. In another study, was examined planting date in *Achillea millefolium* L. yield was reported, higher plant height, total dry matter production, Biomass yield, were observed during January planting. Ghorbani *et al.* (2010) evaluated the effect of planting date on yield of *Cuminum cyminum* reported that earlier sowing date was followed by higher seed yield. They also reported that 1000-seed weight and harvest index were not affected by planting date. Koocheki *et al.* (2004) showed that plant density had a significant effect on plant height and dry weight of shoots of *Thymus* (*Zataria multiflora* L.) and Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Nadjafi and Rezvani Moghaddam (2002) and Rahimi *et al.* (2009) reported the increase in *P. ovata* seed yield with the increase in plant density. Therefore, the objective of the present study was to determine the quantitative yield of affected by planting date and plant density.

Materials and Methods

An experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Bam, Iran, during growing seasons of 2012-2013. Four sowing dates (4 April, 19 April, 4 May, and 19 May) and four plant densities (15, 25, 35 and 45 plants.m⁻²) were allocated to main and subplots, respectively. Plant height, canopy diameter, number of branches, dry weight of leaf, dry weight of shoots and total dry yield of above ground matter of indigo at the first and the second cuttings were measured and calculated accordingly. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and the least significant test (LSD) at 0.05 level, were performed using SAS ver 9.1.

Results and Discussion

The results showed that the simple effects of sowing date and plant density were significant ($p \leq 0.05$) on plant height, canopy diameter, number of branches, dry weight of leaf, dry weight of shoots and fresh weight of flower of indigo at the first and second cuts. The highest dry weight of leaf and dry weight of shoots was observed at the first and

1- Graduated of Ph.D Student in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor Faculty of Agriculture, Bam Branch, Islamic Azad University, Bam, Iran

2 and 3- Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*.- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.48405

second cuts in the 4 April (with 464.79 g.m⁻², 463.54 g.m⁻², and 399.75 g.m⁻² and 404.04 g.m⁻², respectively). However, the dry yield of above ground matter at the first and the second cuts were decreased up to 32.76 and 78.57%, respectively with the delay in sowing date from 4 April to 19 May. Generally, early sowing date because of providing a longer growing period, optimum relative humidity and also cooler weather is suitable for indigo leaf production.

Conclusion

Based on the results of this study it can be concluded that the planting date has a meaningful effect on vegetative and reproductive characteristics of indigo. Overall, Because of the benefits of longer growing season and more soil moisture content, early planting (early spring) and highest plant density (45 plants.m⁻²) were the best date and density for indigo production in the climatic conditions of Bam region.

Keywords: Leaf yield, Plant diameter, Shoot yield, Sowing date



بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.)

مرضیه اله دادی^۱، یعقوب راعی^۲، بابک بحرینی نژاد^۳ و اکبر تقی زاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۴

اله دادی، م.، راعی، ی.، بحرینی نژاد، ب.، و تقی زاده، ا. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۸۱-۱۰۹۲.

چکیده

به منظور ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) در مراحل مختلف رشدی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. تیمارها شامل برداشت علوفه در مراحل مختلف رشدی (مرحله رشد رویشی، گلدهی و ابتدای بذردهی) بودند. اندام هوایی گیاه در سال دوم رشد برداشت شد و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها، عملکرد ماده خشک و برخی صفات کیفی مهم شامل قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی، خاکستر و عناصر معدنی شامل سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شدند. بر اساس نتایج بدست آمده اثر برداشت در مراحل مختلف فنولوژیکی بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. در سه مرحله زمانی مورد مطالعه بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به مرحله ابتدای بذردهی و کمترین آن متعلق به رشد رویشی بود. کیفیت علوفه در مرحله رویشی بیشتر از کیفیت علوفه در مراحل گلدهی و ابتدای بذردهی بود به‌طوری‌که پروتئین خام و قابلیت هضم ماده آلی بیشتر و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی در مرحله رویشی کمتر از سایر مراحل بود. درصد خاکستر و محتوای عناصر معدنی شامل سدیم و پتاسیم نیز در مرحله رشد رویشی بیشتر از مراحل گلدهی و ابتدای بذردهی بود. به طور کلی می‌توان مرحله گلدهی را مناسبترین زمان برداشت علوفه کنگر فرنگی از لحاظ کمی و کیفی پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، قابلیت هضم ماده آلی، کیفیت علوفه

مقدمه

علوفه بیانگر ارزش غذایی و مقدار انرژی آن بوده و در حقیقت به مقدار ماده مغذی که حیوان در کوتاه‌ترین مدت ممکن از علوفه بدست می‌آورد، اطلاق می‌شود (Stodart et al., 1975). کیفیت گونه‌های مختلف علوفه‌ای در مکان‌ها و زمان‌های مختلف متفاوت است (Erfanzade, 2001). به‌طور کلی، می‌توان عوامل مؤثر بر تغییرات کیفیت علوفه را تحت عنوان عوامل محیطی (نور، دما، ویژگی‌های خاک، میزان نزولات جوی، ارتفاع از سطح دریا، باد و رطوبت)، مرحله رشدی و زمان برداشت، تنوع گونه گیاهی، نوع مسیر فتوسنتزی و عوامل مدیریتی تقسیم‌بندی کرد. کنگر فرنگی یا آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) با نام عمومی Artichoke گیاهی علفی و چند ساله متعلق به تیره Asteraceae است، این گیاه بومی جنوب مدیترانه و شمال آفریقا می‌باشد و در بسیاری از مناطق دنیا از جمله ایالات متحده آمریکا، ایتالیا، اسپانیا، فرانسه، ترکیه و چین کشت می‌شود (Ierna & Mauromicale, 2010; Pandino et al., 2011).

محدودیت تولید گیاهان علوفه‌ای، تولید کم علوفه و کاهش سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای، اهمیت بررسی گیاهان جدید علوفه‌ای با عملکرد کمی و کیفی مناسب را چشمگیرتر می‌کند (Fateh et al., 2009). در تولید گیاهان علوفه‌ای، علاوه بر عملکرد ماده خشک، کیفیت علوفه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اصولاً کیفیت

۱ و ۲- دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۴- استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(*)- نویسنده مسئول: Email: b_bahreininejad@yahoo.com

DOI:10.22067/jag.v10i4.56783

(Dosi et al., 2013) کنگر فرنگی در مناطق مدیترانه‌ای جهت مصرف کاپیتول‌ها که بخش‌های خوراکی آن هستند کشت می‌شود (Ceccarelli et al., 2010)، همچنین می‌تواند به عنوان علوفه سبز یا سیلویی با قابلیت هضم بالای ماده آلی در تغذیه حیوانات نشخوار کننده مورد استفاده قرار گیرد (Christaki et al., 2012). علوفه کنگر فرنگی دارای مقادیر نسبتاً بالایی پتاسیم، آهن، منگنز و مس می‌باشد و در جیره غذایی گاو، دارای ارزش غذایی مشابه سیلوی ذرت است همچنین تعادل اسیدهای آمینه در آن مناسب بوده و می‌توان از این گیاه در رژیم غذایی گاوهای گوشتی و شیری استفاده نمود (Meneses et al., 2007). اثر برداشت در مراحل مختلف فنولوژیکی بر عملکرد و ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای توسط محققین زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. مهajer و همکاران (Mohajer et al., 2012) در ارزیابی کیفیت سه رقم ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) در سه مرحله رشد فنولوژیکی اظهار داشتند که در میان مراحل رشد فنولوژیکی از لحاظ عملکرد علوفه و همچنین صفات کیفی مهم نظیر پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم تفاوت قابل توجهی وجود دارد و کیفیت علوفه در مرحله گلدهی نسبت به مرحله رشد رویشی کاهش یافت در حالی که عملکرد علوفه افزایش نشان داد. چن و همکاران (Chen et al., 2001) مؤثرترین عامل در تعیین ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای را مرحله رویشی دانستند که طی آن بیشترین اختلاف در مقدار پروتئین و دیواره سلولی منهای همی سلولز گیاه به وجود می‌آید. ارزانی و همکاران (Arzani et al., 2004) با بررسی کیفیت پنج گونه از گراس‌های علوفه‌ای گزارش کردند که مراحل مختلف فنولوژیک از نظر کیفیت علوفه تفاوت کاملاً معنی‌داری را نشان می‌دهند. به‌طور کلی تحقیقات آنها بیانگر آن است که اغلب صفات معرف افزایشنده کیفیت علوفه، نظیر پروتئین خام، ماده خشک قابل هضم و انرژی متابولیسمی با پیشرفت مراحل رویشی کاهش و صفات معرف کاهشنده کیفیت علوفه نظیر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج تحقیقات آینالایس و همکاران (Ainalis et al., 2006) نشان داده که در مراحل مختلف رویشی بین فاکتورهای مختلف معرف کیفیت علوفه در گونه‌های چوبی و علفی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اسنیمن و ژوبرت (Snyman & Joubert, 1996) اثر زمان‌های مختلف برداشت را بر عملکرد، خصوصیات شیمیایی و قابلیت هضم سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که پروتئین خام در مرحله قبل از گلدهی و گلدهی در بالاترین مقدار خود بود که با افزایش سن گیاه این مقدار کاهش یافت.

ایزدی یزدان آبادی و همکاران (Izadi Yazdanabadi et al., 2013) فاکتورهای کیفی علوفه ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) را در سه مرحله مختلف رشدی بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تفاوت معنی‌دار آماری در فاکتورهای ماده خشک، قابلیت هضم‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام، انرژی متابولیسمی، دیواره سلولی عاری از همی سلولز و فیبر خام، خاکستر، سدیم، پتاسیم و منیزیم ارزن دم روباهی در مراحل مختلف فنولوژیکی وجود داشت و کیفیت علوفه در مرحله رویشی بیشتر از کیفیت علوفه در مراحل گلدهی و بذردهی بود که بالاتر بودن پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک، انرژی متابولیسمی و پائین تر بودن دیواره سلولی عاری از همی سلولز و فیبر خام در مرحله رویشی تأکیدی بر این مورد بود. با توجه به این که شناسایی کیفیت و ارزش غذایی گیاهان به دلیل اهمیت آنها در تغذیه دام کمک مؤثری در توصیف جیره غذایی دام می‌نماید و همچنین عوامل مختلفی از جمله مراحل مختلف فنولوژی رشد روی کیفیت و ارزش غذایی گیاهان اثر می‌گذارند، تحقیق حاضر در همین راستا و با هدف بررسی عملکرد کمی و کیفی علوفه کنگر فرنگی در سه مرحله مختلف رشدی (رویشی، گلدهی و ابتدای بذردهی) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۴-۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان واقع در ۲۵ کیلومتری غرب اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۱۲ متر از سطح دریا) که بر اساس تقسیم‌بندی گوسن دارای اقلیم نیمه‌بیابانی خفیف است اجرا شد (Karimi, 1992). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل برداشت علوفه در مراحل مختلف رشدی (مرحله رشد رویشی، گلدهی و ابتدای بذردهی) بود. بذر لازم برای انجام آزمایش از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. جهت تعیین نیاز کودی و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام آزمایش سه نمونه از هر تکرار از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی تهیه شده و پس از اختلاط، نمونه ترکیبی یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the experimental soil

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی O.C %	نیتروژن کل TN (%)	فسفر P (mg.k g ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	رس Clay %	سیلت Silt %	شن Sand %	بافت خاک Texture
2.8	7.7	0.065	0.04	14	250	31	24	45	Sandy Clay loam

$$\text{OMD (\% DM)} = 9 + 0.9991 \times \text{GP} + 0.0595 \times \text{CP} + 0.0181 \times \text{CA} \quad (n=200, r^2 = 0.92) \quad (1)$$

که در این رابطه، GP: تولید گاز (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) در ۲۴ ساعت؛ CP و CA به ترتیب پروتئین خام و خاکستر (درصد ماده خشک) می‌باشند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

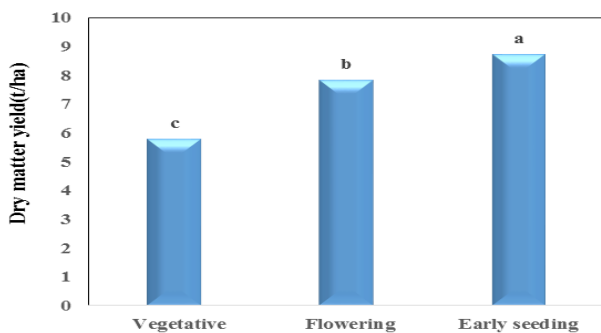
عملکرد ماده خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان برداشت علوفه بر میزان عملکرد ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به مرحله ابتدای بذردهی با ۸/۷۵ تن در هکتار و کمترین میزان آن متعلق به رشد رویشی با ۵/۸ تن در هکتار بود و با پیشرفت مراحل رشد گیاه عملکرد ماده خشک علوفه افزایش یافت (شکل ۱). کنگر فرنگی در مرحله رشد رویشی دارای برگ‌های بزرگی به حالت روزت می‌باشد و با افزایش سن گیاه و به دنبال آن افزایش مقدار ساقه، غنچه و بذر در مراحل انتهایی رشد گیاه، عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد. جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد علوفه با پروتئین خام، هضم‌پذیری ماده آلی، خاکستر و محتوای سدیم و پتاسیم علوفه وجود دارد. ضریب همبستگی بین عملکرد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی علوفه مثبت و معنی‌دار بود. فاتح و همکاران (Fateh et al., 2009) با ارزیابی تأثیر مراحل مختلف برداشت و باقیمانده کودهای شیمیایی و آلی بر کمیت و کیفیت علوفه کنگر فرنگی گزارش کردند که با افزایش مراحل رشدی، مقدار ماده خشک کل نیز افزایش یافت. پاسندی و همکاران (Pasandi et al., 2011) اظهار داشتند که مقدار ماده خشک علوفه خلر (*Lathyrus sativus* L.) هم‌زمان با رشد گیاه و رسیدن به مرحله دانه خمیری افزایش یافت. آتیس و همکاران (Atis et al., 2012) با بررسی تأثیر مراحل مختلف رشد (مرحله ظهور خوشه، مرحله شیر، مرحله خمیری و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) بر

کشت بذور کنگر فرنگی در تاریخ ۶ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ در وسط هر پشته به صورت کپه‌ای انجام شد. عمق کاشت بذر ۳-۴ سانتی‌متر بود. بر اساس نتایج آزمون خاک و ویژگی‌های گیاه، کود شیمیایی اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که به صورت نواری استفاده گردید. نیمی از کود نیتروژنی قبل از کاشت و نیم دیگر به صورت سرک در مرحله ۷-۸ برگی مصرف شد. در مرحله سه برگی (۱۵ روز پس از کاشت) عملیات تنک انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز تا زمان استقرار گیاه به روش مکانیکی انجام گرفت. طول هر کرت ۵ و عرض آن ۳/۵ متر در نظر گرفته شد که شامل ۵ ردیف با فاصله ۷۰ سانتی‌متر بود. فواصل بوته‌ها روی پشته ۳۵ سانتی‌متر با تراکم ۴ بوته در متر مربع در نظر گرفته شدند. فاصله بین تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. با توجه به چند ساله بودن گیاه کنگر فرنگی، در سال دوم آزمایش عملیات کاشت انجام نشد و مطابق نتایج آزمون خاک، در سال دوم نصف میزان کود نیتروژنی سال قبل، به کرت‌های آزمایشی اضافه شد. جهت تعیین عملکرد ماده خشک و کیفیت علوفه کنگر فرنگی در هر یک از مراحل رشد رویشی، گلدهی و ابتدای بذردهی، اندام هوایی گیاه در سال دوم رشد برداشت گردید. سپس نمونه‌ها در سایه خشک شده عملکرد ماده خشک تعیین شد. نمونه‌ها جهت ارزیابی صفات کیفی به اندازه یک میلی‌متر آسیاب شدند. شاخص‌های کیفی علوفه شامل پروتئین خام (CP^۱) و خاکستر کل^۲ بر اساس روش‌های AOAC (2007) اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF^۳) و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF^۴) از روش ونسوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) استفاده شد. درصد سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتمتر اندازه‌گیری شدند. قابلیت هضم ماده آلی (OMD^۵) با استفاده از روش اندازه‌گیری تولید گاز به روش فدوراک و هرودی (Fedorak & Hruday, 1983) و معادلات ارائه شده توسط منکی و استنگیس (Menke & Steingass, 1988) محاسبه گردید:

- 1- Crude Protein
- 2- Total ash
- 3- Acid Detergent Fiber
- 4- Neutral Detergent Fiber
- 5- Organic matter digestibility

در بافت‌های گیاه، که نتیجه عینی توسعه ساقه در رسیدن به بلوغ است منجر شود. طباطبایی و همکاران (Tabatabaei et al., 2011) با بررسی کیفیت علوفه شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) در مراحل مختلف رشدی (آغاز غنچه‌دهی، غنچه‌دهی کامل، شروع گلدهی و گلدهی کامل) اظهار داشتند که بیشترین مقدار پروتئین خام علوفه مربوط به مرحله آغاز غنچه‌دهی بود. نتایج پژوهش پاسندی و همکاران (Pasandi et al., 2011) بیشترین مقدار پروتئین خام علوفه خلر (*Lathyrus sativus* L.) در مرحله گلدهی مشاهده شد.



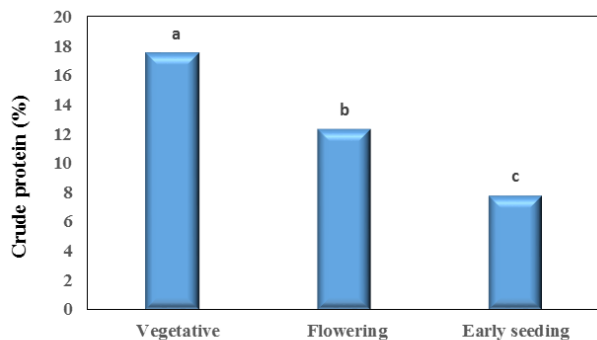
مرحله رشد

Growth Stage

شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک کنگر فرنگی در مراحل مختلف فنولوژیکی

Fig. 1- Comparison of the dry matter yield of Artichoke in different phenological stages

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است. Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.



مرحله رشد

Growth Stage

شکل ۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین خام کنگر فرنگی در مراحل مختلف فنولوژیکی

Fig. 2- Comparison of the crude protein percentage of Artichoke in different phenological stages

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است. Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

عملکرد و کیفیت علوفه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) (Moench) گزارش کردند که از مرحله ظهور خوشه تا رسیدگی فیزیولوژیک عملکرد ماده خشک افزایش پیدا کرد و هنگامی که زمان برداشت از مرحله ظهور خوشه تا رسیدگی فیزیولوژیک به تعویق افتاد عملکرد ماده خشک تقریباً به میزان سه برابر افزایش یافت.

درصد پروتئین خام (CP%)

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است بین درصد پروتئین مراحل رویشی، گلدهی و ابتدای بذردهی اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) وجود داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار پروتئین خام گیاه از ۷/۷۶ تا ۱۷/۴۷ درصد متغیر بود و در مرحله رشد رویشی بالاترین میزان را به خود اختصاص داد. همزمان با پیشرفت رشد و بالغ شدن گیاه از مقدار پروتئین خام کاسته شد و کمترین میزان آن در مرحله ابتدای بذردهی مشاهده گردید (شکل ۲). رابطه مثبت و معنی‌داری بین درصد پروتئین خام با قابلیت هضم ماده آلی، خاکستر و درصد سدیم و پتاسیم علوفه مشاهده گردید. ضریب همبستگی بین درصد پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). به عبارت دیگر با خشبی و فیبری شدن علوفه از غلظت پروتئین آن کاسته می‌شود و کیفیت آن کاهش می‌یابد. کاهش پروتئین خام در مراحل انتهایی رشد احتمالاً به دلیل کاهش نسبت برگ و افزایش نسبت ساقه و دیواره سلولی در طی زمان می‌باشد. اصولاً با ورود گیاه به مرحله زایشی، اختصاص پروتئین‌های ذخیره شده در اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) به اندام‌های زایشی (دانه) بیشتر می‌شود چرا که گیاه به منظور بقاء نسل خود نیازمند تولید بذوری مناسب و با قدرت رویشی بالا برای فصل رشد بعدی می‌باشد، از این رو میزان پروتئین علوفه در مرحله رشد زایشی کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد (Izadi Yazdanabadi et al., 2013). نتایج مطالعه ایقبال سلطان و همکاران (Iqbalsultani et al., 2008) روی ارزن پادزهری (*Panicum antidotal* L.) نشان داد که محتوای پروتئین خام گیاه از مراحل اولیه رشد تا مرحله بلوغ کاهش می‌یابد. آتیس و همکاران (Atis et al., 2012) نیز در یک مورد تحقیق به این نتیجه رسیدند که میزان پروتئین سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) (Moench) در مرحله رشد رویشی بیشتر از مرحله گلدهی و بذردهی است. سرور و همکاران (Sarwar et al., 2006) مقدار پروتئین و ماده خشک را در دو گونه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) و (*Panicum antidotal* L.) در سه مرحله برداشت تعیین کرده و گزارش نمودند با گذشت زمان و رسیدن گیاه به بلوغ میزان ماده خشک افزایش و میزان پروتئین خام کاهش می‌یابد. آنها عنوان نمودند که کاهش نسبت برگ به ساقه در این دو گیاه با افزایش فاصله برداشت می‌تواند به تجمع بیشتر ترکیبات دیواره سلولی

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک و صفات کیفی کنگر فرنگی
Table 2- Analysis of variance for dry matter yield and quality traits of Artichoke

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square							
		عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t ha ⁻¹)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	خاکستر خام (درصد) Crude ash (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	سدیم (درصد) Sodium (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)
تکرار Replication	2	1.147**	1.90 ^{ns}	12.06**	0.436 ^{ns}	13.358 ^{ns}	10.381 ^{ns}	0.091**	0.099 ^{ns}
مرحله رشد گیاه Growth stage	2	5.118**	617.30**	44.046**	7.496**	321.241**	216.568**	0.215**	0.426**
خطا Error	4	0.090	1.56	0.181	0.219	4.293	3.107	0.008	0.022

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد
ns and *: are non-significant and significant at 5% probability level respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های کیفیت علوفه کنگر فرنگی در مراحل مختلف فنولوژیکی
Table 3- Mean comparison of forage quality indices of Artichoke in different phenological stages

مرحله رشد گیاه Growth stage	شاخص‌های کیفیت علوفه Forage quality indices					
	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	خاکستر خام (درصد) Crude ash (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	سدیم (درصد) Sodium (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)
رویشی (برگ) Vegetative (Leaf)	49.84 ^{a*}	16.7 ^a	25.85 ^c	21.18 ^c	1.85 ^a	2.26 ^a
گلدهی (بوته کامل) Flowering (Full plant)	30.57 ^b	14.81 ^b	39.92 ^b	32.72 ^b	1.52 ^b	1.80 ^b
ابتدای بذردهی (بوته کامل) Early seeding (Full plant)	21.8 ^c	12.93 ^c	50 ^a	40.98 ^a	1.20 ^c	1.34 ^c

*در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمتشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.
*Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد ماده خشک و صفات کیفی کنگر فرنگی در مراحل مختلف رشدی

Table 4- Correlation coefficients between forage yield and quality traits of artichoke at different growth stages

صفات Traits	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield(t ha ⁻¹)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	خاکستر خام (درصد) Crude ash (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	سدیم (درصد) Sodium (%)
عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield(t.ha ⁻¹)	1							
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	-0.82**	1						
قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	-0.89**	0.91**	1					
الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	0.91**	-0.92**	-0.97**	1				
الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	0.91**	-0.92**	-0.97**	0.99**	1			
خاکستر خام (درصد) Crude ash (%)	-0.94**	0.90**	0.90**	-0.91**	-0.91**	1		
پتاسیم (درصد) Sodium (%)	-0.85**	0.79**	0.92**	-0.95**	-0.95**	0.86**	1	
سدیم (درصد) Potassium (%)	-0.93**	0.80**	0.90**	-0.94**	-0.94**	0.93**	0.97**	1

**: همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Correlation is significant at the 0.01 level

قابلیت هضم ماده آلی (%OMD)

نتایج حاصل از بررسی قابلیت هضم ماده آلی کنگر فرنگی در سه مرحله رشدی نشان داد که این صفت در مرحله رشد رویشی (۴۹/۸۴ درصد) اختلاف معنی‌داری با مرحله گلدهی (۳۰/۵۷ درصد) و مرحله ابتدای بذردهی (۲۱/۸ درصد) در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۳). بنابراین در تحقیق حاضر قابلیت هضم ماده آلی با پیشرفت مراحل رشد گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافته است به‌طوری‌که حداقل مقدار آن در مرحله ابتدای بذردهی مشاهده گردید. رابطه منفی و معنی‌داری بین درصد قابلیت هضم ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی وجود داشت. محتوای خاکستر و سدیم و پتاسیم نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با قابلیت هضم ماده آلی داشتند (جدول ۴). در مرحله رشد رویشی کنگر فرنگی، گیاهان جوان تر در فرم روزت و دارای برگ‌های

بزرگ می‌باشند که باعث افزایش کیفیت علوفه در این مرحله رشدی می‌شود. در مرحله گلدهی نسبت برگ به ساقه در مقایسه با مرحله بذردهی بیشتر است و با شروع شکل‌گیری و پر شدن دانه نسبت برگ به ساقه کاهش می‌یابد و در طی این فرآیند مواد مغذی موجود در برگ به اندام‌های زایشی انتقال می‌یابد و به تدریج کاهش قابلیت هضم رخ می‌دهد. گرانت و همکاران (Grant et al., 1997) اظهار داشتند که مرحله رشدی از عوامل مؤثر بر هضم‌پذیری گیاهان علوفه‌ای است و قابلیت هضم به محتویات داخل سلولی و دیواره سلولی بستگی دارد. محتویات داخل سلول عمدتاً از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های محلول تشکیل شده‌اند که قابلیت هضم بالایی دارند، در صورتی که دیواره سلولی از کربوهیدرات‌های ساختمانی تشکیل یافته که قابلیت هضم آن‌ها بر حسب میزان لیگنینی شدن گیاه متغیر می‌باشد. بنابراین، با پیشرفت مرحله رشد گیاه و افزایش نسبت

نتایج یک پژوهش بیشترین مقدار لیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی علوفه شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) مربوط به مرحله گلدهی کامل بود (Tabatabaei et al., 2011).

الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF)

عامل مهم دیگر مؤثر بر انرژی و یا مجموع مواد غذایی قابل هضم علوفه، الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) می‌باشد. درصد ADF به طور معمول برای تخمین قابلیت هضم مورد استفاده قرار گرفته و یکی از روش‌های اندازه‌گیری مقدار انرژی یک غذا می‌باشد. عموماً هنگامی که گیاه می‌رسد ADF آن افزایش یافته و در نتیجه مقدار انرژی کمتری در اختیار دام قرار می‌گیرد (Rostamza, 2004) ارزانی و همکاران (Arzani et al., 2004) معتقدند که ADF تخمینی از قابلیت هضم بوده و بیانگر میزان لیگنین و سلولز موجود در دیواره‌های سلول گیاهی است و می‌توان از ADF به عنوان یک شاخص یا مقیاس برای پیش‌بینی هضم‌پذیری علوفه استفاده نموده به‌طوری‌که هر چه مقدار آن در علوفه زیاده‌تر باشد، هضم‌پذیری آن کمتر خواهد بود. نتایج حاصل از بررسی درصد ADF کنگر فرنگی در سه مرحله رشدی نشان داد که ADF مرحله رشد رویشی با میانگین ۲۱/۱۸ درصد اختلاف معنی‌داری با مرحله گلدهی با میانگین ۳۲/۷۲ درصد و مرحله بذردی با میانگین ۴۰/۹۸ درصد در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۳). الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی با صفات کیفی شامل پروتئین خام، قابلیت هضم ماده آلی، خاکستر کل و درصد سدیم و پتاسیم علوفه همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. رابطه عملکرد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی با این صفت نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). با پیشرفت رشد گیاه درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز افزایش یافته است همزمان با افزایش سن گیاه، دیواره سلولی ضخیم‌تر و خشبی‌تر شده و بر میزان فیبر خام و لیگنین آن افزوده می‌شود. این تغییرات اصولاً حاصل توسعه کربوهیدرات‌های ساختمانی است که عمدتاً از سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل می‌شوند و با افزایش حجم گیاه برای دوام آن ضروری است. این تغییرات تحت تأثیر دو عامل، افزایش نسبت ساقه به برگ و افزایش کربوهیدرات‌های ساختمانی به موازات افزایش سن گیاه است (Modirshanechi, 2004) رلینگ و همکاران (Relling et al., 2001) در بررسی کیفیت علوفه علف گینه‌ای (*Panicum maximum* L.) در سه مرحله رویشی، گلدهی و بذردی گزارش کردند میزان فیبر خام و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی با پیشرفت بلوغ افزایش یافت. همچنین، ایقبال سلطان و همکاران (Iqbalsultani et al., 2008) در مطالعه خود روی ارزش پادزهری (*Panicum antidotal* L.) میزان فیبر خام و دیواره سلولی عاری از همی سلولز را در دو مرحله اولیه رشد

کربوهیدرات‌های ساختمانی گیاه قابلیت هضم کاهش می‌یابد. با گذشت زمان و در مراحل پایانی دوره رشد که ساقه‌ها به دلیل رشد بیشتر، نسبت وزنی بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند از قابلیت هضم گیاهان کاسته می‌شود. اسلیف و همکاران (Sleugh et al., 2001) گزارش دادند که قابلیت هضم علوفه تاج خروس (*Amaranthus* sp.) با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد.

خاکستر (Ash)

با توجه به نتایج حاصله هر سه مرحله فنولوژیکی از نظر درصد خاکستر دارای اختلاف آماری معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بودند (جدول ۲). درصد خاکستر کنگر فرنگی در سه مرحله مختلف رشد به ترتیب برابر با ۱۶/۷، ۱۴/۸۱ و ۱۲/۹۳ درصد بود که در این میان مرحله رویشی بالاترین درصد خاکستر را در مقایسه با دو مرحله دیگر داشت (جدول ۳). جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد خاکستر علوفه با پروتئین خام، قابلیت هضم ماده آلی و محتوای سدیم و پتاسیم علوفه وجود داشت و همبستگی میان این صفت با عملکرد ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی منفی و معنی‌دار بود. ایزدی یزدان آبادی و همکاران (Izadi Yazdanabadi et al., 2013) نیز در بررسی تأثیر مراحل فنولوژیکی بر کیفیت علوفه ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) در سه مرحله رشدی گزارش نمودند که مرحله رویشی بالاترین درصد خاکستر را در مقایسه با دو مرحله گلدهی و ابتدای بذردی داشت.

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF)

بررسی تغییرات الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی کنگر فرنگی در هر سه مرحله فنولوژی، نشان داد که بین مراحل مختلف رشدی از لحاظ مقدار NDF در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میزان NDF مرحله ابتدای بذردی با میانگین ۵۰ درصد بیشتر از مرحله گلدهی با میانگین ۳۹/۹۲ درصد و مرحله رشد رویشی با میانگین ۲۵/۸۵ درصد بود (جدول ۳). با توجه به جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی تنها با عملکرد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد و همبستگی آن با سایر صفات کیفی علوفه منفی و معنی‌دار بود. قدکی و همکاران (Ghadaki et al., 1974) گزارش کردند که به موازات رشد گیاهان علوفه‌ای، دیواره سلولی ضخیم‌تر و خشن‌تر شده و بر مقدار NDF و ADF افزوده می‌شود. علوفه با ADF و NDF کمتر، دارای کیفیت علوفه بالایی نسبت به علوفه دارای مقدار زیاد NDF و ADF است. اگر مقدار ADF علوفه بالا باشد، مقدار هضم‌پذیری آن پایین خواهد بود.

و بلوغ، تعیین کردند. نتایج آنها نشان داد که ترکیب ساختاری گیاه (فیبر خام و دیواره سلولی عاری از همی سلولز) از مرحله اولیه رشد تا مرحله بلوغ افزایش می‌یابد. آنها علت افزایش ترکیبات ساختاری را افزایش ترکیبات فیبر با افزایش نسبت ساقه به برگ با پیشرفت بلوغ بیان کردند. دیواره سلولی و الیاف خام با رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند. زیرا با رشد گیاه نیاز به بافت‌های نگهدارنده افزایش پیدا می‌کند و کربوهیدرات‌های ساختمانی بیشتر می‌شود. مهاجر و همکاران (Mohajer et al., 2012) در ارزیابی کیفیت، سه رقم ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) در سه مرحله رشد فنولوژیکی، اظهار داشتند که ADF با توسعه مرحله رشد افزایش یافته و حداکثر مقدار آن در مرحله رسیدگی بوده است.

سدیم

نتایج نشان داد که هر سه مرحله فنولوژیکی از نظر مقدار سدیم اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) داشتند (جدول ۲). همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است مقدار سدیم کنگر فرنگی همزمان با پیشرفت مراحل رشدی گیاه کاهش یافت، در این میان مرحله رشد رویشی با میانگین ۱/۸۵ درصد بالاترین میزان سدیم را دارا بود و بعد از آن مرحله گلدهی و ابتدای بذردهی با میانگین ۱/۵۲ و ۱/۲ درصد قرار داشتند. درصد سدیم با صفات عملکرد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی رابطه منفی و معنی‌دار داشت و همبستگی مثبت و معنی‌داری میان این صفت با درصد پروتئین خام، قابلیت هضم ماده آلی، خاکستر و محتوای پتاسیم علوفه مشاهده شد (جدول ۴). نتایج یک تحقیق در بررسی تأثیر مراحل فنولوژیکی بر کیفیت علوفه ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) در سه مرحله رشدی نشان داد که مقدار سدیم همزمان با افزایش سن و بلوغ گیاه کاهش یافت، مرحله رویشی بالاترین میزان سدیم را دارا بود و بعد از آن مرحله گلدهی و بذردهی قرار داشتند (Izadi Yazdanabadi et al., 2013).

پتاسیم

با توجه به نتایج جدول ۲ بین مراحل مختلف رشدی از نظر مقدار پتاسیم اختلاف آماری معنی‌داری ($p \leq 0.05$) وجود داشت. همزمان با رشد گیاه و عبور از مرحله رویشی مقدار پتاسیم گیاه به تدریج کاهش یافت و در مرحله ابتدای بذردهی به حداقل مقدار خود رسید. مرحله رویشی با میانگین ۲/۲۶ درصد بالاترین میزان پتاسیم را داشت و

کمترین میزان پتاسیم نیز به مرحله ابتدای بذردهی با میانگین ۱/۳۴ درصد اختصاص داشت. جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان درصد پتاسیم علوفه با درصد پروتئین خام، قابلیت هضم ماده آلی، خاکستر و محتوای سدیم وجود داشت و رابطه میان عملکرد ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی با درصد پتاسیم علوفه منفی و معنی‌دار بود. ایزدی یزدان‌آبادی و همکاران (Izadi Yazdanabadi et al., 2013) نیز در بررسی اثرات مراحل فنولوژیکی بر متغیرهای کیفی علوفه ارزن دم روباهی گزارش نمودند که همزمان با رشد گیاه مقدار پتاسیم گیاه نیز به تدریج کاهش یافت و در مرحله رسیدن بذر به حداقل مقدار خود رسید اما بین مراحل مختلف رشد از نظر مقدار پتاسیم اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در سه مرحله زمانی مورد مطالعه بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به مرحله ابتدای بذردهی و کمترین آن متعلق به رشد رویشی بود. کیفیت علوفه با پیشرفت مراحل رشد کاهش نشان داد به طوریکه در مرحله رشد رویشی بیشتر از سایر مراحل بود. در مرحله رشد رویشی، گیاه به حالت روزت بوده و دارای برگ‌های بزرگی می‌باشد در نتیجه بیشترین وزن اندام‌های هوایی گیاه را برگ‌ها دارا هستند و چون برگ کیفیت بالاتری نسبت به سایر اندام‌ها دارد لذا باعث افزایش کیفیت علوفه در این مرحله رشدی نسبت به سایر مراحل می‌شود. با گذشت زمان و در مراحل پایانی دوره رشد، ساقه‌ها به دلیل رشد بیشتر، نسبت وزنی بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند در نتیجه از ارزش غذایی گیاه کاسته می‌شود. در این گیاه میزان پروتئین خام در مرحله ابتدای بذردهی نسبت به مراحل اولیه کاهش یافته است. همچنین در اثر افزایش NDF و ADF به موازات افزایش دوره رشد قابلیت هضم ماده آلی کاهش یافته و در نتیجه کیفیت علوفه در مراحل ابتدایی نسبت به مرحله ابتدای بذردهی در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج حاصله عملکرد علوفه از مرحله رویشی تا مرحله ابتدای بذردهی افزایش یافت، در حالی که کیفیت علوفه کاهش پیدا کرد. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان مرحله گلدهی را مناسبترین زمان برای برداشت علوفه کنگر فرنگی در نظر گرفت، زیرا در این زمان، گیاه هم از نظر تولید و هم صفات کیفی در شرایط مطلوبی قرار دارد.

- Ainalis, A.B., Tsiouvaras, C.N., and Nastis, A.S. 2006. Effect of summer grazing on forage quality of woody and herbaceous species in a silvopastoral system in northern Greece. *Journal of Arid Environments* 67: 90-99.
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. Association of official analytical chemists. Arlington, USA. 28 pp.
- Arzani, H., Zohdi, M., Fisher, E., Zaheddi Amiri, G.H., Nikkhah, A., and Wester, D. 2004. Phonological effects on forage quality of five grass species. *Journal of Range Management* 57: 624-630.
- Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., and Yilmaz, S. 2012. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 14: 879-886.
- Ceccarelli, N., Curadi, M., Picciarelli, P., Martelloni, L., Sbrana, C., and Giovannetti, M. 2010. Globe artichoke as functional food. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3: 197-201.
- Chen, C.S., Wang, S.M., and Chang, Y.K. 2001. Climatic factors, acid detergent fiber, natural detergent fiber and crude protein contents in digitgrass. *Proceeding of the XIX International Grassland Congress, Brezil* Pp. 632-634.
- Dosi, R., Daniele, A., Guida, V., Ferrara, L., Severino, V., and Di Maro, A. 2013. Nutritional and metabolic profiling of the globe artichoke (*Cynara scolymus* L. 'Capuanella' heads) in province of Caserta, Italy. *Australian Journal of Crop Science* 7: 1927-1934.
- Christaki, E., Bonos, E., and Florou-Paneri, P. 2012. Nutritional and functional properties of Cynara Crops (Globe Artichoke and Cardoon) and their potential applications: A review. *International Journal of Applied Science and Technology* 2(2): 64-70.
- Erfanzade, R. 2001. Study of quality changes of pasture forage (*Trifolium repens* L.) in two phonological stages of flowering and seeding. *Proceeding of the Second national Seminar on Range and management in Iran*. (In Persian)
- Fateh, E., Chaichi, M.R., Ashorabadi, E.S., Mazaheri, D., Jafari, A.A., and Rengel, Z. 2009. Effects of organic and chemical fertilizers on forage yield and quality of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Asian Journal of Crop Science* 1(1): 40-48.
- Fedorak, P.M., and Hrudey, S.E. 1983. A Simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultuversin serum bottles. *Environmental Technology* 4: 425-35.
- Ghadaki, M.B., Van Soest, P.Y., Mcdowell, R.E., and Malekpour, B. 1974. Composition and *In-vitro* digestibility of some arid zone forage from Iran. In: XII International Grassland Congress, vol.III, part 1, Moscow, p: 542-549.
- Grant, R., Anderson, B., Rosby, R., and Maddar, T. 1997. Testing livestock feeds for beef cattle. *Dairy Cattle, Sheep and Horses* G 89-915.
- Ierna, A., and Mauromicale, G. 2010. *Cynara cardunculus* L. genotypes as a crop for Energy purposes in a Mediterranean environment. *Biomass and Bioenergy* 34: 754-760.
- Iqbalsultani, J., Rahim, I.U., Yaqoob, M.A., Nawaz, H., and Hameed, M. 2008. Nutritive value of free rangeland grasses of Northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 40(1): 249-258.
- Izadi Yazdanabadi, F., Esmailpor Akhlamad, U., Omid, A., and Behdani, M.A. 2013. Evaluation of fox tail millet (*Setaria italica*) forage quality in different growth stages. *Agroecology* 5(3): 282-288. (In Persian with English Summary)
- Karimi, M.M. 1992. Isfahan Province Climate. Budget and Planning Organization of Isfahan Province, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Meneses, M., Megias, M.D., Madrid, J., Martinez-Teruel, A., Fernandez, F., and Oliva, J. 2007. Evaluation of the phytosanitary, fermentative and nutritive characteristics of the silage made from crude artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-product feeding for ruminants. *Small Ruminant Research* 70: 292-296.
- Menke, K.H., and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28: 7-55.
- Modirshanechi, M. 2004. Production and Management of Forage Plants (Translated). Fourth edition. Razavi Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Mohajer, S., Ghods, H., Taha, R.M., and Talati, A. 2012. Effect of different harvest time on yield and forage quality of three varieties of common millet (*Panicum miliaceum*). *Scientific Research and Essays* 7(34): 3020-3025.
- Pandino, G., Lombardo, S., Mauromicale, G., and Williamson, G. 2011. Profile of polyphenols and phenolic acids in bracts and receptacles of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 148-153.
- Pasandi, M., Kavian, A., and Dorri, M.A. 2011. The nutritive value of *Lathyrus sativus* forage cut at four stages of growth in Gorgan. *Animal Sciences Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 89: 28-32. (In Persian with English Summary)
- Relling, E.A., Niekerk, W.A., Coertze, R.J., and Rethman, N.F.G. 2001. An evaluation of *Panicum maximum* cv. Gatton The influence of stage of maturity on diet selection, intake and rumen fermentation in sheep. *South African Journal of Animal Science* 31(2): 85-91.

- Rostamza, M. 2004. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some forage cereal (Sorghum, Millet and Corn) in second culture after barley and effects on next yield plant (Wheat). MSc thesiss at University of Tehran. Pp. 92. (In Persian)
- Sarwar, M., Nisa, M., Khan, M.A., and Mushtaque, M. 2006. Chemical Composition, herbage yield and nutritive value of *Panicum antidotale* and *Pennisetum orientale* for nili buffaloes at different clipping intervals. Asian-Australian Journal of Animal Science 2: 176-180.
- Sleugh, B.B., Moore, K.J., Brummer, E.C., Knapp, A.D., Russell, J., and Gibson, L. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. Crop Science 41: 466-472. (In Persian with English Summary)
- Snyman, L.D., and Joubert, H.W. 1996. Effect of maturity stage and method of preservation on the yield and quality of forage sorghum. Animal Feed Science and Technology 57: 63-73.
- Stodart, L.A., Cook, C.V., and Harris, L. 1975. Determining the digestibility and metabolism able energy of winter range plant by sheep. Journal of Animal Science 11: 578-590.
- Tabatabaei, S.M., Najaf-nejad, B., Zamani, P., Taghizadeh, A., Ahmadi, A., and Aliarabi, H. 2011. Estimating chemical composition, degradation parameters and gas production of *Persian clover* nutrients at different plant's growth stages. 42(3): 255-264. (In Persian with English Summary)
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Levvis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in ration to animal nutrition. Journal of Animal Science 74: 3583-3597.



Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Forage

M. Allahdadi¹, Y. Raei², B. Bahreininejad^{3*} and A. Taghizadeh⁴

Submitted: 31-07-2016

Accepted: 03-04-2017

Allahdadi, M., Raei, Y., Bahreininejad, B., and Taghizadeh, A. 2019. Effect of harvesting time on quantitative and qualitative characteristics of artichoke (*Cynara scolymus* L.) forage. Journal of Agroecology. 10(4):1081-1092.

Introduction

Artichoke (*Cynara scolymus* L.) (Asteraceae) is an herbaceous perennial plant of Mediterranean origin, North Africa, Canary Isles and Southern Europe. Nowadays, artichoke is cultivated in many parts of the world, such as the United States, mainly in California, in South America (Argentina, Chile, Peru), North Africa, Near East (Turkey and Iran) and China. Artichoke has a medicinal property. It also can be used as a green fodder or silage for livestock feeding. In addition to dry matter yield, forage quality has also a great importance in the production of forage crops. The quality of forage species varies in different places and times. In general, the factors affecting forage quality changes can be described as environmental factors (light, temperature, soil characteristics, precipitation, altitude, wind, and humidity), growth stage and harvest time, plant species, photosynthetic pathway (C₃, C₄, and CAM) and management factors. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the forage quality of artichoke in different growth stages for livestock feeding.

Materials and Methods

In order to evaluate the yield and forage quality of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) at three stages of growth, an experiment was conducted using a randomized complete blocks design (RCBD) with three replications at the Research Station of Isfahan Agricultural and Natural Resources. The treatments were harvested at three growth stages (vegetative, flowering and early seeding). Seeds were sown on 26 April 2014. Chemical fertilizer (urea) applied based on soil analysis results. The first half of the nitrogen fertilizer was utilized as strip takes under seed before sowing and the rest at 7-8 leaf stage of the crop on 26 May 2014. The cultural practices of Artichoke were not conducted in the second year because it is a perennial plant. According to the soil test, half of the nitrogen fertilizer in the first year of experiment applied in the second year. The plants were harvested at vegetative, flowering and the beginning of seed ripening stages in the second year. After harvesting, samples were dried normal air circulation until to reach constant dry weight. Dry matter yield and forage quality indices as crude protein, organic matter digestibility, total ash, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, Na and K contents were measured. Analysis of variance was done using SPSS software and comparison of the means was conducted using by Duncan at 5% level.

Results and Discussion

The results of this experiment showed significant differences for all traits among the phenological stages ($p < 0.05$). For dry matter, the lower and higher values of 5.8 and 8.75 t.ha⁻¹ were obtained, in vegetative and early seeding stages, respectively. Forage quality decreased with increasing plant age and it was the highest in the vegetative stage compared to other stages. Crude protein, organic matter digestibility, total ash, Na and K content in the vegetative stage were more amount than other stages. Neutral detergent fiber and acid detergent fiber tended to increase while, crude protein, organic matter digestibility, total ash, Na and K content tended to decrease with advanced plant maturity. Artichoke plant has young and large leaves at vegetative rosette stage. The leaf to stem ratio decreased with advanced plant

1- Ph. D. in Agroecology, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

4- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

(*- Corresponding Author Email: b_bahreininejad@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.56783

maturity and it is higher at flowering stage than the early seeding stage. Forage quality in the vegetative stage was more than of both flowering and the early seeding stages.

Conclusions

Growth stage and harvesting time were the important factors that affecting forage yield and quality of Artichoke. For age quality decreased with the progress in plant growth, while dry matter yield increased. Generally, the flowering stage is the best time for harvesting artichoke forage.

Keywords: Crude protein, Forage quality, Organic matter digestibility



اثر تنش باد تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات کمی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

ملیحه محمدزاده^۱، براتعلی فاخری^{۲*}، نفیسه مهدی نژاد^۳ و رقیه محمدپور^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۴

محمدزاده، م.، فاخری، ب.، مهدی نژاد، ن.، و محمدپور، ر. ۱۳۹۷. اثر تنش باد تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات کمی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۰۶-۱۰۹۳.

چکیده

چای ترش با نام علمی (*Hibiscus sabdariffa* L.) از خانواده پنیرکیان، گیاهی یکساله، دارویی و شاخه‌دار می‌باشد. به منظور بررسی اثر تنش باد بر ویژگی‌های کمی چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش باد در سه سطح تنش شدید، تنش ملایم و بدون تنش به عنوان عامل اصلی، عامل فرعی شامل کود شیمیایی با سه سطح فسفر، نیتروژن و NPK و عامل فرعی فرعی شامل کود زیستی با شش سطح نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپریوفسفات، فسفات بارور ۲، اسیدهیومیک، بیوسولفور بودند. در این تحقیق صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته، تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه در بوته، عملکرد تر کاسبرگ و عملکرد خشک کاسبرگ، وزن هزار دانه، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تنش باد، کود شیمیایی و زیستی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. بیشترین میزان ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه در بوته در تیمار بدون تنش باد و عملکرد تر کاسبرگ و عملکرد خشک کاسبرگ در تنش ملایم باد بدست آمد. بیشترین میزان ارتفاع بوته، وزن تر خشک اندام‌های هوایی، تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه در بوته، عملکرد تر کاسبرگ و عملکرد خشک کاسبرگ در تیمار کود زیستی فسفات بارور ۲ و بیوسولفور حاصل شد. بیشترین مقدار وزن تر غوزه در بوته، عملکرد تر کاسبرگ و عملکرد خشک کاسبرگ و وزن هزار دانه در تیمار کود زیستی اسیدهیومیک حاصل شد. با توجه به ضرورت کشت گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی به نظر می‌رسد که تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی باعث افزایش عملکرد و کاهش اثرات تنش باد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، عملکرد کاسبرگ، غوزه، گیاه دارویی

مقدمه

(Torabi, 2003). چای ترش یک محصول گرمسیری و نیمه گرمسیری است که رشد آن به عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی و ۲۵ درجه جنوبی محدود شده است (Morton, 1987). این گیاه نسبت به یخبندان بسیار حساس است. در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری تا ارتفاع ۹۰۰ متر از سطح دریا بیشترین رشد را دارد. درجه حرارت مناسب برای رشد ۲۷/۵-۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد است. برای درمان فشار خون بالا، اسهال، بیماری‌های دهان و کمبود اسید اسکوریک (کمبود ویتامین C) از کاسبرگ‌های این گیاه استفاده می‌شود. همچنین در درمان سوء هاضمه و بیماری‌های کبدی و قلبی کاربرد دارد (Chewonarin et al., 1999; Faraji & Tarkhani, 1999). برگ‌های چای ترش در درمان سرماخوردگی، سرفه و در بعضی موارد به‌عنوان ضماد روی آبسه استفاده می‌شود، دانه‌های چای ترش تقویتی و تب‌بر هستند (Duke, 1983). از دانه‌های چای ترش

چای ترش با نام علمی (*Hibiscus sabdariffa* L.) از خانواده پنیرکیان^۲، گیاهی یکساله و شاخه‌دار می‌باشد (Duke, 1983). بیش از ۳۰۰ گونه از این گیاه در سراسر جهان یافت می‌شود. این گیاه در ایران با نام چای مکی، چای قرمز و چای ترش شناخته می‌شود

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح گیاهان باغبانی، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(*) نویسنده مسئول: Email: ba_fakheri@yahoo.com

۲ و ۳- استاد و استادیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۴- دانشجوی دکترا، گروه اکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
DOI:10.22067/jag.v10i4.60388

2- Malvaceae

برای درمان برخی از بیماری‌ها استفاده می‌شود. مثلاً در میانمار برای درمان ضعف و ناتوانی جنسی (Perry, 1980) و در تایلند به عنوان مدر، ملین، مقوی (تقویت‌کننده) و در درمان ناتوانی جنسی کاربرد دارند (Duke, 1983).

یکی از عوامل نامساعد برای انجام امور کشاورزی تنش بادهای شدید در هر منطقه جغرافیایی به حساب می‌آید که با افزایش مقدار تبخیر و تعرق در افزایش مصرف آب نقش بسزایی دارد، بنابراین ضروری است با استفاده از گونه‌هایی که دارای رشد سریع، قدرت کنترل کافی، زیبایی و سرسبزی مناسب و ارزش اقتصادی کافی باشند با این شرایط نامناسب مقابله گردد (Hasani & Sinaki, 2012). بادهای صد و بیست روزه پدیده‌ای منطقه‌ای است که در چهار ماهه گرم از سال (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) با تندی متغیر در بخشی از جنوب شرق ایران می‌وزند. این رویداد چنان نیرومند است که نقش و اثر خود را بر چهره بسیاری از پدیده‌های واقع در منطقه‌ی عمل خود حک کرده است (Dolatyari, 2009). باد سیستان با دو ویژگی تداوم و تندی تعریف می‌شود، در فصل وزش باد سیستان، فراوانترین تندی باد حدود ۱۰ متر بر ثانیه است و به طور متوسط از ۲۷ اردیبهشت تا ۷ مهر به مدت ۱۳۶ روز تداوم دارد. در زابل جهت باد همواره شمال و شمال غربی است (Masoudian., 2014). حرکات باد باعث اثر بر روی رشد گیاه، ارتفاع گیاه و قطر ساقه‌ی گیاه می‌شود و همچنین محققین گزارش دادند که میزان املاح خاک در منطقه بادپناه بادشکن بیشتر از منطقه بدون بادشکن (شاهد) می‌باشد (Crook & Ennos, 1996; Arazeyna et al., 2013).

مطالعات بلند مدت نشان می‌دهد که استفاده فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت بیولوژیک خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریز مغذی‌ها در کودهای NPK می‌باشد (Adediran et al., 2004). جلوگیری از مصرف بی‌رویه و نابجای نهاده‌های شیمیایی، تولید پایدار فراورده‌های غذایی همراه با حفظ محیط زیست از جمله موضوعاتی است که امروزه مورد توجه بسیاری از محققان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است. در این بین کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی، در راستای حل مشکل به وجود آمده بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Cary & sharma, 2002). از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پایداری تولید غذا و حفظ حاصلخیزی خاک، کاربرد سیستم‌های تغذیه تلفیقی و همچنین استفاده از کودهای زیستی در نظام تغذیه‌ای می‌باشد. با توجه به تأکید کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد، گیاهان دارویی گزینه مناسبی برای این نظام محسوب می‌شوند و به نظر می‌رسد در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد آنها حاصل

گردد (Gupta et al., 2002). کودهای آلی و بیولوژیک از اساسی‌ترین منابع تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند. عنوان کودهای بیولوژیک عموماً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه به ریز موجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آنها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله مهم‌ترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (Astarai & Koocheki, 1997). تحقیقات گوناگون حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی به تنهایی یا به همراه کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی می‌باشد. کود زیستی در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود ویژگی‌های رشد رویشی و افزایش عملکرد کاسبرگ و ترکیبات شیمیایی چای ترش شد (Hassan, 2009; Abo-Baker & Mostafa, 2011). محققین گزارش کردند که تلقیح بذور خردل هندی (*Brassica juncea* L.) با باکتری‌های محرک رشد گیاه، رشد این گیاه را به طور معنی‌دار افزایش داده است (Asghar et al., 2002). نتایج تحقیق محققین نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد. همچنین کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرایند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش به‌سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد و گلدهی (تعداد چتر در بوته) را به دنبال خواهد داشت (Youssef et al., 2004). همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Rademacher., 1994; Kader., 2002; Han & Lee., 2006). باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شده که این مساله سبب تولید اسیمیلات بیشتر و انتقال آنها به دانه و افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Han & Lee., 2006 and Gutierrez-Manero., 2001).

امروزه در شهرستان زابل وزش بادهای شدید به‌عنوان یک مشکل برای رشد گیاهان دارویی شناخته شده است. می‌توان برای حفظ گیاهان از اثرات مخرب باد راهکارهایی مانند آرایش کاشت و استفاده از کودهای زیستی را پیشنهاد کرد. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش باد بر ویژگی‌های کمی چای ترش تحت تیمار کودهای زیستی و شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش باد بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش تحت تیمار کودهای شیمیایی و زیستی، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. نتایج تجزیه آزمایش شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil from the depths 0 to 30

هدایت الکتریکی EC (dS.cm ⁻¹)	اسدیته pH	درصد نیترژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorous (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم Potassium (mg.kg ⁻¹)
1.5	7.2	0.17	12	140

در این طرح تنش باد عامل اصلی و در سه سطح تنش شدید، ملایم و بدون تنش، عامل فرعی کود شیمیایی با سه سطح فسفر، نیترژن و NPK و عامل فرعی کود زیستی با شش سطح نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوسفات، فسفات بارور ۲، اسید هیومیک و بیوسولفور بودند. با توجه به این که در شهرستان زابل جهت وزش باد عامل مهمی در جهت خسارت به محصولات می‌باشد عامل اصلی به صورتی اعمال شد که در سطح تنش شدید کرت‌ها در جهت مستقیم وزش باد و بدون بادشکن، سطح بدون تنش باد کرت‌ها از چهار طرف توسط بادپناه یا بادشکن از شش ردیف کشت گیاه سورگوم (*Sorghum vulgare* L.) و در تنش ملایم باد کرت‌ها از سمت وزش باد دارای بادشکن بودند. معیار در این مطالعه، بدلیل اختلاف سرعت وزش باد در روزهای مختلف (بعنوان مثال، در یک روز سرعت وزش باد به ۱۲۰ کیلومتر می‌رسید، در حالی که در روز دیگر اصلا باد نمی‌وزید)، جهت وزش باد بوده است. کرت‌های دارای تنش شدید مستقیماً در جهت وزش باد و کرت‌های تنش ملایم در خلاف جهت وزش باد و کرت‌های بدون تنش از چهار طرف با بادشکن محصور شده بودند و همچنین کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بودند. میزان کودهای شیمیایی مورد استفاده بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوسفات به میزان دو لیتر در هکتار به صورت بذرمال استفاده شد، کودهای و بیوسولفور و اسید هیومیک به میزان دو کیلوگرم در هکتار و کود فسفات بارور دو صد گرم در هکتار استفاده شد. کودهای

بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا^۱ و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. کاشت به صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۰ فروردین صورت گرفت. بدین منظور ۳-۴ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به روش جوی و پشته در چهار ردیف پنج متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله ۲-۴ برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته و با فاصله هر هفته یک بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت. کلیه عملیات زراعی بطور معمول انجام شد. صفات تعداد شاخه در بوته، وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم در بوته)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه در بوته، عملکرد تر کاسبرگ و عملکرد خشک کاسبرگ، وزن هزار دانه (گرم در بوته)، در تاریخ ۲۰ مهرماه در انتهای مرحله رسیدگی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه بطور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. عملکرد کاسبرگ‌ها (کیلوگرم در هکتار) پس از حذف اثرات حاشیه از تمام بوته‌های هر کرت بدست آمد. نمونه‌های توزین شده به مدت ۷۲ ساعت با آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گذاشته شود، توزین شدند برای اندازه‌گیری وزن تر اندام‌های هوایی، نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013) صورت گرفت مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر اصلی تنش باد، کودهای شیمیایی و کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بر ارتفاع بوته معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار بدون تنش باد و کمترین مقدار آن در تنش شدید مشاهده شد. بیشترین ارتفاع بوته در کود شیمیایی نیتروژن و کمترین آن در کود شیمیایی فسفر بدست آمد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود زیستی فسفات بارور ۲ و کمترین مقدار آن در بیوسوپر فسفات حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تلفیق تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کم‌ترین ارتفاع، از تیمار تنش باد شدید با کود شیمیایی فسفر بدست آمد. برهمکنش تنش باد و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین ارتفاع به ترتیب در تیمار بدون تنش باد با کود زیستی فسفات بارور ۲ و کمترین ارتفاع در تیمار تنش شدید و کود زیستی بیوسوپر فسفات مشاهده شد (جدول ۵).

1- MABCO=Mehr Asia biotechnology company

افزایش ارتفاع بوته، در تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی فسفات بارور ۲، نیتروکسین و بیوسولفور حاصل شد. نتایج حاصل نشان داد که تنش باد شدید باعث کاهش ارتفاع گیاه چای ترش شد. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش بسزایی ایفا می نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت. همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می دهند (Kader, 2002; Han & Lee, Rademacher, 1994). (2006).

تعداد شاخه های فرعی در بوته

اثر اصلی تنش باد، کود شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی، برهمکنش کود زیستی، کود شیمیایی و تنش باد بر تعداد شاخه های فرعی در بوته معنی دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه های فرعی در بوته در تیمار بدون تنش و کمترین آن در تیمار تنش شدید باد مشاهده شد. بیشترین تعداد شاخه های فرعی در تیمار کود شیمیایی NPK و کمترین مقدار آن در تیمار کود شیمیایی فسفر حاصل شد. بیشترین تعداد شاخه در بوته در تیمار کود زیستی بیوسولفور و کمترین مقدار آن در بیوسولفور فسفات مشاهده شد (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از تلفیق تیمار شاهد و کود شیمیایی NPK و کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته، از تلفیق تنش شدید باد و کود شیمیایی نیتروژن حاصل گشت. برهمکنش تنش باد با کودهای زیستی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه در بوته به ترتیب در تیمار بدون تنش باد و کود زیستی بیوسولفور و کمترین تعداد شاخه در بوته در تیمار تنش شدید باد و کود زیستی فسفات بارور ۲ مشاهده شد (جدول ۵).

وزن تر و خشک اندام های هوایی

اثر تنش باد و کود شیمیایی و کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی و بر وزن تر اندام های هوایی معنی دار ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن تر اندام های هوایی در تیمار بدون تنش باد و کمترین مقدار آن در تنش باد شدید حاصل شد. بیشترین وزن تر اندام های هوایی در تیمار کود شیمیایی نیتروژن و در تیمار کود زیستی بیوسولفور و کمترین آن در تیمار کود زیستی اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین وزن تر اندام های هوایی از تلفیق تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن به میزان و کمترین میزان وزن تر اندام های هوایی از تلفیق تنش باد شدید با کود شیمیایی NPK

حاصل شد. برهمکنش تنش باد و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین وزن تر اندام های هوایی در تیمار بدون تنش باد و کودهای زیستی بیوسولفور و کمترین میزان وزن تر اندام های هوایی در تنش شدید باد و کود زیستی اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۵). تنش باد و کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بر وزن خشک اندام های هوایی معنی دار ($P \leq 0.01$) بود و همچنین برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بر وزن خشک اندام های هوایی اثر معنی داری ($P \leq 0.05$) نشان داد (جدول ۲). بیشترین میزان وزن خشک اندام های هوایی در تیمار بدون تنش باد و کمترین مقدار آن در تنش باد شدید مشاهده شد. بیشترین وزن خشک اندام های هوایی در تیمار کود شیمیایی نیتروژن و در تیمار کودهای زیستی بیوسولفور فسفات و کمترین آن در کود زیستی اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک اندام های هوایی از تلفیق تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن به میزان و کمترین میزان وزن خشک اندام های هوایی از تلفیق تنش شدید باد و کود شیمیایی نیتروژن حاصل شد. برهمکنش تنش باد و کودهای زیستی بروز خشک اندام های هوایی نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام های هوایی در تیمار بدون تنش باد با کودهای زیستی بیوسولفور فسفات و کمترین میزان وزن خشک اندام های هوایی در تنش باد شدید و کود زیستی اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۵). افزایش مقدار وزن تر اندام های هوایی به ترتیب در بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کود زیستی بیوسولفور حاصل شد. افزایش میزان وزن خشک اندام های هوایی در تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کود زیستی بیوسولفور فسفات مشاهده شد. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام های هوایی گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) در چین های اول و دوم طی دو فصل زراعی گردید (Youssef et al., 2004).

تعداد غوزه در بوته

اثر تنش باد و تیمار کود شیمیایی و کود زیستی و برهمکنش کودهای شیمیایی و زیستی در صفت تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال ($P \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد غوزه در بوته در تیمار بدون تنش باد و کمترین مقدار آن در تنش باد شدید مشاهده شد. بیشترین تعداد غوزه در بوته در تیمار کود شیمیایی نیتروژن و تیمار کود زیستی اسید هیومیک و کمترین آن در کود زیستی بیوسولفور فسفات حاصل گردید (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین تعداد غوزه در بوته از تلفیق تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کمترین تعداد آن از تلفیق تنش باد شدید و کود شیمیایی NPK حاصل شد. برهمکنش

مشاهده شد (جدول ۴).

تنش باد و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین تعداد غوزه در بوته در تیمار بدون تنش باد و کود زیستی اسید هیومیک و کمترین مقدار تعداد غوزه در بوته در تنش باد شدید و کود زیستی بیوسوپر فسفات

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش باد، کودهای شیمیایی و زیستی بر صفات مورد مطالعه گیاه چای ترش

تیمار Treatment	سطوح Levels	تعداد غوزه Number of boll	وزن غوزه (گرم در بوته) Boll weight (g plant ⁻¹)	عصاره کلروفیل تر (کلوگرم عصاره) Fresh weight of Calyx (kg ha ⁻¹)	عصاره کلروفیل خشک (کلوگرم عصاره) Dry yield of calyx (kg ha ⁻¹)	وزن تر اندام هوایی (گرم در بوته) Fresh weight of shoot (g plant)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Dry weight of shoot (g plant)	ارتفاع ساقی (سانتی) Plant height (cm)	تعداد شاخه‌های فرعی (شاخه در بوته) Number of branches per plant (branch Plant)	وزن هزار دانه 1000- Seed weight (g)
تنش باد Wind stress	شدید Severe	55.78 ^a	256.55 ^c	5227.5 ^b	729.12 ^c	4974.08 ^c	1391.80 ^c	138.55 ^c	9.18 ^c	32.42 ^b
	بدون تنش No stress	68.34 ^a	322.89 ^a	5786.4 ^a	826.44 ^b	5728.9 ^a	1641.85 ^a	162.27 ^a	10.83 ^a	32.65 ^b
	مilde Mild	63.50 ^b	289.63 ^b	6117.09 ^a	918.01 ^a	5426.9 ^b	1515.63 ^b	152.61 ^b	10.08 ^b	32.90 ^a
کود شیمیایی Chemical fertilizers	فسفر Phosphorus	57.21 ^b	264.48 ^b	4871.2 ^b	707.85 ^b	5123.5 ^b	1417.01 ^c	143.12 ^c	8.87 ^c	31.59 ^b
	نیتروژن Nitrogen	66.48 ^a	303.94 ^a	6165.7 ^a	903.26 ^a	6041.6 ^a	1605.68 ^a	160.74 ^a	10.43 ^b	34.35 ^a
	نیتروژن-فسفر-پتاسیم NPK	63.94 ^a	300.75 ^a	6094.9 ^a	862.46 ^a	4965.4 ^b	1526.40 ^b	149.77 ^b	10.79 ^a	34.22 ^a
کود زیستی Biological fertilizers	نیتروگینی Nitrogen	58.39 ^b	273.29 ^c	5554.4 ^b	818.05 ^b	5074.1 ^{cd}	1527.41 ^b	155.13 ^a	9.72 ^b	33.11 ^{bc}
	سوپر نیتروژن Super Nitro Plus	65.95 ^a	298.73 ^{bc}	5931.6 ^b	833.25 ^b	5604.1 ^b	1484.14 ^b	151.01 ^{ab}	9.73 ^b	34.97 ^a
	فسفات-نیتروژن Phosphate Nitro 2	65.95 ^a	312.20 ^{ab}	6096.1 ^{ab}	862.87 ^b	5135.9 ^c	1491.11 ^b	155.76 ^a	9.27 ^{bc}	33.27 ^{bc}
	بیو فاسفات Bio vegphosphate	49.06 ^c	212.68 ^d	4719.1 ^d	613.07 ^c	5623.6 ^b	1714.46 ^a	142.29 ^c	9.07 ^c	31.91 ^c
	اسید هیومیک Humic acid	70.87 ^a	338.91 ^a	6645.8 ^a	988.13 ^a	4774.1 ^d	1328.10 ^c	148.86 ^b	11.008 ^a	33.86 ^{ab}
	بیوسوپر Bio super	65.04 ^a	302.55 ^b	5316.70 ^c	811.78 ^b	6049.3 ^a	1553.33 ^b	154.23 ^a	11.36 ^a	33.22 ^{bc}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Averages with common letters in each column are significantly different according to Duncan test at 5% level what so ever.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش باد، کودهای شیمیایی و زیستی بر صفات مورد مطالعه گیاه چای ترش
Table 4- Means comparison for interaction effects of studied traits of *Roselle* by chemical and biological fertilizers and wind stress

تیمار	Wind stress	کودهای شیمیایی				کودهای زیستی			
		فسفر	نیترژن	نیترژن، فسفر و پتاسیم	نیترکسن	سوپر نیتر پلاس	فسفات بارور ۲	بیو فوسفات	هیومیک اسید
Treatment		Phosphorus	Nitrogen	Nitrogen, Phosphorus and Potassium	Nitroxin	Super Nitro Plus	Phosphat at barvar2	Bio superphosphate	Humic acid
				N, P and k					
تعداد غوزه Number of boll	شدید	48.50c*	59.54bcd	57.33cd	52.11cde	59.45abcde	59.00abcde	42.11e	63.92abcd
	بدون تنش	61.71abcd	72.20a	70.10ab	64.22abcd	72.01ab	71.67ab	54.78bcde	76.59a
	No stress	43.58bcd	67.70abc	64.38abc	58.83abcde	66.40abcd	67.17abcd	50.28de	72.09ab
	Mild								66.26abcd
وزن تر غوزه Boll weight (g plant ⁻¹)	شدید	228.74d	171.40bcd	269.53cd	329.78def	217.69bcde	279.86abcde	181f	3301.69abcde
	بدون تنش	297.85abc	338.74a	332.37ab	306.66abcd	335.35abc	342.20ab	244.02cdef	373.02a
	No stress	266.85cd	301.68abc	300.37abc	273.44bcde	289.13abcde	314.53abcd	123.02ef	342.02ab
	Mild								305.66abcde
عسلک کالیس تر (کیلوگرم/هکتار)	شدید	4412.3d	5659.5abc	56105.5abc	4990.6bcd	5207.3bcd	5738.9abcd	4436.7d	6180.7abc
	بدون تنش	5301.2bcd	6622.5a	6430.0ab	6009.2abcd	6540.6ab	6238.03abc	5064.0bcd	7082.0a
	No stress	4900.0cd	6215.1ab	6244.2ab	5663.5abcd	6046.8abcd	6311.1abc	4656.6cd	6674.6ab
	Mild								5366.1bcd
عسلک کالیس ریگ خشک (کیلوگرم/هکتار)	شدید	612.17d	805.11bc	770.08cd	731.02def	752.22cdef	797.19cdef	520.68g	889.98abcde
	بدون تنش	795.51bc	995.85a	962.67a	901.39abcde	948.52abcd	957.93abc	715.12efg	1080.72a
	No stress	715.88dc	908.81ab	854.64abc	821.76bcde	859.01bcde	863.49bcde	603.39fg	993.68ab
	Mild								817.33bcde
Dry yield of calyx (kg ha ⁻¹)									

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
* Averages with common letters in each column have not significantly different according to Duncan test at 5% probability level whatsoever.

بیوسوپرفسفات مشاهده شد (جدول ۴).

عملکرد کاسبرگ تر و عملکرد کاسبرگ خشک

اثر تنش باد، کود شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بر وزن تر و خشک کاسبرگ در ($P \leq 0.01$) و برهمکنش کود شیمیایی و تنش باد در ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد کاسبرگ تر و کاسبرگ خشک در تیمار تنش باد ملایم مشاهده شد. بیشترین عملکرد کاسبرگ تر و کاسبرگ خشک در تیمار کود شیمیایی نیتروژن حاصل شد (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد کاسبرگ تر و کاسبرگ خشک در تیمار کود زیستی اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش باد و کود شیمیایی روی عملکرد کاسبرگ تر و کاسبرگ خشک نشان داد که بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک تیمار تلفیقی بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و برای عملکرد کاسبرگ خشک در تیمار تلفیقی بدون تنش باد و کودهای شیمیایی NPK حاصل شد. بر همکنش تنش باد و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک در تیمار تلفیقی بدون تنش باد و اسید هیومیک و بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک در تیمار تلفیقی بدون تنش باد و اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۴). محققان طی مشاهداتی بیان نمودند که کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند و باعث افزایش رشد می‌شوند (Akhtar & Siddiqui, 2009). محققین در گزارشی اعلام کردند که دلیل تأثیر مصرف کود بر افزایش عملکرد گل بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) ممکن است بواسطه فراهم بودن عناصر غذایی برای تک بوته‌ها باشد که به کاهش رقابت بین بوته‌ها منجر می‌شود و افزایش عملکرد در واحد سطح را به دنبال خواهد داشت (Balak et al., 1999). برای عملکرد کاسبرگ بالا باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه، متعادل و غوزه‌ها مراحل رشدی خود را به طور کامل طی کرده و بزرگ شوند. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد (Zahir et al., 2004).

افزایش تعداد غوزه در بوته به‌ترتیب در تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و تمامی کودهای زیستی به کار رفته به جز بیوسوپرفسفات حاصل شد. عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن نیز موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر، در حضور نیتروژن و فسفر شیمیایی، نیتروژن و فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کنند. با توجه به اثر مثبت این عناصر در عملکرد زیستی و تشکیل گل، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین نیتروژن و فسفر کافی برای چای ترش یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زیستی محسوب شده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP دانست، زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (Olivera et al., 2002).

وزن تر غوزه در بوته

اثر تنش باد، کودهای شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بر وزن تر غوزه در سطح احتمال ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان وزن تر غوزه در بوته در تیمار بدون تنش باد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار تنش باد شدید مشاهده شد. بیشترین مقدار وزن تر غوزه در بوته در تیمار کود شیمیایی نیتروژن و تیمار کود زیستی اسید هیومیک و کم‌ترین مقدار آن در کود زیستی بیوسوپرفسفات حاصل شد (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین میزان وزن تر غوزه در بوته از تلفیق تیمار بدون تنش باد و کود شیمیایی نیتروژن و کم‌ترین میزان آن از تلفیق تنش باد شدید و فسفر حاصل شد. برهمکنش تنش باد و کودهای زیستی بر وزن تر غوزه در بوته نشان داد که بیشترین میزان وزن تر غوزه در تیمار بدون تنش باد و کود زیستی اسید هیومیک و کم‌ترین میزان آن از تلفیق تنش شدید و کود زیستی

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش باد، کودهای شیمیایی و زیستی بر صفات مورد مطالعه گیاه چای ترش
Table 5- Mean comparison for interaction effects of wind stress and chemical and biological fertilizer on traits of Roselle

تیمار Treatment	تنش باد Wind stress	کودهای شیمیایی Chemical fertilizers				کودهای زیستی Biological fertilizers				
		فسفر Phosphorus	نیتر وژن Nitrogen	نیتر وژن، فسفر و پتاسیم NPK	نیتر وکسین Nitroxin	سوپر نیتر و پلاس Super Nitro Plus	فسفات Phosphat	فسفات Bio superphosphate	هیومیک اسید Humic acid	بیوسولفور Bio sulfur
وزن تر اندام هوایی (گرم در بوته) Fresh weight of shoot (g.plant)	شدید Severe	4677.8ef	5627.1bc	4619.4f	4633.3ef	5177.8bcdef	4800def	5198.6bcdef	4372.2f	5666.7abcd
	بدون تنش No stress	5478.2cd	6392.2a	6105.6ab	5383.bcd	5973.3abc	5469.9bcde	5955.6abc	5161.1bcdef	6431.1a
	ملایم Mild	5205.2cde	5307.2cd	4969.4def	5205.6bcdef	5661.1abcd	5138.9cdef	5716.7abc	4788.9def	6050ab
	شدید Severe	1273.3d	1479.8c	1422.2cd	1388.9def	1443cdef	1357a,def	1550bcde	1188.9f	1422.2cdef
	بدون تنش No stress	1556.6abc	1726.1a	1642.7ab	1667.8abc	1578.9abcd	1612.2abcd	1856.7a	1467.8cde	1667.8abc
ارتفاع (سانتی متر) Plant height(cm)	شدید Severe	130.6f	148.2cd	137.3ef	142.09fg	138.48gh	143.46efg	129.40h	137.37gh	141.71fg
	بدون تنش No stress	154.1bc	172a	160.6b	165.92a	162.32abc	166.96a	153.23bcdef	159.65abcd	165.54ab
	ملایم Mild	144.5de	161.9b	151.3cd	157.37abcd	152.22cdef	156.86abcd	144.24efg	149.55defg	155.44abcd
	شدید Severe	9.58de	8.08f	9.49cd	8.87g	8.90fg	8.44g	8.22g	10.15cde	10.51bcd
	بدون تنش No stress	9.67de	11.2ab	11.5a	10.51bcd	10.55bcd	10.09cde	9.87cdef	1180a	12.16a
تعداد شاخه های فرعی Number of branches per plant(branch. Plant)	شدید Severe	8.92e	10.49bc	10.85ab	9.77def	9.35defg	9.80def	9.13efg	11.06abc	11.41ab
	بدون تنش No stress	31.85c	34.47b	30.96c	33.14bcd	34abcd	31.83cd	31.48d	31.88cd	32.67bcd
	ملایم Mild	31.43c	30.56c	35.96b	31.37d	34.20abcd	32.52bcd	31.77cd	33.78abcd	31.81cd
	شدید Severe	31.50c	38.03a	35.75b	34.36abcd	32.71a	35.92ab	32.48bcd	35.91ab	35.17abc
	بدون تنش No stress									

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Averages with common letters in each column have not significantly different according to Duncan test at 5% probability level whatsoever.

وزن هزاردانه

اثر اصلی تنش باد، کود شیمیایی، کود زیستی، برهمکنش تنش باد و کود شیمیایی، کود شیمیایی و زیستی و برهمکنش تنش باد، کود شیمیایی و کود زیستی بر وزن هزار دانه در ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار تنش باد ملایم مشاهده شد. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کود شیمیایی نیتروژن با میزان و در تیمار کود زیستی سوپر نیتروپلاس و کم‌ترین آن در کود زیستی بیوسوپر فسفات حاصل شد (جدول ۳). برهمکنش تنش باد و کودهای شیمیایی نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از تلفیق تیمار تنش ملایم باد و کود شیمیایی نیتروژن حاصل شد. برهمکنش تنش باد و کودهای زیستی بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزار دانه در تنش باد ملایم و کود زیستی سوپرنیتروپلاس و کم‌ترین مقدار آن در تنش شدید باد و کود زیستی بیوسوپر فسفات حاصل شد (جدول ۵). افزایش تعداد غوزه در بوته، وزن‌تر غوزه، وزن تر و خشک کاسبرگ در تیمار بدون تنش باد و کودهای شیمیایی نیتروژن و NPK و کودهای زیستی حاکی از تأثیر مثبت تلفیق این کودها با هم تحت تنش باد بود. این نتایج مطابق نظرات محققینی بود که گزارش کردند تعداد غوزه در بوته، وزن‌تر غوزه، وزن‌تر و خشک کاسبرگ و عملکرد کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش در تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بر این صفات بود می‌باشد Mohammadpoor et al., 2015).

محققین بیان نمودند که کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند و باعث افزایش رشد می‌شوند (Akhtar & Siddiqui, 2009). این نتایج در توافق با یافته‌های محققین در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و گندواش (*Artemisia annua* L.)، در مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.)، در رازیانه و در بارهنگ (*Plantago major* L.) بود و همچنین عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود (Kapoor et al., 2002, 2004 and 2007; Gharib et al., 2008; Sanches et al., 2008; Mahfoz &

(Sharaf- Eldin, 2007).

عنصر فسفر در کنار نیتروژن نیز موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر، در حضور نیتروژن و فسفر شیمیایی، نیتروژن و فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کنند. با توجه به اثر مثبت این عناصر در عملکرد زیستی و تشکیل گل، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین نیتروژن و فسفر کافی برای چای ترش یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زیستی محسوب شده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP دانست، زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (Olivera et al., 2002). مزید بر، استفاده از کودهای زیستی موجب بهبود فعالیت میکروبی خاک، در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه گل‌پریوش (*Catharanthus roseus* L.) شده است (Kartikayan et al., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود رشد گیاه چای ترش و افزایش کمیت و کیفیت کاسبرگ در چای ترش گردیده است با توجه به ضرورت گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی به نظر می‌رسد که تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی باعث افزایش عملکرد و کاهش اثرات تنش باد می‌شود، همچنین به منظور افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی جهت فراهم نمودن بهترین سیستم تغذیه‌ای، افزایش کمیت، کیفیت و عملکرد کاسه‌های گل گیاه دارویی چای ترش و پایداری تولید آن توصیه می‌گردد.

منابع

Abo-Baker, A., and Gehan, G.M. 2011. Effect of bio-and chemical fertilizers on growth, sepals yield and chemical composition of *Hibiscus sabdariffa* at new reclaimed soil of South. Asian Journal of Crop Science 3(1): 16-25.

- Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1163-1181.
- Akhtar, M.S., and Siddiqui, Z.A. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium* sp. On the growth, nodulation, yield and root- rot disease complex of chickpea under field condition. *African Journal of Biotechnology* 8(15): 3489-3496.
- Arazeinya, A., Enmtehani, M.H., Ekhtesasi, M.R., and Sodaieyzadeh, C. 2013. The effect of tamarisk wind break on soil salinity of agricultural lands in dry areas. *Research Abkhyzday* 99: 59-53.
- Asghar, H.N., Zahir, Z.A., Arshad, M., and Khaliq, A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea* L., *Journal of Biology and Fertility of Soils* 35: 231-237.
- Astaraei, A., and Koocheki, A. 1997. Using of Biological Fertilizers in Sustainable Agriculture. Jihad Daneshghahi Publisher, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)
- Balak, R., Misra, P.N., Sharma, N.L., and Nagari, A.A. 1999. Effects of different levels of sodicity and fertility on the performance of German chamomile under subtropical conditions oil content and composition of essential oil. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science* 21: 969-971.
- Cary, N.C., and Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407 pp.
- Chewonarin, T., Kinouchi, T., Kataoka, K., Arimachi, H., Kuwahara, T., Initkekumnuen, U., and Ohnishi, Y. 1999. Effects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn), a Thai medicinal plant, on the mutagenicity of various known mutagens in *Salmonella typhimurium* and on formation of Aberrant Crypt Foci induced by the colon carcinogens Azoxymethane and 2-Amino- 1Methyl-6-phenylimidazo (4,5-b) pyridine in F344 rats. *Food Chemical and Toxicology* 37: 591-601.
- Crook, M.J., and Ennos, A.R. 1996. Mechanical differences between free-standing and supported wheat plants, *Triticum aestivum* L. *Annals of Botany* 77(3): 197-202.
- Dolatyari, A. 2009. Wind influence on the culture and art of the people of Sistan, Iran's, 32. 129-143.
- Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops. Unpublished (Avalable online: https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html).
- El-Gizawy, N.K.B., and Mehasen, S.A.S. 2009. Response of Faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal* 6(10): 1359-1365.
- Faraji, M., and Tarkhani, A. 1999. The effect of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) on essential hypertension. *Journal of Ethnopharmacology* 65: 231-236.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology* 81(1): 77-79.
- Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum* 111: 206-211.
- Han, H.S., and Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment* 52: 130-136.
- Hasani, and Sink, C. 2012. The ability of different tree species to reduce wind mechanical stress in dry areas. *Agronomy Journal* 3(6): 77-65.
- Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals of Agricultural Science* 54: 437-446.
- Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences* 2: 259-261.
- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycoriza* 17: 581-587.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. *Journal of Science Food and Agriculture* 82(4): 339-342.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307-311.
- Karthikeyan, B., Jaleel, C.A., Changxing, Z., Joe, M.M., Srimannarayan, J., and Deiveekasundaram, M. 2008. The effect of AM fungi and phosphorous level on the biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. *EurAsian Journal of Biological Science* 2: 26-33.
- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics* 21: 361-366.
- Masoudian, S.A. 2014. Journal of Applied Meteorological wind One hundred and twenty days Sistan-day 1: Ss46-37.
- Mohammadpoor, R., Qanbari, A., and Fakheri, B. 2015. As little hibiscus affected chemical. M.Sc. Thesis College of Agriculture. University of Zabol .Iran. Zabol. (In Persian with English Summary)
- Morton, J.F. 1987. Florida Flair Books, Miami, USA. Roselle. Pp. 281-286, In: Fruit of Warm Climates.

- Olivera, M., Iribane C., and Liuck, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N₂ fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. 16- 19 July, Salamanca, Spain.
- Oyewole, C.I., and Mera, M. 2010. Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to rates of inorganic and farmyard fertilizers in the Sudan savanna ecological zone of Nigeria. African Journal of Agricultural Research 5: 2305-2309.
- Perry, L.M. 1980. Medicinal Plants of East and Soth East Asia. MIT Press. Cambridge. Pp: 195-200.
- Rademacher, W. 1994. Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regulation 15: 303–305.
- Rhoden, E.G., David, P., and Small, T. 1993. Effect of nitrogen nutrition on Roselle. New crops. Janick, J. and Simon, JE (eds.), Wiley, New York, pp.583-584.
- Sanchez, G.E., Carballo, G.C., and Romos, G.S.R. 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolata* L. *Revista cubana de plants. Medicinales* 13: 12-15.
- SAS Institute. 2013. The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Institute.
- Torabi, A. 2003. Effect of planting data and row spacing on the yield of Sour tea. MSC thesis. Azad University of Jiroft, Jiroft, Iran. (In Persian with English Summary)
- Youssef, A.A., Edris, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting *rhizobacteria*. Advanced in Agronomy 81: 97-168.



The Effects of Wind Stress on the Quantitative Features of Hibiscus under Different Levels of Chemical and Biological Fertilizers (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Mohammadzade¹, B. Fakheri^{2*}, N. Mehdi Nejad³ and R. Mohammdpoor⁴

Submitted: 17-11-2016

Accepted: 05-08-2017

Mohammadzade, M., Fakheri, B., Mehdi Nejad, N., and Mohammdpoor, R. 2019. The effects of wind stress on the quantitative features of hibiscus under different levels of chemical and biological fertilizers (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology. 10(4): 1093-1106.

Introduction

Hibiscus, an annual and twigged plant, One hundred and twenty-day winds, is a regional phenomenon which blows with variable speeds, in four warm months of the year (June, July, August, September), in a part of the south-west of Iran. The most important factor that affects the sustainability of the food production and maintaining the soil fertility, is the use of the integrated feeding systems and also the use of the biological fertilizers in the nutritional system.

Materials and Methods

According to the emphasis of sustainable agriculture, increasing the quality and the sustainability of performance, medicinal plants, are considered as a good option for such systems. This research was conducted with the purpose of investigating the effects of wind stress on the Hibiscus quantitative features under the treatments of biological and chemical fertilizers. In growing season of 2014-2015, to evaluate the effects of wind stress on the characteristics of growth, performance and the performance components of Hibiscus leaflet under the treatments of chemical and biological fertilizers, a triplicate experiment, in the form of split plots in a randomized complete block design, was done in the Zabol University research farm. The main factors of wind stress were in three levels of severe wind stress, gentle wind stress and without wind stress and the minor factors including chemical fertilizers were in three levels of phosphorus, nitrogen and NPK. And, the minor factors including biological fertilizers, were in six levels of nitroxin, supernitro plus, super bio phosphate, bio phosphate, humic acid and bio sulfur. At the end of the investigation process of ten bushes which were chosen randomly from each plot after excluding the marginal effects, the following issues were measured:

The features of the number of branches in each bush, wet and dry weight of aerial organs (gr per bush), the bush height (cm), the number of bolls per bush, the boll wet weight, the wet and dry weight of leaflet (gr per bush), chlorophyll fluorescence and the weight of one thousand seeds (grams per bush). Means comparison was done with the probability level of %5 by Duncan's multiple range test. The statistical analysis of the research results was done by using the SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC) software

Results and Discussion

In this study, it was observed that the severe wind stress cause the reduction of Hibiscus quantitative traits. Of course (However), the integrated effects of chemical and biological fertilizers under the effects of wind stress have improved these characteristics. The following issues were obtained in order: Improving the plant height feature in a treatment without stress, nitrogen chemical fertilizers, biological fertilizers, bio-sulfur, the number of side branches in a without-stress treatment, chemical fertilizers under the treatment of bio-sulfur and humic acid biological fertilizers and

1- M.Sc. Student of Horticulture Plant Breeding, Department of Horticulture, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

2 and 3- Professor and Assistant Professor, Department of Biotechnology and Plant Breeding, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

4- Ph.D Student of Ecology, Department of Agronomy, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

(*- Corresponding Author Email: ba_fakheri@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.60388

so on. The number of bolls in each bush, the bolls wet weight, the leaflet wet and dry weight and the leaflet performance in the chemical fertilizers treatments, NPK plus biological fertilizers in compare with the NPK chemical fertilizers treatment and not using the biological fertilizers, all originated from the positive effects of biological fertilizers on these traits. The biological fertilizers provides inaccessible mineral elements and also the organic compounds for the plant and cause the increase of the plant growth Akhtar and Siddiqui (2009).

Conclusion

The results of this research showed that the effects of wind stress treatments and chemical and biological fertilizers and the interactions between the chemical and biological fertilizers and the investigated traits, were meaningful. This research showed that, the severe wind stress, cause the reduction of the quantitative traits of Hibiscus. However, the effects of combining the chemical and biological fertilizers under the wind stress, cause the increase of these traits and this matter has a positive effect on the production sustainability and environmental protection and according to the medicinal plants necessity in farming systems, it seems that the biological fertilizers are a good alternative for the chemical fertilizers

Keywords: Biological fertilizer, Chemical fertilizer, Tea Maki, Medicinal plants, Wind stress



واکنش عملکرد و صفات فیزیولوژیک عدس (*Lens culinaris* L.) به کودهای

شیمیایی فسفری و زیستی در شرایط متفاوت رطوبتی

مراد محمدی^۱، محمدرضا قانع^۲، ناصر مجنون حسینی^{۳*} و حسین مقدم^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

محمدی، م.، قانع، م.، مجنون حسینی، ن.، و مقدم، ح. ۱۳۹۷. واکنش عملکرد و صفات فیزیولوژیک عدس (*Lens culinaris* L.) به کودهای شیمیایی فسفری و زیستی در شرایط متفاوت رطوبتی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۰۷-۱۱۲۰.

چکیده

مطالعات مختلف در نواحی خشک و نیمه‌خشک نشان داده که کاربرد کودهای فسفری تحت شرایط تنش آب تولید گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد. به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و اثر کودهای شیمیایی فسفری و زیستی بر عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک عدس (*Lens culinaris* L.) (رقم زیبا)، آزمایشی به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری (آبیاری معمول، ۱۰۰ (تنش خفیف خشکی) و ۱۳۰ (تنش شدید خشکی) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و عامل فرعی شامل نوع کود (شاهد بدون کود؛ ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری (از منبع سوپر فسفات ترپیل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار؛ کود زیستی؛ و تلفیقی از ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری (۲۵ کیلوگرم در هکتار) + کود زیستی (حاوی دو سویه ۹۳ و ۱۸۷ سودوموناس پوتیدا همراه با/زئوباکتر)) بود. کود زیستی مورد استفاده در تیمارهای مربوطه به صورت تلقیح پیش کاشت استفاده شد. در این بررسی صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، درصد پروتئین دانه، میزان پروتئین، محتوی رطوبت نسبی برگ و کلروفیل کل مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برهمکنش آبیاری در نوع کود روی عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p < 0.05$) و بیشترین میزان عملکرد دانه عدس (۱۴۰۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار برهمکنش آبیاری معمول و کود تلفیقی تولید شد. همچنین استفاده از کود تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری + کود زیستی) در تنش خشکی شدید عملکرد دانه بیشتری را نسبت به سایر تیمارهای کودی تولید نمود. اثر متقابل آبیاری در نوع کود روی صفات محتوای رطوبت نسبی، میزان کلروفیل کل و پروتئین معنی‌دار بود ($p < 0.01$). از نظر صفت محتوی رطوبت نسبی برهمکنش آبیاری معمول و کود زیستی (۸۵/۶۳ درصد)، از نظر میزان کلروفیل کل برگ برهمکنش آبیاری معمول و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری (۱/۵۱۷ میلی‌گرم در گرم برگ تر برگ) و از نظر میزان پروتئین برهمکنش تنش خشکی شدید و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری (۳/۳۷۲ میلی‌گرم در گرم برگ تر برگ) بیشترین مقدار را داشتند. نتایج ضرایب همبستگی مشخص نمود عملکرد محصول همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته (۰/۸۲۵) و محتوای رطوبت نسبی (۰/۶۳۰) و همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد پروتئین دانه (۰/۶۰۹) و میزان پروتئین (۰/۶۳۸) داشت. در کل می‌توان از دیدگاه کاهش مصرف کود شیمیایی به منظور حفظ محیط زیست و پایین آوردن هزینه‌های اقتصادی، سطح ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری به همراه کود زیستی برای گیاه عدس توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رطوبت نسبی برگ، عملکرد دانه، کود زیستی، کلروفیل، میزان پروتئین

مقدمه

از مهمترین مشکلات کشاورزی رایج جهان مصرف بیش از اندازه

کودهای شیمیایی است. مصرف کودهای شیمیایی در جهان سالانه معادل ۸۵ میلیون تن کود نیتروژن و ۱۵ میلیون تن کود فسفری می‌باشد (Roy et al., 2006) سیستم‌های کشاورزی رایج، اگرچه به کمک کود و سموم شیمیایی در کوتاه مدت، می‌توانند عملکرد محصولات زراعی را افزایش دهند، ولی در درازمدت، پایداری و حاصلخیزی خاک، سلامت محیط زیست و عملکرد گیاهان زراعی کاهش می‌یابد. این کاهش در نتیجه افت خصوصیات فیزیکی خاک، اسیدی شدن و کاهش فعالیت‌های زیستی خاک ناشی از مصرف

۱- دکترای مهندسی کشاورزی، زراعت- فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تبریز
۲- دانشجوی دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی ساری
۳ و ۴- به‌ترتیب استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران

*- نویسنده مسئول: (Email: mhoseini@ut.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.29972

خشک قرار دارد و بیشتر آن به صورت دیم کشت می‌شود استفاده از کودهای زیستی می‌تواند منجر به بهبود جذب مواد غذایی و آب شود. در منطقه کرج رقم زیبا از متداول برای کشت عدس محسوب می‌شود و انتخاب بهترین تیمارهای کودی در شرایط مختلف آبیاری از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف مقایسه کود شیمیایی فسفری، کود زیستی و تلفیقی از آنها تحت شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی از نظر تأثیرگذاری بر عملکرد عدس و صفات فیزیولوژیک مرتبط با تنش خشکی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ متر از سطح دریا، میانگین ۳۰ ساله بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر، در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. سه سطح آبیاری {شاهد (آبیاری معمول پس از ۷۰ میلی‌متر) بر اساس منحنی رطوبتی و بافت خاک میان ۷۰ میلی‌متر تبخیر در دامنه رطوبتی آب سهل‌الوصول قرار می‌گیرد که در این دامنه گیاه با تنش مواجه نمی‌شود، همچنین بر اساس آزمایشات فیزیک خاک با دستگاه Pressure plate و تعیین نقاط حساس رطوبتی خاک مشخص شد که تنش خشکی خفیف در زمان آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر و تنش خشکی شدید در زمان آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A اتفاق می‌افتد} به عنوان عامل اصلی و چهار سطح نوع کود شامل [۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری (سوپرفسفات تریپل)، کود زیستی (حاوی دو سویه ۹۳ و ۱۸۷ سودوموناس پوتیدا و/ازتوباکتر)، کود تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری+کود زیستی) و شاهد (بدون هیچ مصرف کود)] به عنوان عامل فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. کود زیستی به‌صورت آماده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. بذر عدس کشت شده نیز (رقم اصلاح شده زیبا) از مؤسسه تحقیقات دیم کشور در مراغه تهیه گردید. پیش از انجام آزمایش یک نمونه مرکب خاک از مزرعه تهیه و آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شد. نوع خاک محل آزمایش لومی رسی، با $\text{pH}=8$ ، EC حدود $1/74$ دسی‌زیمنس بر متر، با میزان $0/09$ درصد نیتروژن کل، 151 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک پتاسیم قابل جذب و $14/1$ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک فسفر قابل جذب بود. برای آماده‌سازی زمین، ابتدا شخم پاییزه انجام شد. سه هفته قبل از کشت محل آزمایش با علف‌کش ترفلان به منظور مبارزه با بانک بذر علف‌های هرز موجود در خاک سم‌پاشی و یک دیسک سطحی زده شد. پیش از عملیات کاشت نیز بر اساس نتایج آزمون خاک، به

کودهای شیمیایی می‌باشد (Adediran et al., 2004). در مناطقی که حاصلخیزی خاک پائین می‌باشد، استفاده از کود شیمیایی اجتناب‌ناپذیر است از این‌رو، می‌بایست کودهای شیمیایی به گونه‌ای مصرف شوند که ضمن تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاهان زراعی، آلودگی حاصل از آبشویی را به دنبال نداشته باشد. از جمله ترکیباتی که از آن‌ها به عنوان جانشین کودهای شیمیایی نام برده می‌شود، کودهای زیستی می‌باشند. تلفیق خاک یا بذر با ریزجانداران حل‌کننده فسفات می‌تواند فسفر خاک و یا فسفر کودی تثبیت شده در خاک را به فرم قابل جذب گیاه تبدیل کند و در نتیجه عملکرد گیاه زراعی را بهبود بخشد (Puentes et al., 2004). از مهمترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توان به ریزوبیوم^۱، سودوموناس^۲، باسیلوس^۳، آگروباکتریوم^۴، میکروکوکوس^۵ اشاره کرد (Rodriguez & Fraga, 1999). از دیگر عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان در جهان تنش خشکی و کم‌آبی است. شیوا کومار و همکاران (Shivakumar et al., 2004) گزارش کردند که افزایش عنصر فسفر تا حدودی اثرات سوء مستقیم و غیرمستقیم خشکی بر جذب فسفر را خنثی می‌کند و راندمان مصرف آب و در نتیجه مقاومت به خشکی در گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) را افزایش می‌دهد. مطالعات مختلف در نواحی خشک و نیمه‌خشک نیز نشان داد که افزایش کود فسفری تحت شرایط تنش آب ماده خشک اندام‌های هوایی نخود را افزایش می‌دهد (Jain et al., 2006). در آزمایشی در شرایط تنش خشکی با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفری و باکتری‌های حل‌کننده فسفات، بالاترین عملکرد دانه عدس در تیمار حاوی باکتری حل‌کننده فسفات حاصل شد (Arpana et al., 2002).

احمدی فرد و همکاران (Ahmadifard et al., 2011) در بررسی روش‌های مختلف کوددهی {سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سطوح مختلف کود زیستی فسفر بارور-۲ (۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم در هکتار) و تیمارهای تلفیقی این دو نوع کود} بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در شرایط اقلیمی خرم‌آباد بیان کردند که با کاربرد ۷۵ گرم کود زیستی فسفر بارور ۲ به همراه ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط منطقه حاصل گردید. در آزمایشی که کریمی و همکاران (۲۰۱۳) روی لوبیا سبز انجام دادند به این نتیجه رسیدند که کاربرد کودهای زیستی و قارچ میکوریز منجر به افزایش عملکرد لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris* L.) شدند. با توجه به اینکه غالب سطح زیر کشت عدس در ایران در اقلیم خشک و نیمه

- 1- *Rhizobium*
- 2- *Pseudomonas*
- 3- *Bacillus*
- 4- *Agrobacterium*
- 5- *Micrococcus*

$$\{ \text{جذب در } 663 \times V / (1000 \times W) \} \times 100 = \text{میلی گرم کلروفیل } a \text{ و } b \text{ در هر گرم وزن تر}$$
 (معادله ۳)

اندازه‌گیری میزان پرولین نیز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی به کمک روش Bates (1973) انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ (RWC) در اواسط گلدهی (و قبل از زمان آبیاری) از معادله ۴ استفاده گردید (Merah, 2001):

$$100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}) = \text{محتوی آب نسبی } (\%)$$
 (معادله ۴)

برداشت محصول پس از رسیدگی فیزیولوژیک (حداکثر تولید ماده خشک) انجام گرفت و از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به صورت تصادفی با رعایت حاشیه، برداشت گردید و صفات تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه (بر اساس ۱۴ درصد رطوبت) مطالعه شد. اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه با دستگاه اتوآنالیزر (Kjeltec 1030 ساخت کشور سوئد) و به روش کج‌لدال انجام شد. به‌طوری‌که ابتدا درصد نیتروژن کل اندازه‌گیری شد و سپس با حاصل ضرب عدد نیتروژن کل در عدد ۶/۲۵ درصد پروتئین دانه به دست آمد. پس از آزمون همگنی واریانس‌ها محاسبات آماری مربوطه با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. همچنین مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار Mstat-C انجام گرفت. همچنین بررسی همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ صورت گرفت و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر عامل آبیاری در سطح احتمال یک درصد روی صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد محصول، محتوی رطوبت نسبی برگ، میزان پرولین و کلروفیل کل معنی‌دار بود. همچنین عامل آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت پروتئین دانه معنی‌دار بود. عامل کود بر روی تمام صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثرات متقابل آبیاری و نوع کود بر تعداد غلاف در بوته، درصد پروتئین دانه، محتوی رطوبت نسبی، میزان پرولین و کلروفیل کل برگ عدس معنی‌دار بود ($p \leq 1\%$). همچنین اثر متقابل عوامل مورد بررسی بر صفت عملکرد محصول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود.

تعداد غلاف در بوته

رژیم آبیاری معمول بیشترین تعداد غلاف در بوته و تنش خشکی شدید کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۲). در بین

دلیل نیاز مزرعه به نیتروژن و پتاسیم میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به تمامی کرت‌های آزمایشی داده شد. سپس، برای تأمین تیمار کود شیمیایی فسفوری ۱۰۰ و ۵۰ درصد به ترتیب به میزان ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. عملیات کاشت پس از نم‌کاری و گاورو شدن زمین در اواسط اسفند ۱۳۹۳ انجام گرفت. به منظور جلوگیری از خارج شدن عناصر کودی، انتهای کرت‌های آزمایشی بسته شد. مقدار مورد نیاز بذر برای کشت در تیمارهای کود زیستی توزین شد و در داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی ریخته شد. سپس ۳۰ میلی‌متر ماده چسباننده (محلول ۴۰ درصد صمغ عربی) به ازای هر کیلوگرم بذر عدس روی بذر ریخته شد و به مدت ۵ دقیقه به خوبی تکان داده شد تا ماده چسباننده به طور مناسبی به تمام بذر چسبید. در مرحله بعد ماده تلقیح (سویه ۹۳ و ۱۸۷ سودوموناس پوتیدا همراه با/زئوپاکتر) به مقدار ۵۰ گرم به ازای هر کیلوگرم بذر بر روی بذر ریخته شد و به خوبی تکان داده شد تا به تمام بذر چسبید. در پایان بذر آغشته به مایه تلقیح برای خشک شدن روی ورقه آلومینیومی تمیز در سایه پهن گردیدند (Somasegaran & Hoben, 1994) و سرانجام به سرعت اقدام به کاشت بذر و آبیاری مزرعه شد. کرت‌های آزمایشی به صورت جوی و پشته به ابعاد ۳×۲/۵ متر بودند که هر یک دارای ۵ خط کاشت و بذر با فاصله ۵ × ۵۰ سانتی‌متر (حدود ۴۰ بذر در متر مربع) روی پشته‌ها کشت شدند که دو هفته بعد از تنک فاصله بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اعمال تنش خشکی ۳۰ روز پس از کاشت انجام شد (مصادف با مرحله رشدی ۴ برگ) و تا انتهای فصل رشد ادامه یافت. تا قبل از اعمال تنش خشکی، آبیاری کرت‌ها به صورت مرتب و هر ۱۰ روز یکبار انجام می‌گرفت. در زمان اعمال تنش خشکی، آبیاری مزرعه پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کرج انجام می‌شد. به دلیل رشد مجدد برخی از گونه‌های علف‌هرز مبارزه با آنها به صورت دستی طی دو مرحله (۳۰ و ۶۰ روز بعد از کاشت) انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ در زمان شروع گلدهی از روش اندازه‌گیری کلروفیل آرنون (Arnon, 1986) استفاده شد، که با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 180) غلظت کلروفیل a (در طول موج ۶۶۳) و b (در طول موج ۶۴۵) و مجموع آنها از طریق معادلات ۱ تا ۳ زیر به دست آمد (در این روابط V حجم نهایی نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه است).

$$\{ \text{جذب در } 663 \times V / (1000 \times W) \} \times 100 = \text{میلی گرم کلروفیل } a \text{ در هر گرم وزن تر}$$
 (معادله ۱)

$$\{ \text{جذب در } 663 \times V / (1000 \times W) \} \times 100 = \text{میلی گرم کلروفیل } b \text{ در هر گرم وزن تر}$$
 (معادله ۲)

آبیاری معمول به همراه تغذیه شیمیایی و زیستی گیاه تسهیم و تخصیص مواد فتوسنتزی به گل ها و دانه ها نسبت به شرایط تنش خشکی و عدم استفاده از کود، بهتر بوده و باعث حفظ تعداد غلاف بیشتر در بوته شده است (Parsa & Bagheri, 2008). این نتایج نشان دهنده آسیب پذیری این صفت از عامل تنش خشکی و کمک کود تلفیقی به بهبود این شرایط می باشد که با نتایج سانی و همکاران (Sani et al., 2004) روی نخود مطابقت دارد.

تیمارهای مختلف کودی، کود تلفیقی در مقایسه با تیمارها تعداد غلاف در بوته بیشتری تولید کرد (جدول ۲). برهمکنش آبیاری معمول و کود تلفیقی بیشترین تعداد غلاف در بوته را نشان داد (شکل ۱)، به نظر می رسد کمک فسفر در توسعه ریشه، جذب مواد غذایی و آب بیشتر به وسیله گیاه دلیل این برتری باشد. همچنین از آنجایی که ریزش گل ها و غلاف ها باعث کاهش عملکرد حبوبات در نتیجه کمبود مخزن می شود، بنابراین تصور می شود که با انجام

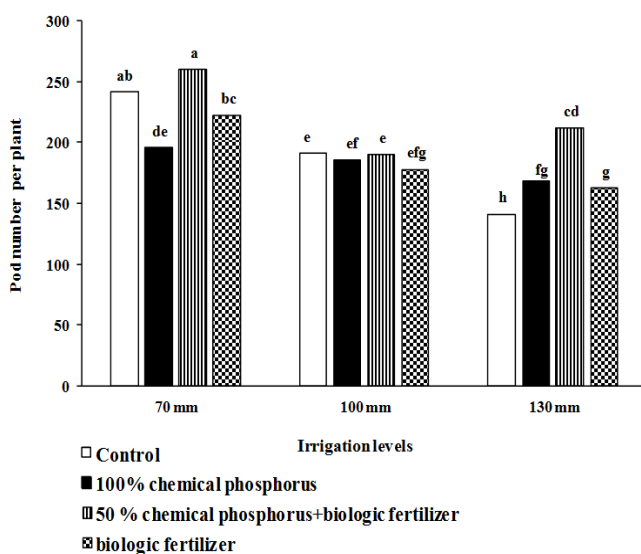
جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه عدس تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری و نوع کود فسفری

Table 1- Mean squares of studied traits of lentil under different irrigation and type of phosphorus fertilizer treatments

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	عملکرد دانه Seed yield	پروتئین دانه Seed protein	نسبی رطوبت نسبی برگ Relative water content	میزان پرولین Prolin content	کلروفیل کل Total chlorophyll
تکرار Replication	3	263.83	3070.816	1.888	8.119	0.003	0.012
آبیاری Irrigation	2	14805.29 **	283261.02 **	8.323 *	353.407 **	6.831 **	0.239 **
خطای اصلی Error a	6	58.898	10072.507	1.053	13.117	0.008	0.019
نوع کود فسفر type of phosphorus	3	3472.166 **	93698.007 **	1.195 **	56.549 **	0.612 **	0.202 **
آبیاری * کود فسفر	6	1608.11 **	16768.062 *	1.662 **	46.261 **	0.731 **	0.352 **
خطای فرعی Error b	27	176.316	5992.377	0.189	7.132	0.035	0.017
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	6.78	6.49	1.49	3.40	9.64	14.10

* و **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- برهمکنش اثر آبیاری و نوع و میزان کود فسفر بر تعداد غلاف در بوته گیاه عدس

میانگین ها به روش آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. حروف غیرمشترک بر روی ستون ها، نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار ($p \leq 5\%$) است.

Fig. 1- Effect of water deficit and type of phosphorus fertilizer on pod number per lentil plant

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات مورد مطالعه عدس تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و نوع کود فسفری
Table 2- Mean comparison of studied traits of lentil under different irrigation and type of phosphorus fertilizer treatments

تیمارها Treatments	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	پروتئین دانه (%) Seed protein (%)	محتوای رطوبت نسبی برگ (%) Relative water content (%)	میزان پرولین (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Prolin content (mg.g ⁻¹ fw)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg.g ⁻¹ fw)
رژیم‌های مختلف آبیاری Irrigation treatments						
۷۰ میلی متر تبخیر Irrigation after 70 mm evaporation	229.8 a*	1344 a	28.37 b	83.81 a	1.266 c	1.039 a
۱۰۰ میلی متر تبخیر Irrigation after 100 mm evaporation	186.3 b	1142 b	29.60 a	76.63 b	1.951 b	0.795 b
۱۳۰ میلی متر تبخیر Irrigation after 130 mm evaporation	171.1 c	1093 b	29.64 a	74.97 b	2.572 a	0.930 a
نوع کود فسفر Type of phosphorus						
شاهد Control	191.2 b	1119 b	29.28 ab	80.02 a	1.924 b	1.040 a
۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفری 100 % chemical phosphorus	183.2 b	1274 a	29.59 a	77.21 b	2.244 a	0.995 ab
۵۰٪ کود فسفری + کود زیستی 50 % chemical phosphorus+biologic fertilizer	220.8 a	1266 a	28.83 c	76.08 b	1.834 bc	0.745 c
کود زیستی Biologic fertilizer	187.7 b	1115 b	29.12 bc	80.57 a	1.717 c	0.996 b

* میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. اعداد داخل هر ستون و برای هر جزء که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

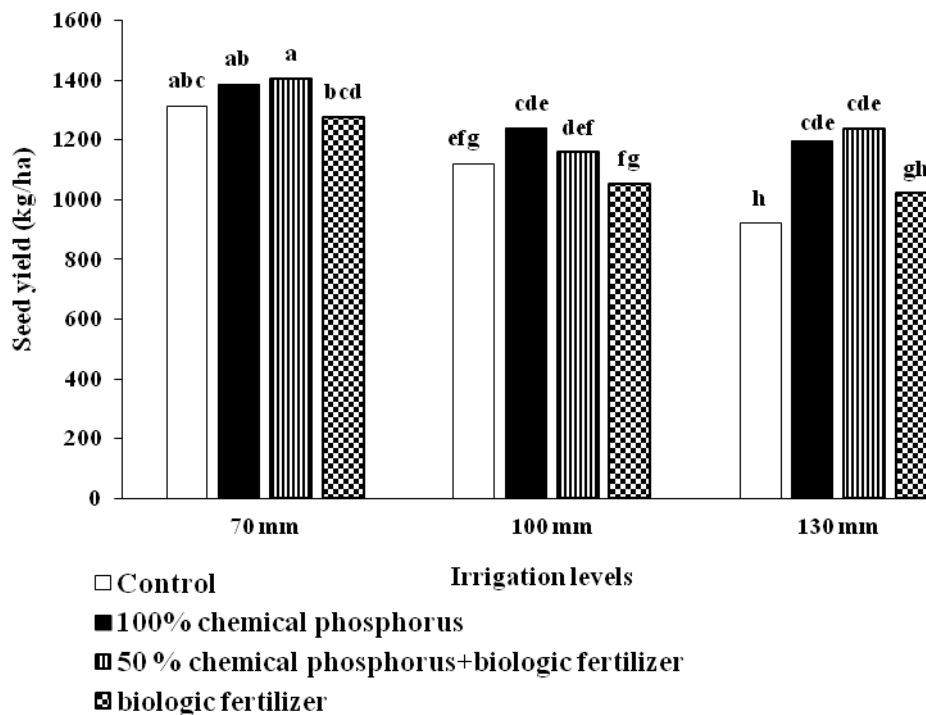
عملکرد دانه

برهمکنش آبیاری معمول و کود تلفیقی بیشترین عملکرد دانه عدس را تولید کرد، در حالی که از تیمار تنش شدید خشکی و بدون مصرف کود (شاهد) کمترین مقدار عملکرد دانه به دست آمد (شکل ۲). احتمالاً دلیل این امر با نتایج گول و همکاران (Gull et al., 2004) بر روی نخود زراعی مطابقت دارد که کمبود فسفر رشد و پراکنش سیستم ریشه‌ای گیاه را محدود کرده و جذب آب و مواد غذایی را تحت تأثیر قرار داده است و بدین ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه گردیده است. استفاده از کود تلفیقی در شرایط تنش شدید خشکی، تنش خفیف خشکی و شرایط آبیاری معمول به ترتیب باعث افزایش ۳۴/۱۰، ۳/۲۱ و ۶/۹۳ درصدی عملکرد نسبت به سطح شاهد کود شد که در سطح تنش شدید خشکی این تفاوت معنی‌دار بود. این نتایج نشان دهنده تأثیر مطلوب کود تلفیقی (کاربرد همزمان باکتری‌های

حل‌کننده فسفات و مقادیری از کود شیمیایی فسفری) در شرایط تنش خشکی بجای کاربرد این باکتری‌ها به تنهایی است. در عدس در شرایط تنش خشکی و با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفری و باکتری‌های حل‌کننده فسفات چنین نتیجه‌گیری شد که بالاترین عملکرد در تیمار حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات حاصل شد (Arpana et al., 2002). همچنین، افزایش عملکرد و جذب عناصر نیتروژن و فسفر در سورگوم و نخود بیشتر در زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کود شیمیایی یا دامی به همراه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد مانند باکتری‌های حل‌کننده فسفات به کار رفته‌اند (Sani et al., 2004). همچنین افزایش عملکرد و کیفیت آویشن (*Thymus vulgaris* L.) در مطالعه محمدپور و همکاران (Mohammadpour et al., 2015)، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) روی گلرنگ

کاربرد کودهای زیستی مشاهده شده است.

Gholami et al., 2015) و غلامی و همکاران (Carthamus tinctorius L.) روی رازیانه (Foeniculum vulgare Mill.) در اثر



شکل ۲- برهمکنش اثر آبیاری و نوع و میزان کود فسفر بر عملکرد دانه گیاه عدس

میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. حروف غیرمشترک بر روی ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

Fig. 2- Effect of water deficit and type of phosphorus fertilizer on seed yield of lentil plant
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

محتوی رطوبت نسبی برگ

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین محتوی رطوبت نسبی برگ عدس (۸۳/۸۱ درصد) در آبیاری معمول و کمترین مقدار آن در تنش شدید خشکی (۷۴/۹۷ درصد) به دست آمد (جدول ۲). نتایج این آزمایش در رابطه با کاهش محتوی نسبی آب برگ در اثر تنش کم آبیاری با نتایج آزمایش افه‌اوغلو و همکاران (Efeoglu et al., 2009) روی ذرت مطابقت داشت. این شاخص یکی شاخص‌های مطلوب ساده و عملی اندازه‌گیری وضعیت رطوبتی گیاه است.

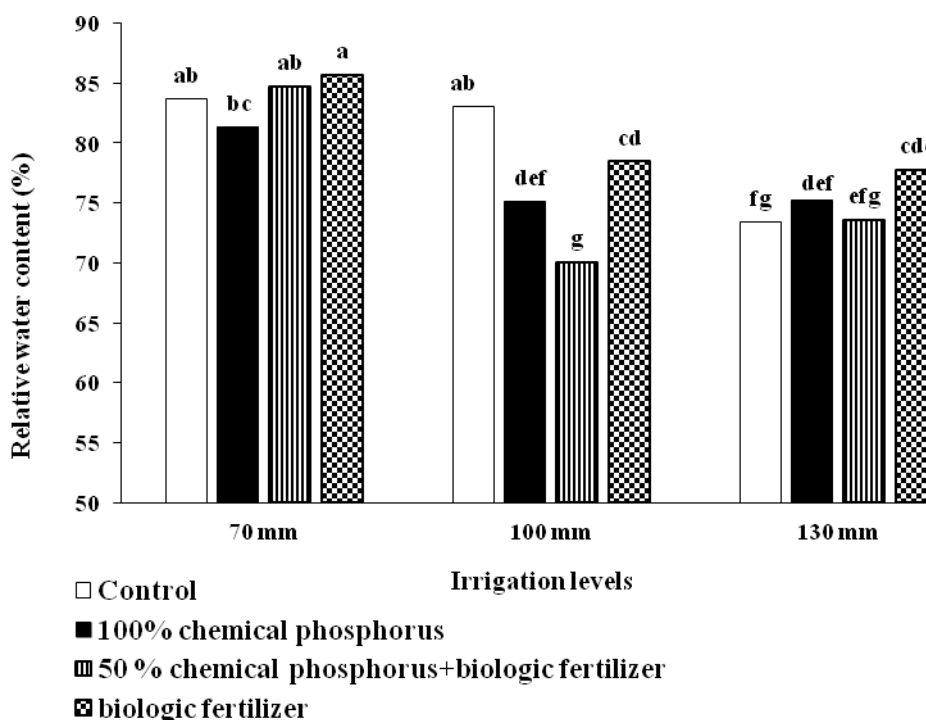
مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف کودی نشان داد که بیشترین درصد محتوی رطوبت نسبی برگ عدس (۸۰/۵۷ درصد) با استفاده از کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۲)، که شاید علت بالا بودن این صفت در این تیمار به فعالیت بهتر کودهای زیستی در جذب بیشتر آب نسبت داد. بیشترین درصد محتوی رطوبت نسبی برگ عدس (۸۵/۶۳ درصد) در برهمکنش اثر آبیاری معمول و کود زیستی و کمترین میزان آن از تیمار تنش خفیف خشکی و کود تلفیقی (۷۰/۰۳ درصد) به‌دست آمد (شکل ۳). کاهش مقدار آب باعث کاهش

درصد پروتئین دانه

با افزایش محدودیت آبی، درصد پروتئین دانه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین دانه در تنش خفیف (۲۹/۶۰ درصد) و در تنش شدید خشکی (۲۹/۶۴ درصد) به دست آمد (جدول ۲). احتمالاً در شرایط تنش خشکی بخصوص در مرحله پر شدن غلاف به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً این کاهش از ناحیه نشاسته می‌باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین در دانه افزایش می‌یابد. نتایج آزمایش جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2005) بر روی نخود نیز مؤید این مطلب بود که در شرایط تنش درصد پروتئین در اثر کاهش سهم نشاسته در دانه افزایش یافت، و افزایش مطلق در میزان پروتئین را گزارش نکردند. در بین تیمارهای مختلف کودی، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفوری درصد پروتئین بیشتری (۲۹/۵۹ درصد) داشت (جدول ۲) که می‌توان علت آن را جذب سریعتر فسفر به صورت شیمیایی بیان کرد.

تنش خشکی کودهای زیستی با تحریک تولید ریشه‌های بیشتر باعث جذب آب و مواد غذایی بیشتر در گیاه شده‌اند. ثابت شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات در شرایط تنش خشکی، با افزایش دادن میزان جذب فسفر باعث تحمل بیشتر گیاه نسبت به تنش خشکی می‌شود (Ehteshami et al., 2007).

شاخص رطوبت نسبی برگ گردید. در تیمار سطح معمول آبیاری تیمار کود زیستی محتوی رطوبت نسبی برگ بیشتری نسبت به سایر تیمارهای کودی داشت، در سیستم تنش خفیف آبیاری، شاهد (عدم مصرف کود) و در شرایط تنش شدید خشکی تیمار کود زیستی محتوی رطوبت نسبی بیشتری داشت. به نظر می‌رسد که در شرایط



شکل ۳- برهمکنش اثر آبیاری و نوع و میزان کود فسفر بر محتوای رطوبت نسبی گیاه عدس
میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. حروف غیرمشترک بر روی ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

Fig. 3- Effect of water deficit and type of phosphorus fertilizer on relative water content of lentil plant
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

برگ) و کمترین میزان آن از برهمکنش آبیاری معمول (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفوری (۱/۰۰۴ میلی‌گرم در گرم برگ تر برگ) به دست آمد (شکل ۴). در مطالعه فتحیان (Fathian, 2008) بر روی گلرنگ، میزان تجمع پرولین در رژیم آبیاری ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، ۱۸۰۴/۴ میکروگرم در گرم برگ به دست آمد و تنش کمبود آب منجر به افزایش ۸۳ درصدی میزان پرولین برگ از سطح تنش ۸۰ به ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر شد که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد.

میزان کلروفیل کل

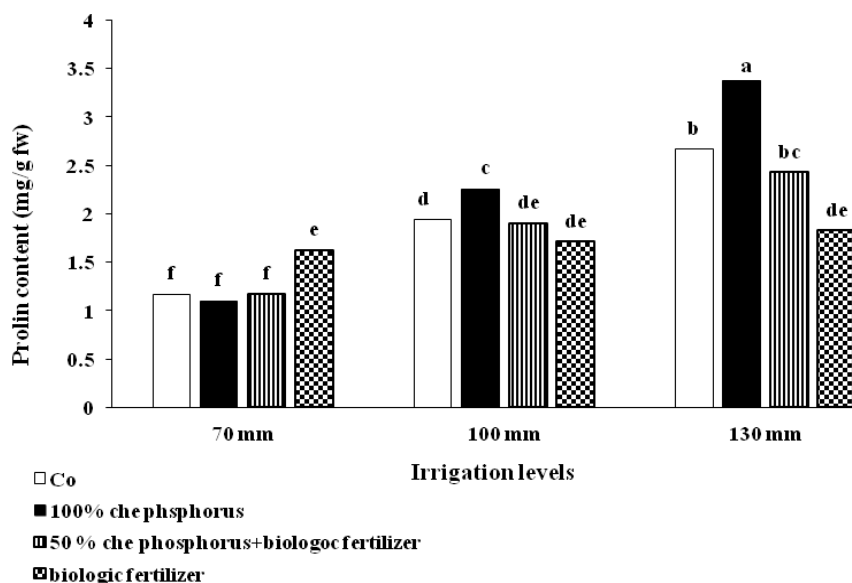
برهمکنش اثر آبیاری و کود نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار آبیاری معمول و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی

میزان اسید آمینه پرولین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان پرولین برگ عدس در تیمار تنش خشکی شدید (۲/۵۷۲ میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ) و کمترین آن در تیمار آبیاری معمول (۱/۲۶۶ میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ) به دست آمد (جدول ۲)، به عبارت دیگر، مقدار پرولین با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد. افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی توسط سانچز و همکاران (Sanchez et al., 1998) نیز در نخود گزارش شده است. در بین تیمارهای کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفوری بیشترین میزان پرولین (۲/۲۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) را داشت (جدول ۲). بررسی برهمکنش اثر آبیاری و کود نشان داد که بیشترین محتوی اسید آمینه پرولین در تیمار تنش شدید خشکی (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفوری (۳/۳۷۲ میلی‌گرم در گرم برگ تر

شیمیایی فسفری (۰/۶۶۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد (شکل ۵).

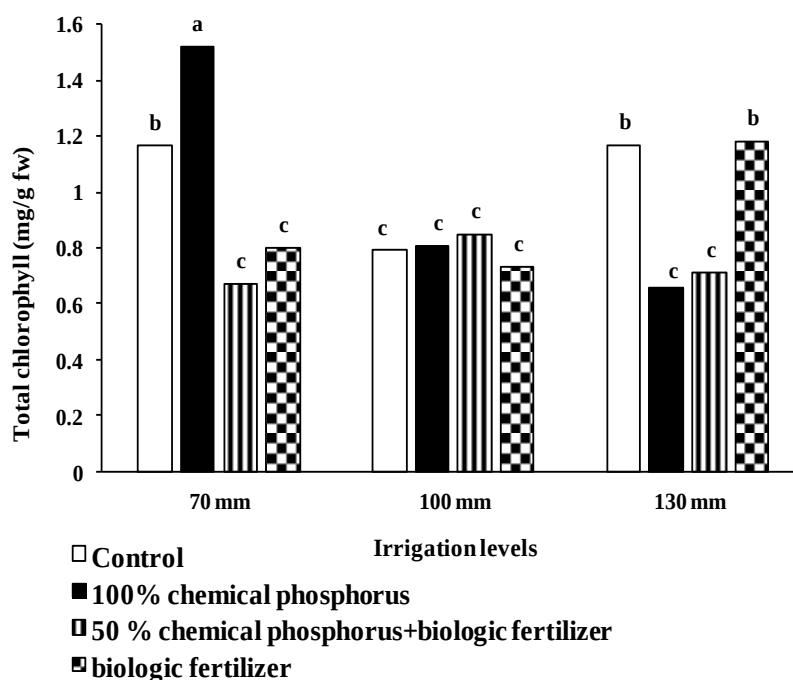
فسفری (۱/۵۱۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد و کمترین میزان کلروفیل کل از تیمار تنش شدید خشکی و ۱۰۰ درصد کود



شکل ۴- برهمکنش اثر آبیاری و نوع و میزان کود فسفر بر میزان پرولین گیاه عدس میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. حروف غیرمشترک بر روی ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

Fig. 4- Effect of water deficit and type of phosphorus fertilizer on proline content of lentil plant

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.



شکل ۵- برهمکنش اثر آبیاری و نوع و میزان کود فسفر بر کلروفیل کل گیاه عدس میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. حروف غیرمشترک بر روی ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

Fig. 5- Effect of water deficit and type of phosphorus fertilizer on total chlorophyll of lentil plant

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

انجوم و همکاران (Anjum et al., 2003) بیان داشتند که تنش خشکی تغییراتی در کلروفیل کل در گیاهان ایجاد می‌کند. کاپوره و نایک (Kapure & Naik, 2004) در بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر میزان کلروفیل برگ نخود زراعی اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل برگ شده است اما فسفر اثرات تنش را تعدیل کرده و راندمان مصرف آب و در نتیجه مقاومت به خشکی در گیاه افزایش یافته است. در بررسی حاضر نیز، مصرف کود زیستی و تیمار تنش شدید خشکی (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشک تبخیر) تا حدودی اثرات مستقیم و غیر مستقیم خشکی بر کاهش میزان کلروفیل برگ را خنثی نمود و در مقایسه با تیمار تنش خفیف خشکی و آبیاری معمول مانع کاهش میزان کلروفیل برگ شد (شکل ۵).

همبستگی بین صفات

در بررسی حاضر، بین عملکرد دانه عدس و تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت ($r = 0.825^{**}$). از طرف دیگر، بین تعداد غلاف در بوته با محتوای رطوبت نسبی همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.630^{**}$) و تعداد غلاف در بوته با میزان پرولین برگ عدس همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.638^{**}$) مشاهده گردید (جدول ۳). این نتایج بیان می‌دارد که تعداد غلاف در بوته در بین صفات زراعی بیشترین سهم را در تولید دانه عدس داشته است و تولید غلاف بیشتر در بوته خود به محتوای رطوبت نسبی و

پرولین برگ وابستگی داشته است و هر دو این صفات فیزیولوژیک در گیاه عدس تحت شرایط تنش خشکی قرار گرفته‌اند. بعبارت دیگر در بررسی حاضر، افزایش میزان پرولین تحت تأثیر تنش خشکی شدید و خفیف نسبت به آبیاری معمول (شکل ۴) از کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ عدس جلوگیری کرده است و البته مصرف کود شیمیایی فسفری نیز از شدت کاهش این صفات فیزیولوژیک نسبت به شرایط آبیاری معمول تا حدودی کم نموده است. گزارش شده گیاهانی که در پایان دوره تنش بتوانند محتوای نسبی آب برگ بالاتری را حفظ نمایند به لحاظ مقاومت به خشکی نیز برتر هستند (Nouri et al., 2011). مصرف کود زیستی نیز توام با تنش شدید خشکی (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشک تبخیر) تا حدودی تأثیر خشکی را بر کاهش میزان کلروفیل برگ خنثی نمود و در مقایسه با تیمار تنش خفیف خشکی و آبیاری معمول مانع کاهش میزان کلروفیل برگ شد (شکل ۵). در کل، با وجود برتری تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفری بر روی صفات میزان کلروفیل و اسید آمینه پرولین برگ و برتری کود زیستی بر صفت محتوای رطوبت نسبی برگ عدس، از نتایج حاصل در این بررسی، با توجه به دیدگاه کاهش مصرف کود شیمیایی به منظور حفظ محیط زیست و پایین آوردن هزینه‌های اقتصادی، می‌توان سطح ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفری توام با کود زیستی را برای گیاه عدس به ویژه در شرایط تنش شدید خشکی توصیه کرد.

جدول ۳- بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه در عدس
Table 3- Correlation between studied traits in lentil

	1	2	3	4	5	6
(۱) تعداد غلاف‌ها	1					
1- Pod number per plant						
(۲) عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	0.825 **	1				
2- Seed yield (kg/ha)						
(۳) پروتئین دانه (%)	- 0.609 *	- 0.510	1			
3- Seed protein (%)						
(۴) محتوای رطوبت نسبی (%)	0.630 *	0.505	- 0.427	1		
4- Relative water content (%)						
(۵) میزان پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	- 0.638 *	- 0.501	0.446	- 0.653 *	1	
5- Prolin content (mg.g ⁻¹ fw)						
(۶) کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	- 0.214	- 0.018	- 0.012	- 0.088	0.385	1
6- Total chlorophyll (mg.g ⁻¹ fw)						

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

نتیجه‌گیری

عملکرد دانه عدس نسبت به عدم مصرف کود شد. اگرچه بالاترین صفات تعداد غلاف در بوته، محتوای رطوبت نسبی برگ و میزان پرولین نیز در تیمارهای کود زیستی و تلفیق کود شیمیایی فسفری و

نتایج این بررسی نشان داد استفاده از کود تلفیقی (کود شیمیایی فسفری و کود زیستی) در شرایط تنش شدید خشکی سبب افزایش

عبارتی استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات (سودوموناس پوتیدا/ توام با/زیتوباکتر) موجب جذب بهتر عناصر غذایی خاک توسط گیاه گردیده در نتیجه اغلب صفات زراعی و فیزیولوژیک عدس تحت تأثیر معنی‌دار قرار گرفت و متعاقباً عملکرد دانه افزایش یافت.

زیستی در شرایط آبیاری معمول بدست آمد، با این وجود مصرف کود تلفیقی و کود زیستی به تنهایی توانست از کاهش محتوی رطوبت نسبی و میزان پرولین برگ عدس در شرایط تنش خشکی بکاهد و موجب افزایش مقاومت گیاه عدس نسبت به شرایط تنش شد. به

منابع

- Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O. Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yield. *Nigerian Journal of Plant Nutrition* 27: 1163-1181.
- Ahmadi Fard, M., Azizi, K., Ismaili, A. Heydari S., and Daraei Mofard, A. 2011. The effects of different fertilization methods on seed yield and components of lentil (*lens culinaris*) under Khoramabad climatic condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 4(40): 1-14. (In Persian with English Summary)
- Anjum, F., Yaseen, M., Rasul, E., Wahid, A., and Anjum, S. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 40: 45-49.
- Arnon, I. 1986. *Crop Production in Dry Regions*. Translated by Koocheki, A., and Alizadeh, A. Published by Mashhad University. Pp. 650.
- Arpana, N., Kumar, S.D., and Prasad, T.N. 2002. Effect of seed inoculation, fertility and irrigation on uptake of major nutrients and soil fertility status after harvest of late sown lentil. *Journal of Applied Biology* 12: 23-26.
- Bates, L.S., Waldren R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Efeoglu, B., Ekmekci, Y., and Cicek, N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany* 75: 34-42.
- Ehteshami, S.M.R., Aghaali khani, M., Khavazi, K., and Chaichi, M.R. 2007. Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms on quantitative and qualitative characteristics of Maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (Suppl 20): 3585-3591.
- Fathian, S. 2008. Physiological limitation to safflower photosynthesis under two different moisture regimes. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian with English Summary)
- Gholami, A., Akbari, A., and Abbasdokht, H. 2015. Study of application of biologic and organic fertilizer on growth and yield characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agroecology* 7(2): 215-224.
- Gull, M., Hafeez, F.Y., Saleem, M., and Mallik, K.A. 2004. Phosphate uptake and growth promotion of chickpea (*Cicer arietinum*) by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. *Australian Journal of Agricultural Research* 44(6): 623-628.
- Jalilian, J., Modarres- Sanavi, A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplementary irrigation on yield, yield components and protein content of four varieties of chickpea in rain fed condition. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 5: 42-51. (In Persian with English Summary)
- Jain, L.K., Singh, P., and Balyan, J.K. 2006. Productivity and profitability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivation as influenced by biofertilizers and phosphorus fertilization. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research Development* 21: 82-84.
- Kapure, R.M., and Naik, R.M. 2004. Effect of biofertilizers on N, P contents of leaves, available 'P' from soil, leghemoglobin and chlorophyll content in chickpea. *Journal of Soils and Crops* 14: 22-25.
- Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashoori, S. 2013. Effect of bio-fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, growth characteristics and quality of green bean (*Phaseolous vulgaris* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 23(3): 157-167.
- Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural Research* 137: 139-145.
- Mohammadpour Vashvayi, R., Glovy, M., Ramrodi, M., and Fakheri, B. 2015. Effect of drought stress and biologic fertilizer incubation on growth, yield and thymus (*Thymus vulgare* L.) oil composition. *Journal of Agroecology* 7(2): 237-253.
- Nouri, A., Etminan, A., Silva, J.A.T.D., and Mohammadi, R. 2011. Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat varieties (*Triticum turgidum* var. durum Desf.). *Australian Journal of Crop Science* 5: 8-16.
- Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. *Pulses*. Mashhad University. Mashhad, Iran. 522p. (In Persian)
- Puente, M.E., Bashan, Y., Li, C.Y., and Lebsky, V.K. 2004. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biology* 6: 629-642.

- Rezvani Moghaddam P., Norouzian A., and Seyyedi, S.M. 2015. Evaluation the effects of manure and mycorrhizal inoculation on grain and oil yield of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 7(3): 331-343. (In Persian with English Summary)
- Rodriguez, H., and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17: 319-339
- Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J., and Tandon, H.L.S. 2006. Plant Nutrition for Food Security. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16. Food and Agricultural Organization, Rome, p. 348.
- Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L., and De Andres, E.F. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and praline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research 59: 225-235.
- Sani, V.K., Bhandari, S.C., and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and Mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crop Research 89: 39-47
- Shivakumar, B.G., Balloli, S.S., and Saraf, C.S. 2004. Effect of sources and levels of phosphorus with and without seed inoculation on the performance of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.). Annals of Agricultural Research 25: 320-326.
- Somasegaran, P., and Hoben, H.J. 1994. Hand Book for Rhizobia: Methods in Legume-Rhizobium Technology. New York. Springer-Verlag, U.S.A.



Response of Lentil (*Lens culinaris* L.) Yield and Physiological Traits to Chemical and Bio-phosphorus Fertilizers under Different Irrigation Regimes

M. Mohammadi¹, M. Ghane², N. Majnoun Hoseini^{3*} and H. Moghaddam⁴

Submitted: 08-12-2016

Accepted: 31-05-2017

Ghane, M., Mohammadi, M., Majnoun Hoseini, N., and Moghaddam, H. 2019. Response of lentil (*Lens culinaris* L.) yield and physiological traits to chemical and bio-phosphorus fertilizers under different irrigation regimes. Journal of Agroecology. 10(4):1107-1120.

Introduction

Different studies in semi-arid regions showed that application of phosphorus fertilizers under drought stress conditions increased the crop yield. Most agricultural soils contain larger amount of fixed form of Phosphorus (P) than available P, a considerable part of which has accumulated as a consequence of regular applications of P fertilizers. Certain microorganisms such as phosphate solubilizing bacteria fungi, actinomycetes mostly those associated with the plant rhizosphere are known to convert insoluble inorganic phosphorus into soluble form that could be utilized by the plants. Among them, some phosphate-solubilizing bacteria (PSB) are being used as phosphatic biofertilizers for crop production. Phosphate solubilizing bacteria can solubilize fixed form of P to available form by the secretion of various kinds of organic acids, phosphatase enzyme, growth hormones etc. and increase availability of P to the plants. In this point of view, phosphatic biofertilizer may be used as an alternate option of chemical P fertilizer for lentil cultivation. Therefore, the present study was under taken to evaluate the effects of biofertilizer, chemical phosphorus and integrated application of fertilizers on yield and physiologic characteristics of lentil under drought and normal condition in karaj climate.

Materials and Methods

To evaluate the effect of drought stress on seed yield and physiological traits of lentil cultivar (Ziba) with chemical and bio phosphorus fertilizer, an experiment was conducted in split plot based on randomized complete blocks design CRBD design with four replications in research farm of University of Tehran (Karaj-Iran) during 2014-15. The main factor included three irrigation levels (irrigation after 70, 90 and 130 mm evaporation from open pan class A) and sub treatment were the kind of phosphorus fertilizers (100% super phosphate triple (P); bio-fertilizer; 50% P + bio-fertilizer; no p fertilizer and bio-fertilizer as a check) The bio-fertilizer contained co-inoculation of phosphobacterin (pseudomonas strains 93 & 187) and azotobactor. The characteristics recorded were no. of pods per plant, seed yield, seed protein content (%), relative water content (RWC), proline content and total leaf chlorophyll.

For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using SAS ver. 9.2 software.

Results and Discussion

Interaction effect of irrigation and type of fertilizer had significant effect on pod number per plant, protein percentage, relative water content, free proline and chlorophyll content. The results indicated that normal irrigation (irrigation after 70 mm evaporation from open pan class A) × integrated phosphorus fertilizer (50% P + inoculation with bio-fertilizer) gave the highest seed yield. Similarly, P and bio-fertilizers application under severe drought stress condition produced higher seed yield compared to other treatments. This can be explained that PB inoculation enhanced the solubilization of phosphates in rhizosphere soil of lentil which stimulated the native Rhizobium and attributed to increase the nodule number and weight ultimately that showed positive effects on other growth and yield attributes of lentil.

1- Ph.D. of Agronomy, Crop Physiology, Tabriz University, Tabriz, Iran

2- Ph.D. Student of Agronomy, Crop Physiology, Sari University, Mazandaran, Iran

3 and 4- Professor and Assistant Professor of Agronomy, Tehran University, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: mhoseini@ut.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.29972

However, for the RWC under normal irrigation $\times$ bio-fertilizer; for the total leaf chlorophyll under normal irrigation $\times$ 100% super phosphate triple; and for the proline content under severe drought stress $\times$ 100% super phosphate triple gave the highest values. With drought stress conditions, the leaf RWC and Proline contents reduced, which represented a relationship between these physiological traits and lentil seed yield.

Conclusion

In general, from the view of reducing chemical fertilizer uses to manner the environment-friendly and cost-saving cultivation, application of 50% P + seed inoculation with bio-fertilizer based on the result of this study is recommended.

Keywords: Bio-fertilizer, Chlorophyll, Drought stress, Lentil seed yield, Proline, Relative water contents



مدیریت علف‌های هرز با استفاده از کشت مخلوط غلات- لگوم

لیلا سلیمانپور^۱، روح‌اله نادری^{۲*}، احسان بیژن‌زاده^۳ و یحیی امام^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

سلیمانپور، ل، نادری، ر، بیژن‌زاده، ا، و امام، ی. ۱۳۹۷. مدیریت علف‌های هرز با استفاده از کشت مخلوط غلات- لگوم. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۳۴-۱۱۲۱.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط غلات- لگوم بر علف‌های هرز، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در دانشکده کشاورزی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. در این آزمایش ۱۶ تیمار (کشت خالص گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، تریتیکاله (*X Triticosecale* witmack)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) با و بدون علف‌هرز، و شش تیمار کشت مخلوط جایگزینی گندم- نخود، گندم- باقلا، جو- نخود، جو- باقلا، تریتیکاله- نخود و تریتیکاله- باقلا بدون کنترل علف‌هرز) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار بررسی شد. تیمارهای وجین به صورت دستی اعمال گردید. عملیات کاشت غلات و لگوم‌ها به صورت همزمان انجام شد. نتایج نشان داد که کمترین تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در تیمارهایی بود که جو حضور داشت. برای مثال، کمترین زیست‌توده نهایی علف‌های هرز در تیمارهای کشت خالص جو با علف‌هرز (۱ گرم در متر مربع)، کشت مخلوط جو + باقلا (۱۲/۶۷ گرم در متر مربع و کشت مخلوط جو + نخود (۵۶ گرم در متر مربع) مشاهده شد. کمترین تنوع گونه‌ای در تیمارهای جو + نخود (صفر) و جو با علف‌هرز (۰/۰۰۷) به‌دست آمد. به‌طور کلی، تنوع گونه‌ای در بسیاری از تیمارهای مخلوط مشابه یا کمتر از تیمارهای کشت خالص بدون کنترل علف‌هرز بود. در این آزمایش غلات رشد خوبی در مقایسه با علف‌های هرز و لگوم‌ها داشتند و توانستند رشد علف‌های هرز را در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای کشت خالص لگوم به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهند. بنابراین توصیه می‌شود که برای کاهش رشد علف‌های هرز در لگوم‌ها، از کشت مخلوط با غلات استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تریتیکاله، تنوع گونه‌ای، جو، کنترل طبیعی، گندم

مقدمه

عملکرد ناشی از علف‌های هرز ۱۵-۱۰ درصد عملکرد محصولات زراعی می‌باشد که در کشورهای در حال توسعه این خسارت بیشتر است (Koocheki et al., 2006). گسترش روزافزون مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، روند کند مصرفی علف‌کش‌های جدید و کنار گذاشتن علف‌کش‌های قدیمی نشان می‌دهد که در دهه‌های آینده، کشاورزان گزینه‌های کمتری از روش‌های کنترل شیمیایی در اختیار خواهند داشت. بنابراین ضروری است که روش‌های کنترل غیرشیمیایی جایگزین روش‌های شیمیایی شوند و نسبت به توسعه آنها اقدام شود (Najafi, 2014).

گرایش زیادی به توسعه روش‌های جایگزین علف‌کش‌ها در کنترل طبیعی علف‌های هرز در محصولات ارگانیک وجود دارد (Bilalis et al., 2010). یکی از روش‌های جایگزین علف‌کش‌ها برای مدیریت علف‌های هرز، کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط به تولید دو یا تعداد بیشتری گیاه زراعی به صورت همزمان در یک قطعه

در کاهش عملکرد محصولات کشاورزی عوامل متعددی مؤثرند و تردیدی نیست که علف‌های هرز جزء مهمترین عوامل کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌باشند (Eskandari & Alizadeh, 2016). کاهش عملکرد محصولات زراعی به دلیل تداخل علف‌های هرز به وسیله پژوهشگران زیادی از جمله نادری و غدیری (Naderi & Ghadiri, 2015) گزارش شده است. تلفات جهانی

- ۱- دانشجوی دکتری زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
 - ۲- دانشیار بخش زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شیراز
 - ۳- استاد بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
 - ۴- استاد بخش زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شیراز
- (*)- نویسنده مسئول: Email: naderi.ruhollah@gmail.com
DOI:10.22067/jag.v10i4.61421

زمین در طول یک فصل رشد گفته می‌شود (Sheaffer & Moncado, 2012) و یک راهکار زراعی می‌باشد که به علت استفاده کاراتر از منابع موجب تثبیت عملکرد می‌شود و روشی برای کاهش مشکلات ناشی از علف‌های هرز، حداقل‌سازی فقدان نیتروژن و کاهش فشار بیماری‌های گیاهی می‌باشد (Rezaei-Chiyaneh, 2016). کشت مخلوط تبدیل به یک روش مدیریت کشاورزی شده است که می‌تواند برای کاهش وابستگی به علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد (Banik et al., 2006). به‌عنوان مثال کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) با توجه به سرکوب علف‌های هرز نسبت به کشت خالص گندم کارآتر بود، که این امر به علت کاهش دسترسی منابع برای علف‌های هرز بود (Eskandari, 2011). در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) نیز کشت مخلوط در استفاده از منابع برتر از کشت خالص آنها بود (Rahaii et al., 2016). همچنین در آزمایشی بر تأثیر کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) بر علف‌های هرز گزارش شد که تراکم علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط به‌طور متوسط بیست درصد کمتر از تیمار کشت خالص نخود بود (Hamzei & Seyed, 2013). پژوهشگران دیگر نیز نشان دادند که کشت مخلوط گندم و شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum* L.) باعث کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص گندم شد (Campiglia et al., 2014). در آزمایش دیگر، کشت مخلوط گندم و نخود موجب کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص‌های گندم و نخود شد (Banik et al., 2006).

با توجه به اهمیت روزافزون کشاورزی پایدار و نقش آن در تولید محصول کافی و سالم، هدف از انجام این آزمایش ارزیابی کارایی کشت مخلوط غلات-لگوم بر کنترل پایدار علف‌های هرز در جنوب استان فارس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش برای بررسی تأثیر کشت مخلوط غلات-لگوم بر ساختار جمعیتی و زیست‌توده علف‌های هرز در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز به طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب ۵۴ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی، ۲۸ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۱۱۸۰ متر انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱۰ تیمار کشت خالص و شش تیمار کشت مخلوط جایگزینی به شرح زیر بود: کشت خالص گندم بدون علف‌هرز (M_1)، کشت خالص جو بدون علف‌هرز (M_2)، کشت خالص

تریتیکاله بدون علف‌هرز (M_3)، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز (M_4)، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز (M_5)، کشت خالص گندم با علف‌هرز (WM_1)، کشت خالص جو با علف‌هرز (WM_2)، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز (WM_3)، کشت خالص نخود با علف‌هرز (WM_4)، کشت خالص باقلا با علف‌هرز (WM_5)، کشت مخلوط گندم و نخود (I_1)، کشت مخلوط گندم و باقلا (I_2)، کشت مخلوط جو و نخود (I_3)، کشت مخلوط جو و باقلا (I_4)، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود (I_5) و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا (I_6) بدون کنترل علف‌هرز.

برای کشت غلات، گندم رقم چمران ۲، جو رقم یوسف و تریتیکاله رقم ET-8318 و برای کشت باقلا و نخود رقم بومی منطقه استفاده شد. یک هفته قبل از کاشت جوی و پشته‌هایی به عرض ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. ابعاد کرت‌ها، فاصله بین کرت‌ها و فاصله بین بلوک‌ها به‌ترتیب ۲×۳، نیم و یک متر بود. کاشت تمام گیاهان به‌صورت همزمان در تاریخ دو آذر ۱۳۹۳ انجام شد. بذرها در طرفین پشته‌ها کاشته شدند. در کرت‌های مخلوط نسبت غله-لگوم ۵۰:۵۰ به صورت جایگزینی در نظر گرفته شد. در شرایط کشت خالص تراکم بوته برای غلات، نخود و باقلا به‌ترتیب ۴۰۰، ۶۵ و ۳۵ بوته در متر مربع بود. در تیمارهای کشت مخلوط این میزان نصف شد.

خاک مزرعه لومی بود. بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) تنها کودی که در مزرعه استفاده شد کود اوره بود. اوره در دو مرحله (کاشت و سرک در مرحله ساقه رفتن غلات) بر اساس ۶۵ کیلوگرم در هکتار به تمام کرت‌ها اضافه شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز آبی گیاهان و شرایط اقلیمی منطقه صورت گرفت. دور آبیاری در ماه‌های بهمن و اسفند ۱۲ روز و در ماه‌های آذر، فروردین و اردیبهشت هشت روز بود. تیمار عاری از علف‌هرز به صورت وجین دستی اعمال گردید. وجین در دو مرحله پنجه‌زنی غلات و اوایل خوشه‌رفتن غلات انجام شد و پس از آن به عملیات وجین نیازی نبود. سطح نمونه‌برداری‌های طول فصل رشد به منظور تعیین نوع، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، نیم متر مربع بود و نمونه‌برداری به صورت تخریبی انجام شد. تراکم علف‌های هرز غالب مزرعه در جدول ۲ نشان داده شده است. برداشت نهایی در سطحی به اندازه یک متر مربع در تاریخ ۱۱ اردیبهشت برای غلات و باقلا و ۱۸ اردیبهشت برای نخود انجام شد. برای ارزیابی تنوع گونه‌ای از معادله (۱) استفاده شد:

شاخص تنوع گونه‌ای شانون (Ardakani, 2012) :

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \quad \text{معادله (۱)}$$

N = تعداد کل جمعیت گیاهی در هر کوادرات یک متر مربعی،

Ni = تعداد جمعیت گونه i و s تعداد کل گونه‌ها، H = شاخص تنوع گونه‌ای شانون؛ از مقدار عددی صفر تا ۵ متغیر است که هر چه بیشتر باشد تنوع گونه‌ای بیشتر است. این شاخص علاوه بر تنوع گونه‌ای، نشان‌دهنده نحوه توزیع جمعیت و تعادل بین افراد گونه‌ها می‌باشد. هر

چه توزیع گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد (تعداد افراد یا وفور گونه‌ها یکسان باشد) میزان پایداری و ثبات بیشتر است و در نتیجه تنوع گونه‌ای نیز بیشتر خواهد بود.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه آزمایش

Table 1- Results of soil test

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absoable K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	اشباع بازی (درصد) Base Saturation (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
0-15	4.11	150	52	0.04	8.88	7.54	2.64
15-30	7.3	100	60	0.04	8.88	7.64	1.59
عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling Depth (cm)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	شن (درصد) Sand (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mg (mg.kg ⁻¹)
0-15	40.16	18.76	41.08	0.06	1.48	1.69	4.87
15-30	40.16	18.76	41.08	0.12	1.7	1.63	1.91

جدول ۲- تراکم علف‌های هرز غالب در تیمارهای با حضور علف هرز (در مرحله دانه‌بستن غلات)

Table 2- Density of dominant weeds of weedy treatments (seed-filling stage of cereals)

تراکم علف هرز در تیمارهای با حضور علف هرز (متر مربع) Weed density of weedy treatments (m ²)												
نوع علف هرز Weed type	WM ₁	WM ₂	WM ₃	WM ₄	WM ₅	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	میانگین کل Total average
<i>Lolium rigidum</i>	232	30	114	229	165	146	82	186	25	141	218	143
<i>Avena sativa</i>	0	0	11	112	56	21	107	0	11	27	0	31
<i>Centaurea depressa</i>	0	0	11	24	0	5	16	0	5	32	5	9
<i>Fumaria officinalis</i>	0	0	5	8	24	5	0	0	0	0	11	5
<i>Setaria italica</i>	0	0	11	0	0	5	0	0	11	0	5	3
<i>Stellaria media</i>	8	0	0	8	8	0	0	0	5	0	0	3

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅: به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅: به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆: کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅: are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅: are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆: replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تراکم علف‌های هرز

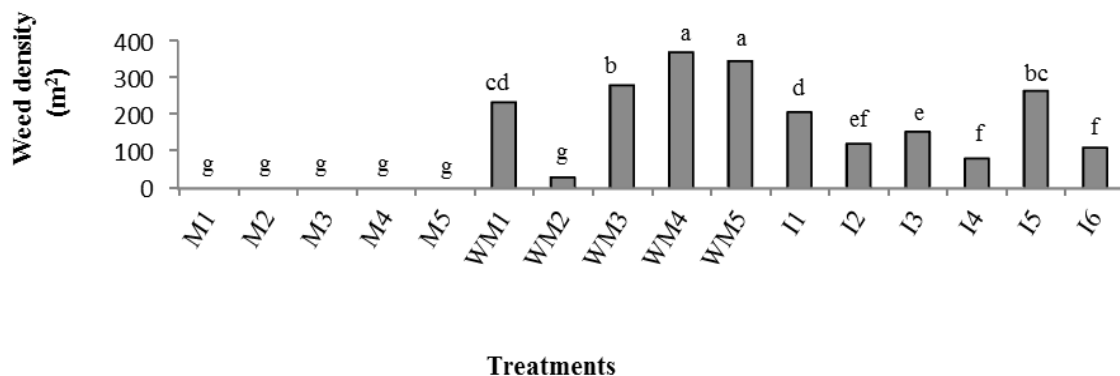
تراکم علف هرز در رقابت گیاه زراعی - علف‌هرز بسیار مهم است

در این آزمایش، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز اندازه‌گیری شد و شاخص تنوع علف‌های هرز (شانون) محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC ver. 2.1 (1991) تجزیه واریانس شد و برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel (2010) استفاده شد. مقایسات

علف‌های هرز داشتند، موجب شد که تراکم علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص لگوم‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یابد. در آزمایشی گزارش شد، کشت مخلوط جو و نخود، تراکم علف‌های هرز را نسبت به کشت خالص آنها کاهش داد (Hamzei & Seyed, 2013). ترتیکاله و جو به علت رشد بهتر، قدرت رقابت بیشتر، ارتفاع بوته بلندتر و بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز در کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به گندم موفق‌تر بودند. شدت کنترل علف هرز نه تنها در بین کشت‌های مخلوط مختلف بلکه بین کشت‌های مخلوط مشابه در مکان‌های مختلف و یا تحت مدیریت‌های مختلف نیز بسیار متغیر است (Altieri & Liebman, 1988). بیشترین تراکم علف‌های هرز در تیمارهای کشت خالص نخود با علف‌هرز (۳۷۰ بوته در متر مربع) و باقلا با علف‌هرز (۳۴۶ بوته در متر مربع) مشاهده شد که نشان‌دهنده قدرت رقابت ضعیف این لگوم‌ها به ویژه نخود در برابر علف‌های هرز می‌باشد. این امر به علت رشد دیرتر و کندتر این دو گیاه در اوایل فصل رشد می‌باشد. بنابراین، کشت مخلوط آنها با غلات می‌تواند از شدت هجوم علف‌های هرز در این گیاهان بکاهد. دن هالندر و همکاران (Den Hollander et al, 2007) در مطالعه خود روی چند گونه شبدر و تره فرنگی (*Allium porrum* L.)، کشت مخلوط را راه حل مناسبی برای کنترل علف‌های هرز دانستند.

(Rastgoo et al., 2005). نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای کاشت بر تراکم علف‌های هرز در مرحله دانه بستن غلات معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است پس از تیمارهای عاری از علف هرز، تیمار کشت خالص جو با علف هرز (۳۰ بوته در متر مربع)، کمترین تراکم علف هرز را داشت که می‌تواند به علت رشد سریعتر و ارتفاع بیشتر جو و همچنین پنجه‌زنی زیاد آن در اوایل فصل رشد و سایه‌اندازی بر علف‌های هرز باشد. شارما و بنیک (Sharma & Banik, 2013) بیان کردند که سایه‌اندازی گیاه غالب می‌تواند موجب تغییر در کیفیت نور و نوسانات دمایی و ممانعت از جوانه‌زنی برخی از بذرها علف هرز در سایه‌انداز آن شود. پس از تیمار کشت خالص جو با علف هرز، کمترین تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط جو + باقلا (۸۱ بوته در متر مربع) مشاهده شد. در مطالعه‌ای بر جمعیت علف‌های هرز در تک کشتی و کشت مخلوط نخود و جو گزارش شد که هرچه سهم گیاه جو در کشت مخلوط بیشتر شد، گیاه جو در رقابت با علف‌های هرز موفق‌تر عمل کرد (Poggio, 2005).

در آزمایش حاضر تیمارهای کشت مخلوط به جز جو + نخود و جو + باقلا، باعث کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمارهای کشت خالص با علف هرز گردید، به‌طوری که لگوم‌ها در ترکیب با غلات کاهش قابل ملاحظه‌ای در تراکم علف‌های هرز نشان دادند (شکل ۱). در حقیقت ترکیب غلات سریع‌الرشد و سرکوب‌کننده علف‌های هرز با لگوم‌های نخود و باقلا، که رشد ضعیف‌تری در برابر



شکل ۱- تأثیر تیمارهای الگوی کاشت بر تراکم علف‌های هرز (مرحله دانه بستن غلات)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص ترتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص ترتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط ترتیکاله و نخود و کشت مخلوط ترتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 1- The effect of planting pattern on weed density (seed filling of cereals)

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

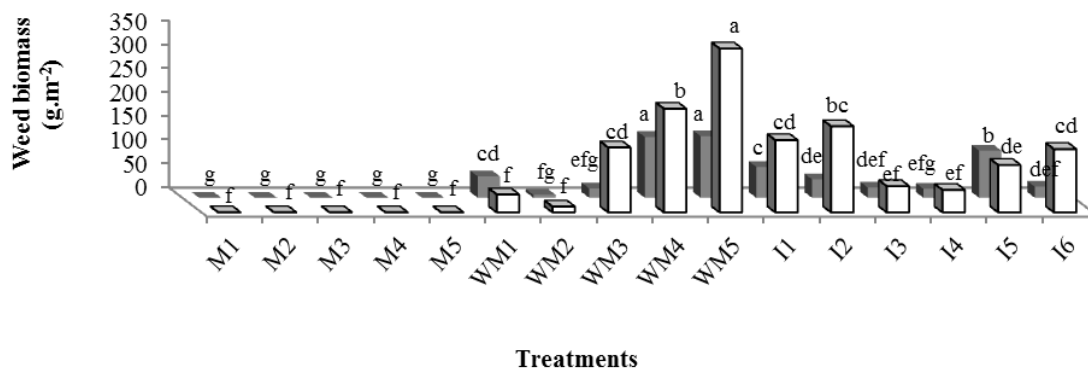
* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

خالص غلات نسبت به تیمارهای کشت مخلوط آنها با نخود و باقلا، دارای زیست‌توده علف‌هرز کمتری بودند. نتایج حاصل از آزمایش‌هایی که تأثیر کشت مخلوط‌های مختلف را بر علف‌های هرز بررسی کرده‌اند حاکی از این است که در بین گونه‌های مختلف زراعی تفاوت‌های زیادی از نظر توانایی کنترل علف‌های هرز وجود دارد (Abraham & Singh, 1984). این تفاوت‌ها در واقع ناشی از تفاوت‌ها در زمان و ماهیت جذب منابع است که می‌تواند به دلیل تفاوت گونه‌ها از نظر فنولوژی و شکل رشد باشد (Altieri & Liebman, 1988). به‌طور کلی، به علت قدرت ضعیف لگوم‌ها به‌ویژه نخود در رقابت با علف‌های هرز (Allahdadi et al., 2006)، مشاهده می‌شود که مخلوط آنها با غلات موجب کاهش زیست‌توده علف‌هرز در آنها شد. پژوهشگران دیگر نیز نشان دادند که هجوم علف‌های هرز در سامانه‌های کشت مخلوط کاهش می‌یابد (Fernandez et al., 2010; Lithourgidis & Dordas, 2010). بهترین تیمارهای کشت مخلوط برای کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در تمام طول فصل رشد کشت مخلوط جو + باقلا و جو + نخود بود.

زیست‌توده علف‌های هرز

تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های هرز معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در تمام فصل رشد بیشترین زیست‌توده علف‌های هرز در تیمارهای کشت خالص باقلا با علف‌هرز و کشت خالص نخود با علف‌هرز مشاهده شد. در ابتدای فصل رشد پس از تیمارهای عاری از علف‌هرز، کمترین زیست‌توده علف‌هرز مربوط به تیمارهای کشت خالص جو و گندم با علف‌هرز بود. در انتهای فصل رشد کمترین زیست‌توده علف‌هرز در تیمار کشت خالص جو با علف‌هرز مشاهده شد و پس از آن تیمارهای کشت خالص تربیتکاله با علف‌هرز و کشت مخلوط جو + باقلا کمترین زیست‌توده علف‌هرز را داشتند.

در این آزمایش جو و تربیتکاله به علت ویژگی‌های رشدی بهتر، توانستند علف‌های هرز را چه در کشت خالص و چه در تیمارهای مخلوط، تا حد زیادی کنترل کنند. به‌طور کلی تیمارهای کشت مخلوط باعث کاهش زیست‌توده علف‌هرز نسبت به کشت خالص لگوم‌ها شدند (شکل ۲). در آزمایشی مشاهده شد که کشت مخلوط جو و نخود باعث شد که تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز به‌ترتیب ۶۶/۴۹ و ۸۹/۸۹ درصد کاهش داد و موجب افزایش عملکرد در نخود گردید (Hamzei & Seyed, 2013). با این وجود تیمارهای کشت



شکل ۲- تأثیر تیمارهای الگوی کاشت بر زیست‌توده علف‌های هرز

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* □ نمونه‌برداری مرحله خوشه بستن غلات و ■ نمونه‌برداری مرحله دانه بستن غلات

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تربیتکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تربیتکاله با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تربیتکاله و نخود و کشت مخلوط تربیتکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 2- The effect of planting pattern on weed Biomass

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* □ Sampling at heading stage of cereals and ■ Sampling at seed filling stage of cereals

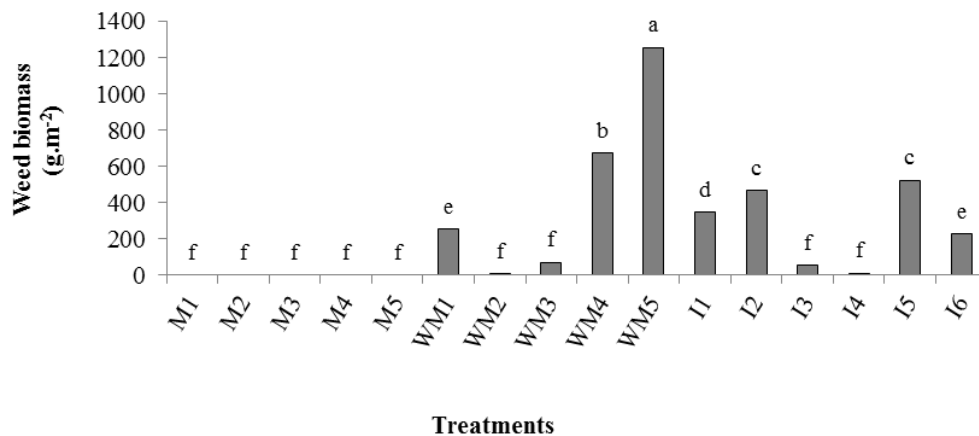
* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are

weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

ممکن است که کشت مخلوط همواره از نظر کنترل علف‌های هرز، از سیستم‌های کشت خالص برتر نباشد، اما به نظر می‌رسد که کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط حداقل برتر از یکی از اجزاء کشت مخلوط در سیستم کشت خالص باشد (Altieri & Liebman, 1988). در آزمایشی مشابه گزارش شد که کشت خالص ذرت نسبت به کشت خالص لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) کاهش عملکرد بیشتری را در مقایسه با کشت مخلوط آنها نشان داد که ناشی از علف‌های هرز بود (Koocheki et al., 2010). همچنین شارما و بنیک (Sharma & Banik, 2013) گزارش کردند که زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت-لگوم کمتر از کشت خالص آنها بود. آنها بیان کردند که به علت این که منابع مورد استفاده در کشت مخلوط و کشت خالص متفاوت است، زیست‌توده گیاهان زراعی و سرکوب رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص می‌باشد.

زیست‌توده نهایی علف‌های هرز

زیست‌توده علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (شکل ۳). پس از تیمارهای عاری از علف هرز، کمترین زیست‌توده علف‌های هرز در تیمارهای کشت خالص جو با علف‌هرز (یک گرم در مترمربع)، کشت مخلوط جو + باقلا (۱۲/۶۷ گرم در متر مربع)، کشت مخلوط جو + نخود (۵۶ گرم در متر مربع) و کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز (۷۲ گرم در متر مربع) مشاهده شد. بیشترین زیست‌توده علف‌های هرز نیز مربوط به تیمار باقلا با علف‌هرز (۱۲۶۰ گرم در متر مربع) و سپس نخود با علف‌هرز (۶۷۸/۳ گرم در متر مربع) بود. به‌طور کلی زیست‌توده علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط، مشابه یا به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص غلات بود، ولی نسبت به کشت خالص لگوم‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد. این نتایج به علت ویژگی‌های رشدی غلات از جمله جوانه‌زنی سریعتر، ظهور و رشد سریعتر، بسته شدن زودهنگام تاج پوشش، ارتفاع بلندتر و سایه‌اندازی بر علف‌های هرز بود. هر چند



شکل ۳- زیست‌توده علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای مختلف الگوی کاشت (برداشت نهایی)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 3- The effect of planting pattern on weed Biomass (Harvest stage)

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

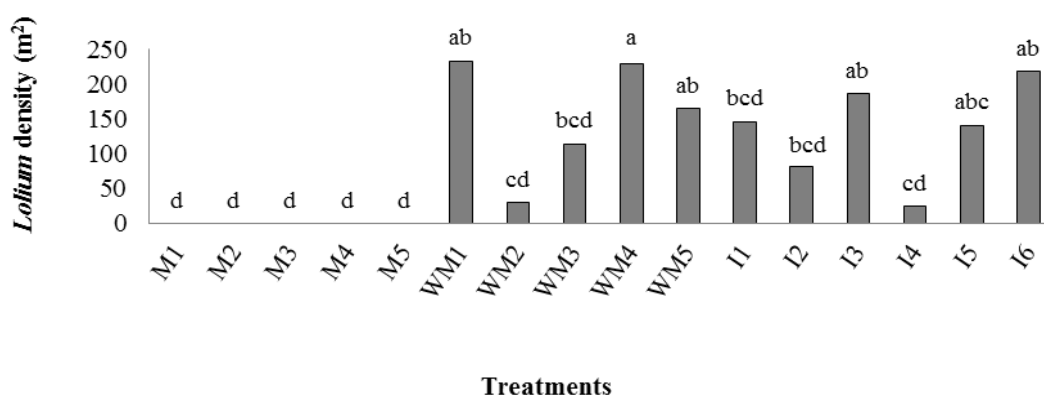
کرت‌های آزمایش بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش، نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌هرز چچم معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (شکل ۴). بیشترین تراکم چچم در تیمار

تراکم علف‌هرز چچم (*Lolium* spp.)

چچم (*Lolium rigidum* Gaud.) علف‌هرز غالب در بیشتر

دهند، به ویژه در مورد لگوم‌ها این کاهش بیشتر به چشم می‌خورد. کشت مخلوط بیشترین کاهش در گونه‌های غالب و نادر علف‌های هرز را نشان داد (Sharma & Banik, 2013). علف‌های هرز اغلب به وسیله رقابت گیاه زراعی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Agegnehu et al., 2007). در کشت ذرت به همراه نخود (*Cicer arietinum* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.)، کشت مخلوط باعث توقف سبز شدن علف‌های هرز مشکل آفرین گردید (Sharma & Banik, 2013). علت بالا بودن ضریب تغییرات این علف‌هرز، توزیع لکه‌ای و غیر یکنواخت علف‌های هرز در مزرعه می‌باشد.

کشت خالص نخود با علف‌هرز (۲۶۴ بوته در متر مربع) مشاهده شد، که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + باقلا (۲۳۲ بوته در متر مربع)، باقلا با علف هرز (۲۰۸ بوته در متر مربع)، گندم با علف هرز (۱۹۲ بوته در متر مربع) و کشت مخلوط جو + نخود (۱۸۴ بوته در متر مربع) نداشت. پس از تیمارهای عاری از علف‌هرز، کمترین تراکم چچم مربوط به تیمارهای جو با علف‌هرز (۳۲ بوته در متر مربع) و کشت مخلوط جو + باقلا (۵۰ بوته در متر مربع) بود. شارما و بنیک (Sharma & Banik, 2013) بیان کردند که گیاهان زراعی مختلف فراوانی علف‌های هرز غالب را به طور متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهند. تیمارهای کشت مخلوط توانسته‌اند که تراکم این علف‌هرز را نسبت به کشت خالص با علف‌هرز (به جز جو) کاهش



شکل ۴- تأثیر تیمارهای الگوی کاشت بر تراکم علف‌هرز چچم

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄ و I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 4- The effect of planting pattern on *Lolium* density

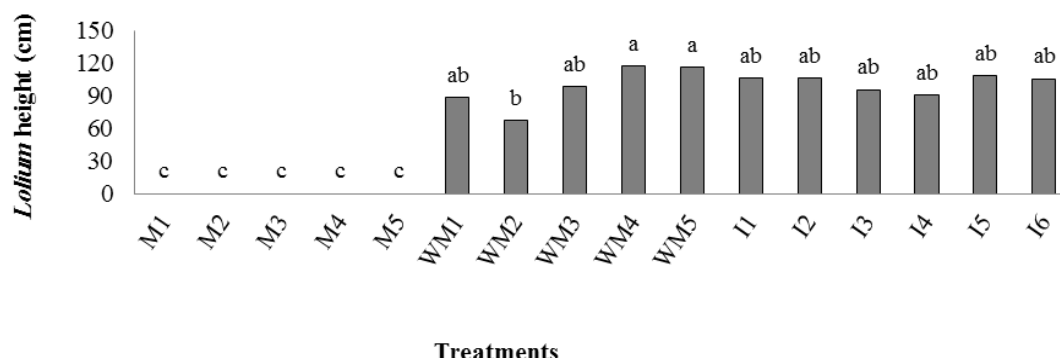
* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

در کنار نخود و باقلا باعث کاهش ارتفاع این علف‌هرز نسبت به کشت خالص لگوم‌ها شد.

ارتفاع علف‌هرز چچم

تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.01$) از تیمارهای آزمایش بر ارتفاع علف‌هرز چچم مشاهده شد (شکل ۵)، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع چچم مربوط به تیمارهای کشت خالص نخود با علف‌هرز (۱۱۴/۵ سانتی‌متر) و کشت خالص باقلا با علف‌هرز (۱۱۲/۵ سانتی‌متر) بود. پس از تیمارهای عاری از علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز (۷۱ سانتی‌متر) کمترین ارتفاع علف‌هرز چچم را نشان داد. گرچه بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از این لحاظ وجود نداشت، اما حضور غلات



شکل ۵- تأثیر تیمارهای الگوی کاشت بر ارتفاع علف‌هرز چچم

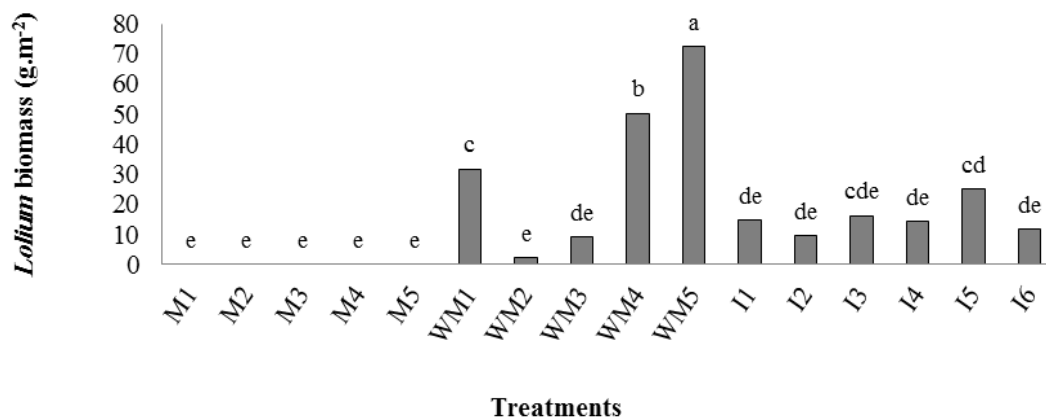
* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 5- The effect of planting pattern on *Lolium* height

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.



شکل ۶- تأثیر تیمارهای الگوی کاشت بر زیست‌توده علف‌هرز چچم

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 6- The effect of planting pattern on *Lolium* biomass

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat +

زیست‌توده علف‌هرز چچم

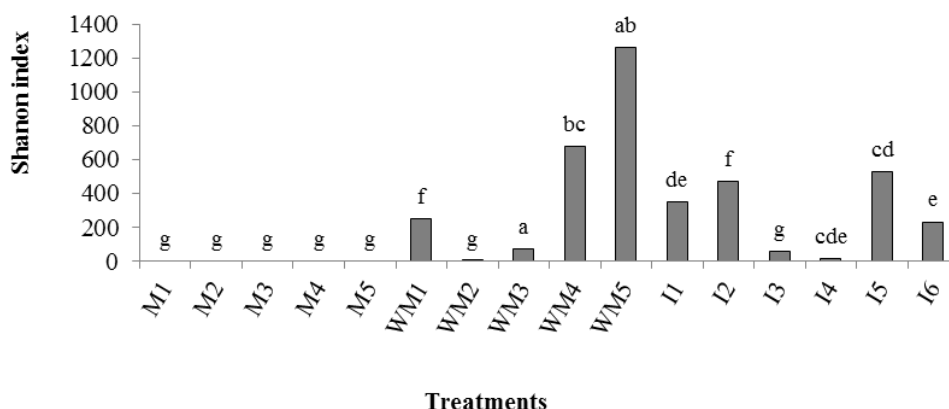
نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بین تیمارهای مختلف آزمایش از لحاظ زیست‌توده علف‌هرز چچم، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.01$). همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود بیشترین زیست‌توده چچم به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص باقلا (۷۲/۴۱ گرم در متر مربع)، نخود (۵۰/۳۱ گرم در متر مربع) و گندم (۳۱/۶۲ گرم در متر مربع) با علف‌هرز به‌دست آمد. کمترین زیست‌توده چچم نیز پس از تیمارهای عاری از علف‌هرز، در تیمار جو با حضور علف‌هرز (۲/۰۸۳ گرم در متر مربع) مشاهده شد. تیمارهای کشت مخلوط دارای زیست‌توده چچم کمتری نسبت به کشت خالص باقلا، نخود و گندم با حضور علف‌هرز بودند. در این آزمایش زیست‌توده چچم در کشت خالص گندم با علف‌هرز نسبت به کشت خالص جو و تریتیکاله با علف‌هرز بیشتر بود که به علت ارتفاع کمتر و رقابت ضعیف‌تر گندم نسبت به جو و تریتیکاله بود. در آزمایشی دیگر نیز مشاهده شد که قدرت رقابت گندم با علف‌هرز چچم کمتر از جو و تریتیکاله بود (Lemerle et al., 1995). یکی از مناسب‌ترین ابزار برای کنترل علف‌های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار کشت مخلوط می‌باشد (Gomes & Gurevitch, 2005).

شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های هرز (شاخص شانون)

آگاهی از تنوع گونه‌ای و ساختار جمعیت علف‌های هرز نقش مهمی در مدیریت گیاهان زراعی دارد. تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) از تیمارهای آزمایش بر تنوع گونه‌ای علف‌های هرز مشاهده شد (شکل ۷). بیشترین تنوع گونه‌ای در تیمار تریتیکاله با علف‌هرز (۱/۳۹) به دست آمد که با تیمار کشت خالص باقلا با علف‌هرز (۱/۲۸) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تنوع گونه‌ای در تیمارهای کشت مخلوط جو + نخود (صفر) و کشت خالص جو با علف‌هرز (۰/۰۰۷) به دست آمد. کاهش تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط می‌تواند به دلایل مختلف از جمله کاهش نور مورد نیاز برای علف‌های هرز، اشغال

فضای رشد، ترشحات آللوپاتیک یا افزایش زیست‌توده گیاهان زراعی باشد (Rostami et al., 2009).

در آزمایش حاضر تیمارهای شامل جو به علت رشد سریع جو و سایه‌اندازی بر علف‌های هرز و ترشح برخی مواد دگرآسیب‌مانند بنزوکسادین (Gianoli et al., 1998) توانستند علف‌های هرز را به خوبی کنترل کنند. آزمایش دیگر نیز نشان داد که تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط جو + نخود و کشت خالص جو یکسان بود (Allahdadi et al., 2006). همچنین مشاهده شد که جمعیت علف‌های هرز در کشت خالص نخود نسبت به سایر تیمارها تنوع بالاتری داشت (Allahdadi et al., 2006). به‌طور کلی در آزمایش حاضر، تنوع گونه‌ای در بسیاری از تیمارهای کشت مخلوط، مشابه یا کمتر از تیمارهای کشت خالص بدون کنترل علف‌هرز بود. به دلیل اینکه تفاوت در فراوانی و تنوع علف‌های هرز در مزرعه بسیار زیاد است، بنابراین تراکم نسبی علف‌های هرز با وجود معنی‌دار بودن، روند مشخصی بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا نداشت که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Rostami et al., 2009). پژوهشگران دیگر بیان کردند که کشت مخلوط تنوع گونه‌ای را از طریق کاهش فراوانی نسبی علف‌های هرز غالب تغییر می‌دهد (Sanjani et al., 2009). در آزمایشی گزارش شد که کشت مخلوط فراوانی و زیست‌توده علف‌های هرز را کاهش داد (Sharma & Banik, 2013). با توجه به اینکه تأثیر کشت مخلوط بر ویژگی‌های جمعیت در طولانی مدت قابل مشاهده است، بنابراین برای بررسی تنوع علف‌های هرز بهتر است که آزمایش‌های کشت مخلوط در چند سال تکرار شوند، همان‌گونه که شارما و بنیک (Sharma & Banik, 2013) اظهار داشتند که میزان تأثیر هر محصول بر کاهش تنوع، فراوانی و تولید اندام‌های رویشی علف‌های هرز، در ساختار جامعه علف‌های هرز در فصول و محصولات بعدی منعکس می‌شود.



شکل ۷- تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در تیمارهای مختلف الگوی کاشت

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۱ درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

* M₁, M₂, M₃, M₄ و M₅ به ترتیب کشت خالص گندم بدون علف‌هرز، کشت خالص جو بدون علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله بدون علف‌هرز، کشت خالص نخود بدون علف‌هرز، کشت خالص باقلا بدون علف‌هرز؛ WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ و WM₅ به ترتیب کشت خالص گندم با علف‌هرز، کشت خالص جو با علف‌هرز، کشت خالص تریتیکاله با علف‌هرز، کشت خالص نخود با علف‌هرز، کشت خالص باقلا با علف‌هرز؛ I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ و I₆ کشت مخلوط گندم و نخود، کشت مخلوط گندم و باقلا، کشت مخلوط جو و نخود، کشت مخلوط جو و باقلا، کشت مخلوط تریتیکاله و نخود و کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا بدون کنترل علف‌هرز.

Fig. 7- The effect of planting pattern on species diversity

* Means containing similar letters are not significantly different at $\alpha=0.01$ by Tukey test.

* M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ are weed free monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; WM₁, WM₂, WM₃, WM₄ and WM₅ are weedy monocultures of wheat, barley, triticale, pea, faba bean, respectively; I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ and I₆ replacement intercropping treatments of wheat + pea, wheat + faba bean, barley + pea, barley + faba bean, triticale + pea and triticale + faba bean without weed control, respectively.

نتیجه‌گیری

وجود کشت مخلوط یکی از راهکارهای کاهش علف‌های هرز در طولانی مدت می‌باشد و اثرات آن بر علف‌های در درازمدت بسیار بیشتر خواهد بود. برای کاهش رشد علف‌های هرز در باقلا و نخود، که قدرت رقابتی ضعیفی با علف‌های هرز دارند، کشت مخلوط آنها با غلات به ویژه جو و تریتیکاله، در منطقه جنوب استان فارس توصیه می‌شود.

به‌طور کلی تیمارهای کشت مخلوط باعث کاهش قابل ملاحظه تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به کشت خالص لگوم‌ها شدند. در این آزمایش جو و تریتیکاله به علت ویژگی‌های رشدی بهتر مانند رشد سریع، ارتفاع بلند و سایه‌اندازی بیشتر، توانستند علف‌های هرز را چه در کشت خالص و چه در تیمارهای کشت مخلوط، تا حد زیادی کنترل کنند. اگرچه کاهش رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط به ویژه در مقایسه با لگوم‌ها قابل چشم‌پوشی نیست، با این

منابع

- Abraham, C.T., and Singh, S.P. 1984. Weed management in sorghum-legume intercropping systems. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 103: 103-115.
- Agegehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2007. Cereal-faba bean mixed cropping: yield advantage and land use efficiency. Research Report 70. Ethiopian Institute of Agricultural Research.
- Allahdadi, A., Shirkhani, A., and Rahimian Mashhadi, H. 2006. Effect of weeds in chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield. Journal of Agriculture 8(2): 1-12. (In Persian with English Summary)
- Altieri, M., and Liebman, M. 1988. Weed Mangement in Agroecosystems Ecological approaches. CRC Press, USA 368 pp.
- Ardakani, M.R. 2012. Ecology. Tehran University Press, Tehran, Iran 340 pp. (In Persian)
- Banik, P., Midya, A., Sarkar B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

- Bilalis, D., Papastylianou, P., Konstantas, A., Patsiali, S., Karkanis, A., and Efthimiadou, A. 2010. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. *International Journal of Pest Management* 56: 173-181.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Baresel, J.P. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum Desf.*) and subclover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. *Field Crops Research* 169: 49-57.
- Den Hollander, N.G., Bastiaans, I., and Kropff, M.J. 2007. Clover and cover crop for weed suppression in an intercropping design. II: Competitive ability of several clover species. *European Journal of Agronomy* 26: 104-112.
- Eskandari, H. 2011. Intercropping of wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*): Effects of complementarity and competition of intercrop components in resource consumption on dry matter production and weed growth. *African Journal of Biotechnology* 10 (77): 17755-17762.
- Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. *Journal of Agroecology* 8(2): 227-240. (In Persian with English Summary)
- Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D. 2010. Intercropping with berseem clover (*Trifolium alexanderinum* L.) reduces infection by *Orabanche crenata* in legumes. *Crop Protection* 29: 867-871.
- Gianoli, E., and Niemeyer, H.M. 1998. DIBOA in wild Poaceae: Source of resistance to the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) and the greenbug (*Schizaphis graminum*). *Euphytica* 102: 317-321.
- Gomes, P., and Gurevitch, J. 2005. Weed community responses in a corn-soybean intercrop. *Opulus Press* 1: 281-288.
- Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Effect of intercropped barley on weed suppression in chickpea-barley intercropping systems. *Journal of Agronomy and Plant Production* 4(5): 884-891.
- Koocheki, A., Kamkar, B., Jami Alahmadi, M., Mahdavi Damghani, A., Farsi, M., Rezvan, P., and Barzegar, A. 2006. *Agricultural Biodiversity*. University of Mashhad Press, Mashhad. (In Persian)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amir Moradi, S., and Mondani, F. 2010. Effect of strip intercropping maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on dry matter yield and land equivalent ratio under weedy and weed-free conditions. *Journal of Agroecology* 2(2): 235-225. (In Persian with English Summary)
- Lemerle, D., Verbeek, B., and Coombes, B. 1995. Losses in grain yield of winter wheat crop from *Lolium rigidum* Competition depend on cultivar and season. *Weed Research* 35: 505-513.
- Lithourgidis, A.S., and Dordas, C.A. 2010. Forage yield, growth rate and nitrogen uptake of wheat, barley and rye-faba bean intercrops in three seeding ratio. *Crop Science* 50: 2148-2158.
- Naderi, R., and Ghadiri, H. 2015. Effects of manure, municipal waste compost and nitrogen on weed communities in corn (*Zea mays*). *Iranian Journal of Agricultural Research* 34: 1-7.
- Najafi, M. 2014. *Non-chemical methods of weed management*. Pak Pendar Press, Karaj, Iran 320 pp.
- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 48-58.
- Rahaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mousavi Nik, S.M. 2016. Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. *Journal of Agroecology* 7(4): 473-484. (In Persian with English Summary)
- Rastgoo, M., Ghanbari, A., Banayan, M., and Rahimiyan, H. 2005. Effects of amount and timing of nitrogen application and weed density on wild mustard (*Sinapis arvensis*) seed production in winter wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 45-56. (In Persian with English Summary).
- Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.), and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agroecology* 8(2): 263-280. (In Persian with English Summary)
- Rostami, L., Mondani, F., Khoramdel, S., Koocheki, A., and Nasiri Mahalati, M. 2009. Effect of various corn and bean intercropping densities on crop yield and weed populations. *Weed Research Journal* 1(2): 37-51. (In Persian with English Summary)
- Sanjani, S., Hosseini, S.M.B., Chaichi, M.R., and Bidokhti, Sh. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 85-95. (In Persian)
- Sharma, R.C., and Banik, P. 2013. Baby corn- legumes intercropping system: II Weed dynamics and community structure. *NJAS- Wageningen. Journal of Life Sciences* 67: 11-18.
- Sheaffer, C.C., and Moncado, K.M. 2012. *Introduction to Agronomy: Food, Crops, and Environment*. Second Edition. Clifton Park, New York USA.



Ecological Weed Management in Cereal-legume Intercropping

L. Soleimanpour¹, R. Naderi^{2*}, E. Bijanzadeh³ and Y. Emam⁴

Submitted: 03-07-2017

Accepted: 16-04-2014

Soleimanpour, L., Naderi, R., Bijanzadeh, E., and Emam, Y. 2019. Ecological weed management in cereal-legume intercropping. Journal of Agroecology. 10(4):1121-1134.

Introduction

Several factors affect the crop yield and weeds are among the most important factors reducing crop yields. There are high tendency to develop alternative methods of herbicides for natural control of weeds in organic products. One of the alternative methods to manage weeds is intercropping. Intercropping is growing two or more crops simultaneously in a piece of land during a growing season. The objectives of the present study were to examine the effect of cereal- legume intercropping on weeds growth.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in College of Agriculture of Darab, Shiraz University during 2014-2015. In the experiment 16 treatments (five weed free monocultures of wheat (M₁), barley (M₂), triticale (M₃), pea (M₄), faba bean (M₅), 5 weedy monocultures of wheat (WM₁), barley (WM₂), triticale (WM₃), pea (WM₄), faba bean (WM₅), and six replacement intercropping treatments of wheat + pea (I₁), wheat + faba bean (I₂), barley + pea (I₃), barley + faba bean (I₄), triticale + pea (I₅) and triticale + faba bean (I₆) without weed control) using a randomized complete block design (RCBD) with three replicates were studied. Cereals and legumes were planted simultaneously at 23 November 2014. Planting operation was conducted on both sides of the ridges.

Weed diversity was calculated by Shannon diversity index:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

N=Total number of plants in each plot of one square meter, N_i= number of species i plants, S= total number of species, and H= Shannon diversity index. This index value ranging from zero to five, higher index value, greater diversity.

Results and Discussion

The results showed that the lowest density and biomass of weeds were obtained in both sole culture and intercropping of barley. For instance, the lowest weed biomass was observed in monoculture of weedy barley (1 g.m⁻²), intercropping of barley + faba bean (12.67 g.m⁻²) and intercropping of barley + pea (56 g.m⁻²). The weed density at weed free sole culture of barley (30 plants.m⁻²) was lowest that followed by barley + faba bean intercropping (81 plants per m⁻²). The lowest species weed diversity was obtained in barley + pea (zero) and weedy barley (0.007), respectively. The weed diversity of most intercropping treatments was similar or less than that of weedy sole culture. In General, pea or faba bean monoculture had greatest weeds density and biomass, because slow growth and late seedling establishment. However, cereals especially barley controlled weeds properly, due to greater growth rate, higher height and greater density than those of legumes. Intercropping of pea and faba bean with cereals reduced weeds growth and had lower weeds density and biomass than those of pea and faba bean weedy monocultures. In order to increase of legume yields, more density of legume should be intercropped with cereals.

۱- PhD Student of Agronomy, College of Agriculture and Natural Resources of Karaj, Tehran University, Tehran, Iran.

2-Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz, Iran.

3- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran.

4- Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(*- Corresponding Author Email: naderi.ruhollah@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.61421

Conclusion

In general, intercropping treatments caused a significant decrease in weeds density and biomass compared to the legumes monoculture. In this experiment barley and triticale due to good properties such as fast growth, high plant height and more shading could considerably control weeds in both monoculture and intercropping treatments, reducing significantly weeds density and biomass in itself sole culture and intercropping treatments. To reduce the weeds growth in faba bean and pea, which have a poor competitive ability with weeds, intercropping with cereals, especially barley and triticale, in the south of Fars province is recommended. However, intercropping is one of the ways to reduce weeds in the long term and its effects on weeds in the long period will be much more.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, to finance the project and all those who helped us in this project.

Keywords: Barley, Natural control, Species diversity, Triticale, Wheat



ارزیابی زیست محیطی سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) استان گلستان

رضا عارفی^{۱*}، افشین سلطانی^۲ و حسین عجم نوری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

عارفی، ر.، سلطانی، ا.، و عجم نوری، ح. ۱۳۹۷. ارزیابی زیست محیطی سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰ (۴): ۱۱۴۸-۱۱۳۵.

چکیده

مصرف سموم خسارت ناشی از آفات و بیماری را کاهش می‌دهد، ولی در عوض آلودگی محیط زیست، انسان، دام، آبزیان، حشرات و غیره را سبب می‌شود. این مقاله اثرات منفی سموم مورد استفاده در مزارع پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) را با استفاده از مدل EIQ مورد بحث و بررسی قرار داد است. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف سموم بیشترین تأثیر را در بین سه مؤلفه اصلی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و جزء اکولوژیک بر بخش اکولوژیک که شامل اجزاء آبزیان، زنبورها، موجودات مفید و پرندگان بود داشت. در بین حشره‌کش‌های مورد استفاده، پروفنوس (کواکرون) و تیودیکارپ (لاروین) دارای بیشترین ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای بودند. بیشترین ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای در بین علف‌کش‌ها مربوط به تریفورالین (ترفلان) بود. بین میزان شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه‌ای آفت‌کش‌ها و عملکرد پنبه رابطه‌ای مثبت معنی‌دار و مستقیمی وجود داشت. این عبارت بدان معنی نیست که افزایش عملکرد مستلزم استفاده بیشتر از سموم می‌باشد بلکه از طریق راه‌های مختلف میزان عملکرد اقتصادی را حفظ و اثرات مخرب زیست محیطی سموم را کاهش داد اجرا سیستم‌های مدیریتی مختلف مبارزه تلفیقی آفات و علف‌های هرز جهت کاهش مصرف سموم توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش‌ها، ضریب اثر محیطی، علف‌کش‌ها، کنترل شیمیایی

مقدمه

موجود مانند مواد معدنی و گیاهی برای مبارزه استفاده می‌کرد. تا قبل از شروع جنگ جهانی دوم بیشتر مواد شیمیایی استفاده شده بر علیه آفات از مواد معدنی چون آرسنیک و گوگرد بودند و به‌طور همزمان، استفاده از گیاهانی مانند گل پیرتروم (*Tanacetum coccineum* L.)، نیکوتین و روتنون نیز مرسوم بود. در دهه ۱۹۴۰ میلادی «انقلاب حشره‌کش‌ها» بوقوع پیوست. افزایش عملکرد محصولات و رسیدن به خودکفایی بدون در نظر گرفتن مخاطرات زیست‌محیطی، قطعاً تأثیرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست خواهد گذاشت (Deihimfard et al., 2007).

هر چند قدم‌هایی برای کاهش آفت‌کش‌های شیمیایی و مصرف آنها برداشته شده، اما همچنان در شمار آلاینده‌های مهم محیط زیست محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که هر روزه آلودگی منابع آب و خاک به‌وسیله سموم دفع آفات و بیماری‌های گیاهی در طبیعت ما اتفاق می‌افتد و همچنین مشکلات زیادی از نظر بهداشت و سلامت

هر ماده‌شیمیایی که وارد محیط‌زیست می‌شود، تأثیرات مخربی روی آن دارد. علف‌کش‌ها و سموم دفع آفات نیز به علت آن که از مواد شیمیایی ساخته شده‌اند، از این امر مستثنی نیستند. در طول تاریخ بعضی از بندهایان بعنوان دشمن انسان در جهت کاهش محصولات کشاورزی و ناقل بیماری‌ها شناخته شده‌اند و انسان از آغاز پیدایش و بویژه از آغاز متمدن شدن، همواره به دنبال روش‌های مقابله با این دشمنان بوده است. در زمان‌های قدیم انسان از مواد طبیعی

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

۲- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*)- نویسنده مسئول: arefi.reza@yahoo.com (Email:)

DOI:10.22067/jag.v10i4.61847

ارزیابی مخاطرات زیست محیطی استفاده از حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران بیشترین مخاطرات زیست محیطی ناشی از حشره‌کش‌ها را در هر هکتار زمین زیر کشت در استان‌های کرمان، مازندران و گلستان بیشتر از سایر استان‌ها گزارش کردند.

کرومان و همکاران (Kromann et al., 2011) از روش‌های مدیریت تلفیقی آفات در تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در کشورهای اکوادور و پرو طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ جهت کاهش شاخص تأثیر زیست محیطی استفاده کردند. این محققین شاخص تأثیر زیست محیطی در ارزیابی خود بسیار تأثیرگذار و نیز اعلام کردند در مزارعی که از چندین روش برای کنترل آفات استفاده شده است، این شاخص در حداقل خود و در حدود ۴۰ و در مزارعی که به صورت رایج مدیریت می‌شوند، این شاخص حداکثر نمره ۱۲۳۵ را به خود اختصاص داده است. ایوریاتی و همکاران (Loriattie et al., 2011) نیز از شاخص تأثیر زیست محیطی برای ارزیابی مخاطرات زیست محیطی سیب (*Malus pumila* L.) در سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ میلادی استفاده کردند و علل کاهش مخاطرات زیست محیطی را استفاده از سموم انتخابی، تکنولوژی‌های سازگار با محیط زیست و کنترل زراعی آفات اعلام نمودند. در تحقیقی که سند و همکاران (Sande et al., 2011) بر اثرات زیست محیطی آفت‌کش‌های مورد استفاده جهت تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در فلوریدا انجام داد بیشترین تأثیر سموم را بر کارگران و بندپایان مفید و کمترین تأثیر بر ماهی‌ها و مصرف‌کنندگان گزارش کردند. در ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIQ) ارقام سنتی پنبه و رقم BT پنبه در شمال هند توسط مال و همکاران (Mal et al., 2011) نشان داد کشت رقم BT پنبه را از نظر میزان خطر، آسیب کمتری به محیط زیست وارد می‌کند. ماچاریا و همکاران (Macharia et al., 2009) در بررسی اثرات زیست محیطی آفت‌کش‌های مورد استفاده در تولید سبزیجات در کنیا اثرات زیست محیطی سموم را منفی و میانگین شاخص اثرات زیست محیطی را ۲۲/۶ و برای کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان به ترتیب ۸۲ و ۳۷ گزارش کردند.

بزرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) در تحقیقی بر اثرات زیست محیطی کاربرد آفت‌کش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقد در استان خراسان با استفاده از روش EIQ اعلام کردند که فشار زیست محیطی وارد بر سه جزء کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و جزء اکولوژیک بود که بیشترین اثر منفی کاربرد آفت‌کش‌ها مربوط به جزء اکولوژیک یعنی اثر بر موجودات زنده بوم‌نظام بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و مقدار کمی ماده مؤثره رابطه‌ای با عملکرد نداشت. بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) در بررسی اثرات زیست محیطی تولید گوجه فرنگی با روش EIQ نشان دادند که حشره‌کش‌ها بیشترین فشار را بر محیط زیست وارد می‌کنند. با

کاربران، کارگران مزرعه و مصرف‌کننده و موجودات مفید را به دنبال دارند (Whelan et al., 2005). با وجود آنکه کارشناسان حفظ نباتات به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست به سموم شیمیایی، راهکارهای دیگری به غیر از کاربرد سموم برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی به کشاورزان و باغداران توصیه می‌کنند، اما هنوز هم انتخاب این روش اولویت نخست آنان است امروزه تمایلات زیادی برای برآورد اثرات مخرب زیست محیطی سموم کشاورزی وجود دارد. برای دستیابی به این هدف باید مخاطرات ناشی از استفاده سموم دفع آفات شیمیایی را به صورت جز به جز بررسی نمود (Levitani et al., 1997; Maud et al., 2001; Levitan, 1997). سموم شیمیایی در زمان تولید، فروش، استفاده در مزرعه و در نهایت به صورت بقایا در مواد غذایی مخاطرات زیست محیطی متعددی بروز می‌دهند. تعیین میزان خطر استفاده از آفت‌کش‌ها به دلیل اطلاعات کمی و اغلب اوقات ذهنی، پیچیده و دشوار می‌باشد (Peterson & Schleier, 2014; Dushoff et al., 1994). شناسایی تمامی روابط زیست محیطی متأثر جهت استفاده از آفت‌کش‌ها مهم است. خطرات آفت‌کش‌ها همیشه به صورت اطلاعاتی ناقص بوده و خواص اثرات زیست محیطی می‌بایستی به صورت فرضیاتی شفاف، مفهومی و محاسباتی قابل بیان باشد (Peterson et al., 2014). با استفاده از مدل سازی می‌توان میزان آلودگی ایجاد شده در قسمت‌های مختلف اکوسیستم را مشخص کرد و به عنوان ابزاری جهت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی استفاده کرد (Holvoet, 2006). جهت ارزیابی میزان تأثیر سموم بر محیط زیست روشی به نام 'EIQ' (شاخص تأثیر زیست محیطی آفت‌کش‌ها) وجود دارد که میزان سموم و مواد شیمیایی وارده به طبیعت را ارزش گذاری می‌کند و میزان تأثیر آن را بر کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و موجودات زنده مفید مورد بررسی قرار می‌دهد (Kovach et al., 2010). شاخص تأثیر زیست محیطی حتی با کمبود اطلاعات که یکی از مهمترین مشکلات کشورهای در حال توسعه می‌باشد قابل اندازه گیری است (Feola et al., 2011). در تحقیقات زیادی از EIQ برای بررسی اثرات زیست محیطی سموم استفاده شده است (Brimner et al., 2005; Sikkema et al., 2007; Deihimfard et al., 2007; Soltani et al., 2007; Soltani et al., 2010).

تورگان و اردوغان (Turgut & Erdogan, 2005) میزان آلودگی زیست محیطی ناشی از سموم مورد استفاده در تولید پنبه در آنگان ترکیه را مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که میزان تأثیرپذیری دو جز اکولوژیک کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان بیشتر بود. معین‌الدین و همکاران (Moien Aldin et al., 2014) در بررسی

معادله (۱)
$$+ (B * P * 5) \} / 3$$

که در آن، DT: سمیت پوستی، C: سمیت مزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیت برای ماهی‌ها، L: پتانسیل آبشویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیت برای زنبور عسل، B: سمیت برای بندپایان سودمند و P: نیمه عمر سطح گیاه است هر جز استفاده شده در فرمول شاخص اثرات زیست محیطی برای اکثر سموم رایج توسط کوآچ و همکاران (Kovach et al., 1992) محاسبه گردید است به‌طور مثال ضریب سمیت علف‌کش ترفلان برای زنبور، ۳ برآورد گردیده است.

برای علف‌کش سوپرگالانت مقدار EIQ یافت نشد چراکه احتمالاً به دلیل خطرات سمیت شدید مصرف آن، این علف‌کش در آمریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی دیگر ثبت نشده است. بنابراین، میانگین مقادیر متوسط علف‌کش‌ها برای EIQ کل و اجزای آن استفاده شد که احتمالاً از مقدار اثر واقعی آن کمتر است. از این روش در برخی دیگر از پژوهش‌ها برای محاسبه EIQ استفاده شده است (Bindraban, 2009; Fisher & Tozer, 2009) برای حشره‌کش‌های فن‌پروپاترین و پروفنوس مقدار EIQ یافت نشد و از میانگین مقادیر آفت‌کش‌ها استفاده شد. پس از محاسبه مقادیر EIQ بر اساس ماده مؤثره هر آفت‌کش برای مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین آفت‌کش‌ها و برنامه‌های مختلف مدیریت آفات، شاخص EIQ نرخ کاربرد مزرعه (EIQ-FUR) از حاصل ضرب مقادیر EIQ میزان ماده مؤثره هر آفت‌کش و میانگین میزان مصرف آفت‌کش در ۱۰۰ مزرعه نمونه محاسبه گردید (Soltani et al., 2010). در نهایت مقادیر EIQ-FUR برای آفت‌کش‌های مختلف بکار رفته در هر مکان نظام، برای تعیین اثر زیست‌محیطی هر استراژی و نظام تولیدی در مدیریت آفات جمع زده شدند. تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۲ ضرایب سمیت قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها حاصل از نتایج تحقیق بر سموم مورد استفاده در کشت پنبه در استان گلستان را نشان می‌دهد برای مؤلفه‌های تأثیر بر کارگران سم‌پاش، کارگران برداشت‌کننده، افراد مصرف‌کننده محصول، تأثیر بر آب‌های زیرزمینی، آبزیان، پرندگان، زنبورها، موجودات سودمند و سه مؤلفه اصلی محاسبه و نشان داده شده است. در بین سه مؤلفه اصلی تأثیر بر کارگران مزرعه، جز اکولوژیک و مصرف‌کنندگان بخش اکولوژیک بیشترین تأثیر را با ۷۱ درصد پذیرفته بود و اثر بر کارگران مزرعه با ۲۲ درصد در رتبه بعدی قرار داشت (شکل ۱) و کمترین تأثیر مربوط به جز مصرف‌کننده بود.

توجه به روند فزاینده مصرف سموم در کشاورزی، لازم است اثرات زیست‌محیطی آن مورد بررسی قرار گیرد. هدف این تحقیق بررسی اثرات زیست محیطی سموم مصرفی در مزارع پنبه استان گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۰۰ مزرعه پنبه در اطراف شهرهای علی‌آباد و آق‌قلا واقع در استان گلستان در دو سال زراعی ۹۳ و ۹۴ انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که طیفی مختلفی از کشاورزان را در برگیرند. اطلاعات مربوط به سموم مختلف جهت مبارزه با آفات (حشرات و کنه‌های خسارت‌زا، قارچ‌های بیماری‌گر) و علف‌کش‌ها برحسب نوع سم، تعداد بار سم‌پاشی و غلظت ماده مؤثر از این مزارع جمع‌آوری شد. مشخصات سموم (آفت‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی آفت‌کش‌های مورد استفاده در این مطالعه از روش EIQ (فشار زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها) استفاده شد (Kovach et al., 1992; Kovach et al., 2004; Kovach et al., 2010). دو نوع شاخص تأثیر زیست‌محیطی وجود دارد یکی شاخص تأثیرات زیست‌محیطی پایه‌ای می‌باشد که برای هر مولکول از ماده مؤثر سموم گیاهی و اثر سمی آن بر روی کارگران، مصرف‌کنندگان، ماهی‌ها، پرندگان، زنبورها و بندپایان مفید محاسبه گردیده است و دیگری به نام شاخص زیست‌محیطی مزرعه‌ای می‌باشد که از شاخص زیست محیطی پایه‌ای و میزان مصرف سموم در مزرعه بدست می‌آید (Feola et al., 2011).

مقدار EIQ پایه‌ای از سه جز ۱) آسیب بر سلامت کارگران مزرعه ۲) آسیب بر مصرف‌کنندگان ۳) آسیب بر بخش اکولوژیک تشکیل شده است و هر بخش از جمع زیر مجموعه‌های دیگری به وجود می‌آید. بخش آسیب بر سلامت کارگران از دو بخش اثر مستقیم بر کارگران و اثر از طریق گیاه بر کارگران مزرعه می‌باشد. آسیب بر مصرف‌کنندگان از دو بخش در معرض قرار گرفتن مصرف‌کنندگان و اثرات آبشویی و بخش اکولوژیک از بخش‌های تأثیر شیمیایی بر ماهی‌ها، پرندگان، زنبورها و جانوران مفصل‌دار مفید تشکیل شده است (Soltani, 2010). جزئیات محاسبه هر یک از این سه بخش توسط کوآچ و همکاران (۱۹۹۲) ارائه شده است. در نهایت مدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست‌محیطی را به صورت یک عدد از طریق معادله‌ای مبتنی بر سه جز اصلی گفته شده ارائه می‌دهد. معادله تعیین مقدار EIQ برای هر آفت‌کش در معادله ۱ آورده شده است (Stenrod, 2010).

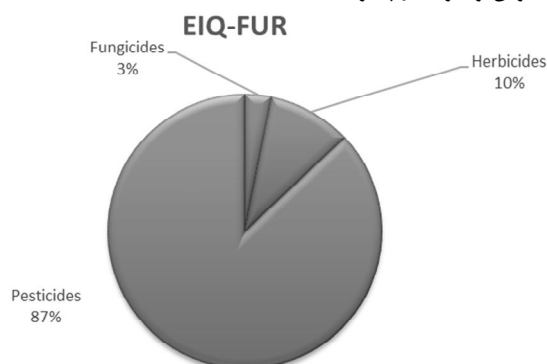
$$EIQ = \{C [(DT * 5) + (DT * P)] + [(C * ((S+P)/2) * SY) + (L)] + [(F * R) + (D * ((S+P)/2) * 3) + (Z * P * 3)]$$

جدول ۱- اطلاعات مربوط به آفتکشی‌های مورد استفاده در تولید پنبه در استان گلستان ایران (Noorbakhsh et al., 2012)

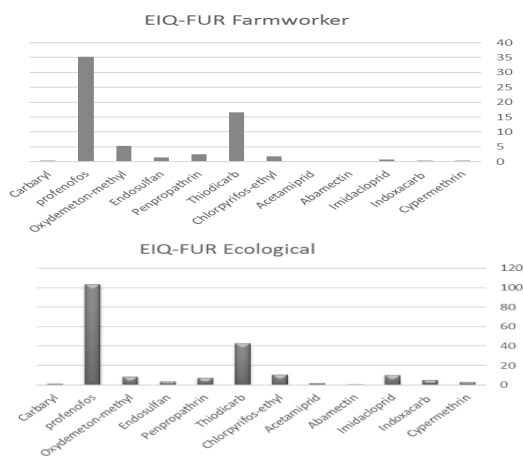
Table 1- Information on pesticides used in cotton production in Golestan province of Iran (Noorbakhsh et al., 2012)

شماره	کلاس	نام عمومی	نام تجاری	ماده موثره (درصد)	میانگین مصرف (کیلوگرم در هکتار)
Number	Class	Common name	Trade Name	Effective material (Percent)	Average consumption (kg.ha ⁻¹)
1	قارچ کش Fungicides	کربوکسیل Carboxin	ویتاواکس تیرام Vitavax	75	0.22
2	علف کش Herbicides	تریفلورالین Trifluralin	ترفلان Treflan	48	1.00
3	علف کش Herbicides	اتال فلورالین Ethelfluralin	سونالان Sonolan	33	0.15
4	علف کش Herbicides	هالوکسی فوب - آرمتیل استر Haloxyp-R methyl ester	گالانت سوپر Gallant sapper	80	0.10
5	حشره کش Pesticides	سایپر مترین Cypermethrin	ریپکورد Ripcord	40	0.11
6	حشره کش Pesticides	ایندوکساکارت Indoxacarb	اوانت Avaunt	15	0.29
7	حشره کش Pesticides	ایمیدا کلوپرید Imidacloprid	کنفیدور Confidor	35	0.33
8	حشره کش Pesticides	ابامکتین Abamectin	ورتیمک Vertimec	1.8	0.16
9	حشره کش Pesticides	استامی پراید Acetamiprid	موسپیلان Mospilan	20	0.13
10	حشره کش Pesticides	کلروپیریفوس-اتیل Chlorpyrifos-ethyl	دورسپان Dursban	40	0.25
11	حشره کش Pesticides	تیودیکارپ Thiodicarb	لاروین Larvin	80	1.16
12	حشره کش Pesticides	فن پروپاترین Penpropathrin	دانیتول Danitol	10	0.45
13	حشره کش Pesticides	آندوسولفان Endosulfan	تiodان Thiodan	35	0.12
14	حشره کش Pesticides	متاسیتوکس Oxydemeton-methyl	متاسیستوکس Metasystox-R	25	0.27
15	حشره کش Pesticides	پروفنفسوس profenofos	کواکرون Covaceron	50	1.027
16	حشره کش Pesticides	کارباریل Carbaryl	سوین Sevin	85	0.03

شکل ۲ سهم هر نوع از سموم استفاده شده را در تولید پنبه نشان می‌دهد بیشترین EIQ-FUR مربوط به حشره‌کش‌ها با ضریب ۹۳/۳۶ و ۸۷ درصد از کل می‌باشد و علف‌کش‌ها در رتبه بعدی قرار دارند. بیشترین شاخص تأثیرات زیست محیطی در حشره‌کش‌های مورد استفاده در بین سه مؤلفه اصلی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و جز اکولوژیک و نیز مقدار کل شاخص تأثیرات مربوط به حشره‌کش پروفنفس و تیودیکارپ بود.



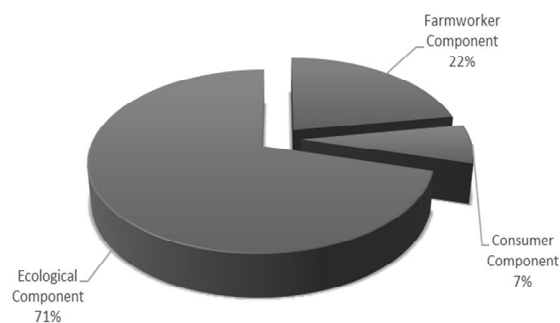
شکل ۲- سهم هر یک از سموم قارچ‌کش، علف‌کش و حشره‌کش حاصل از تجزیه تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده در تولید پنبه
Fig. 2- The share of each of pesticides fungicides, herbicides and insecticides derived from analysis of data collected in cotton production



شکل ۳- مقدار شاخص تأثیرات زیست محیطی هر یک از آفت‌کش‌های مورد استفاده در پنبه

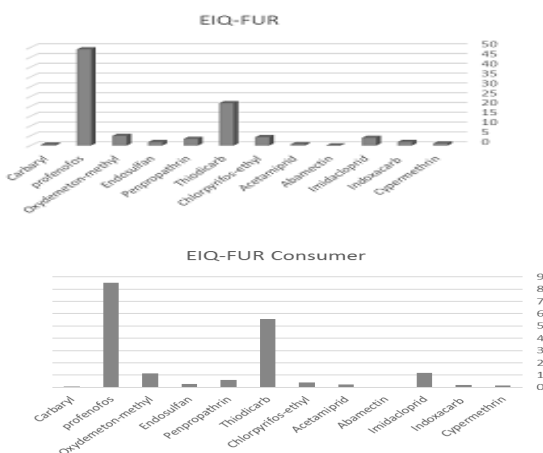
Fig. 3- Environmental Impact each of pesticides used in cotton

مقدار شاخص تأثیرات محیطی کل (بالا سمت راست) / The total environmental impact Quotient (top right)
 مقدار شاخص تأثیرات زیست محیطی بر جز کارگران مزرعه (بالا سمت چپ) / Environmental influences on the Quotient farm workers (top left)
 مقدار شاخص تأثیرات زیست محیطی بر جز اکولوژیک (پایین سمت راست) / Environmental influences on the Ecological value (lower right)
 مقدار تأثیرات زیست محیطی بر جز مصرف‌کننده (پایین سمت چپ) / The environmental impact on the consumer (bottom left)



شکل ۱- سهم هر قسمت از مدل EIQ-FUR
Fig. 1- The contribution of each part of the model EIQ-FUR

در تحقیقاتی که بذگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) بر اثرات زیست محیطی چغندر در استان خراسان و بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) بر اثرات زیست محیطی سموم بر گوجه فرنگی انجام داده بودند به نتایج مشابهی دست یافتند. در بین سموم مورد استفاده در تولید پنبه در این تحقیق بیشترین EIQ-FUR مربوط به حشره‌کش پروفنفس (کواکرون) و کمترین EIQ-FUR مربوط به حشره‌کش ابامکتین بود (جدول ۲). یکی از دلایل بیشتر بودن ضریب زیست محیطی مزرعه‌ای کواکرون نسبت به سایر سموم، میانگین میزان مصرف (کیلوگرم در هکتار) بیشتر و تمایل بیشتر کشاورزان به استفاده از این سم نسبت به سایر سموم می‌باشد بیشترین میانگین مصرف با ۱/۲۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به کواکرون و حشره‌کش لاروین در رتبه بعدی قرار دارد (جدول ۱).



جدول ۲- شاخص تاثیر زیست محیطی مزرعهای (EQ-FUR) و اجزای آن برای سموم مورد استفاده در تولید پنبه در استان گلستان
Table 2- The environmental impact quotient (EQ- FUR) and its components for pesticides used in cotton production in Golestan province

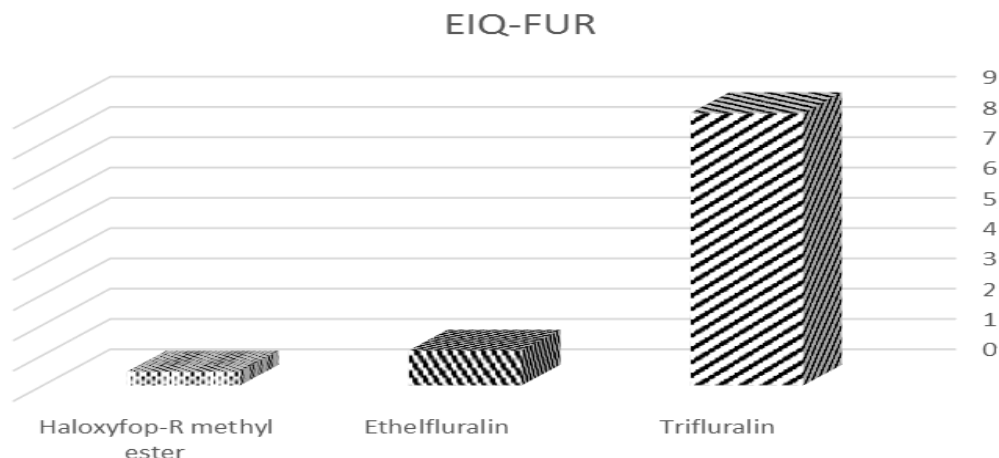
ردیف	کلاس	نام عمومی	نام تجاری	Trade Name	Applicator effects	Picker effects	Consumer effects	Ground water	Aquatic effects	Brid effects	Bee effects	Beneficials effects	Farmworker component	Consumer component	Ecological component	شاخص اثر محیطی
Number	Class	Common name	Trade Name	Applicator effects	Picker effects	Consumer effects	Ground water	Aquatic effects	Brid effects	Bee effects	Beneficials effects	Farmworker component	Consumer component	Ecological component	EQ-FUR	
1	Fungicides	کربوکسیل	ویتاواکس تیرام	Vitavax	1.26	0.25	0.75	0.17	2.51	2.51	0.50	2.07	1.51	0.92	7.59	3.34
2	Herbicides	تریفلورالین	تریفلان	Treflan	3.58	0.72	2.15	0.48	11.94	4.30	1.43	2.39	4.30	2.63	20.06	8.99
3	Herbicides	اتال فلوآلین	سونلان	Sonolan	0.62	0.12	0.25	2.39	1.24	0.30	0.15	0.74	0.74	0.30	2.43	1.16
4	Herbicides	هالوکسی فوب - آر متیل استر	گالات سور	Gallant sapper	0.20	0.09	0.08	0.06	0.14	0.17	0.15	0.50	0.29	0.14	0.95	0.46
5	Pesticides	سایپرمترین	ریپکورد	Ripcord	0.30	0.06	0.12	2.75	1.00	0.24	0.60	0.92	0.36	0.16	2.76	1.09
6	Pesticides	ایندوکساکارت	اوانت	Avant	0.22	0.13	0.17	0.04	1.09	1.57	1.17	1.21	0.35	0.22	5.04	1.87
7	Pesticides	ایمیداکلوپرید	کنفیدور	Confidor	0.57	0.22	0.84	6.21	0.34	2.51	3.24	3.86	0.78	1.18	9.95	3.97

ادامه جدول ۲
Continued Table 2

ردیف	کلاس	نام عمومی	نام تجاری	نام سمپاش	کارگر سمپاش	برداشت کننده	مصرف کننده	آب زیر زمینی	آبیاری	پرندگان	زنبور	موجودات سودمند	جز اثر بر کارگران مزرعه	جز اثر بر مصرف کنندگان و آبپویی	جز اثرات اکولوژیک	شاخص اثر محیطی
Number	Class	Common name	Trade Name	Applicator effects	Picker effects	Consumer effects	Ground water	Aquatic effects	Bird effects	Bee effects	Beneficials effects	Farmworker component	Consumer component	Ecological component	EIQ-FUR	
8	Pesticides	ایمکتین	ورتیک	0.09	0.02	0.01	0.00	0.07	0.05	0.04	0.04	0.10	0.01	0.21	0.11	
9	Pesticides	آبامکتین	Vertimec													
		امستامی پراید	Mospilan	0.13	0.05	0.12	0.13	0.03	0.35	0.45	0.88	0.18	0.25	1.71	0.71	
10	Pesticides	کلرپیریفوس-اتیل	دورسبان	1.47	0.29	0.29	0.10	2.45	4.41	1.47	2.31	1.76	0.39	10.64	4.26	
11	Pesticides	کلرپیریفوس-اتیل	Dursban													
		تودیکارب	Larvin	13.88	2.78	2.78	45.90	8.33	2.78	8.33	23.14	16.66	5.55	42.58	21.60	
12	Pesticides	فن پروپاترین	دانیتول	1.78	0.69	0.43	0.16	1.30	1.49	1.62	2.83	2.47	0.60	7.25	3.44	
13	Pesticides	پنپروپاترین	Danitol													
		آندوسولفان	Thiodan	1.26	0.25	0.25	0.04	1.05	1.13	0.38	0.93	1.51	0.29	3.49	1.77	
14	Pesticides	متاسیتوکس	متاسیتوکس-R	3.31	1.99	0.80	0.33	0.20	1.19	2.98	4.11	5.30	1.13	8.49	4.97	

ادامه جدول ۲
Continued Table 2

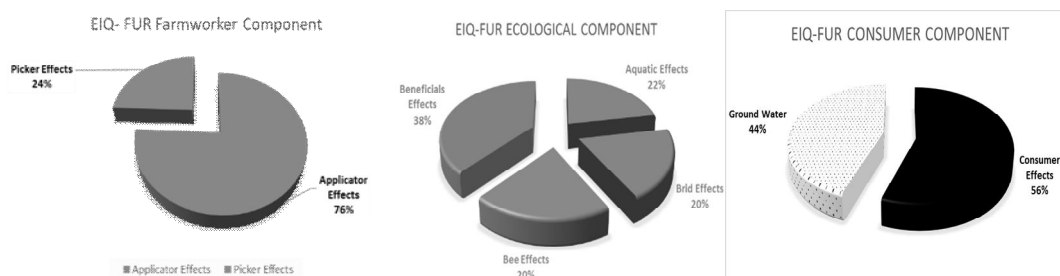
ردیف Number	کلاس Class	نام عمومی Common name	نام تجاری Trade Name	کارگر سم پاش Applicator effects	برداشت کننده Picker effects	مصرف کننده Consumer effects	آب زیر زمینی Ground water	آبیان Aquatic effects	پرنده‌گان Brid effects	زنبور Bee effects	موجودات سودمند Beneficials effects	جز اثر بر کارگر ملزعه Farmworker component	جز اثر بر مصرف کنندگان و آبجوی Consumer component	جز اثرات اکولوژیک Ecological component	شاخص اثر محیطی EQ-FUR
15	حشره کش Pesticides	پروپنوکس profenofos	کواکرون Covacron	25.34	9.84	6.13	2.32	18.55	21.29	23.17	40.40	35.19	8.52	103.42	49.04
16	حشره کش Pesticides	کارباریل Carbaryl	سوف Sevin	0.26	0.05	0.05	0.03	0.23	0.08	0.38	0.53	0.31	0.08	1.22	0.53
قارچ کش ها Fungicides				1.26	0.25	0.75	0.17	2.51	2.51	0.50	2.07	1.51	0.92	7.59	3.34
علف کش ها Herbicides				4.40	0.93	2.47	2.92	13.32	4.76	1.73	3.63	5.33	3.06	23.44	10.61
حشره کش ها Pesticides				48.61	16.37	11.98	58.02	34.64	37.09	43.85	81.17	64.97	18.38	196.74	93.36
کل Total				54.26	17.55	15.21	61.11	50.47	44.36	46.08	86.86	71.81	22.36	227.77	107.31



شکل ۴- مقدار تأثیرات زیست محیطی هر یک از علف‌کش‌های مورد استفاده در مزارع پنبه
Fig. 4- The environmental effects of herbicides used in cotton fields

کل اثرات زیست محیطی سموم مورد استفاده در مزارع پنبه مربوط به علف‌کش‌ها می‌باشد در بین علف‌کش‌ها بیشترین مصرف مربوط به علف‌کش تریفلورالین بود.

در بین سه علف‌کش مورد استفاده تریفلورالین (ترفلان)، اتال فلورالین (سونالان) و هالوکسی فوپ ار متیل استر (سوپر گالانت) بیشترین تأثیرات زیست محیطی مربوط به علف‌کش تریفلورالین با میانگین ۸/۹۹ در بین مزارع کشت پنبه بود البته مقدار ۱۰ درصد از

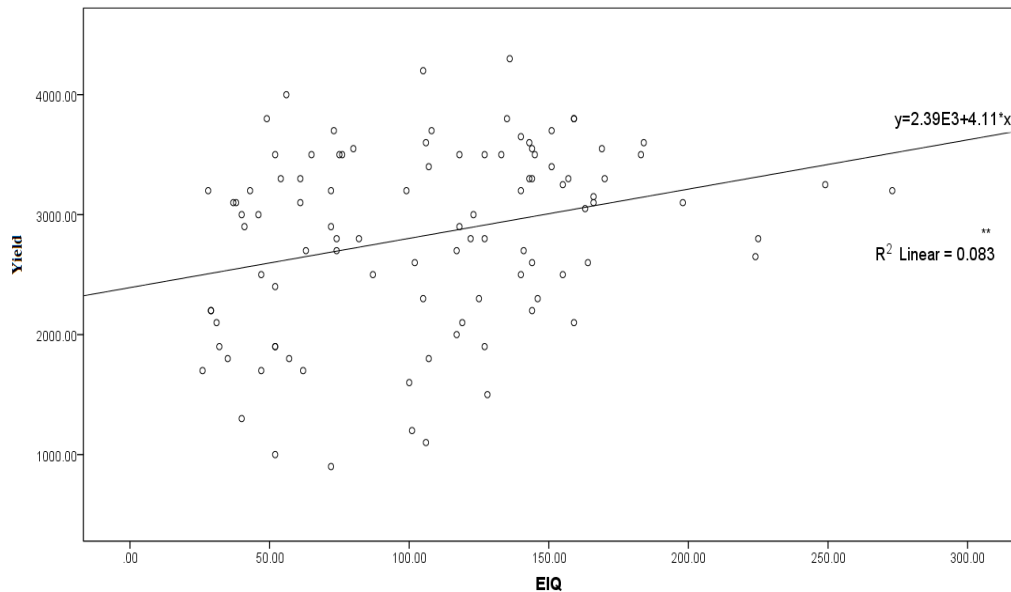


شکل ۵- سهم هر یک از بخش‌های مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار بر محیط زیست (سمت راست) جز اثر اکولوژیک (شکل وسط) جز کارگران مزرعه (سمت چپ) جز مصرف‌کنندگان

Fig. 5- The share of each of the main components affecting the environment. (right) the ecological effect (Figure C) of the farm workers (left) consumer sector

نسبت به سایر بخش‌ها می‌باشد. در بررسی معین الدین و همکاران (Moienoddini et al., 2014) بر شاخص تأثیر زیست محیطی و اجزای آن بر سموم حشره‌کش ثبت شده در ایران، بیشترین تأثیر در مؤلفه اصلی کارگران مزرعه مربوط به کارگران سم‌پاش و در بخش مصرف‌کنندگان بیشترین تأثیر را مربوط به موجودات مصرف‌کننده اعلام و در بین سه مؤلفه اصلی بیشترین تأثیر، تأثیرات بر بخش اکولوژیک گزارش گردید.

بخش اکولوژیک از تأثیر بر چهار بخش موجودات مفید، زنبورها، پرندگان و آبزیان تشکیل گردیده که سموم مورد استفاده بیشترین تأثیر را بر موجودات مفید با ۳۸ درصد از کل تأثیرات سموم بر مؤلفه اصلی اکولوژیک داشت و بیشترین تأثیر در مؤلفه اصلی کارگران مزرعه مربوط به کارگران سم‌پاش و در جز مصرف‌کنندگان بیشترین تأثیرات مربوط به موجودات مصرف‌کننده می‌باشد (شکل ۵). این به دلیل بیشتر بودن ضریب تأثیر زیست محیطی پایه سموم در بخش‌های موجودات مفید، کارگران مزرعه و بخش مصرف‌کنندگان



شکل ۶- رابطه بین میزان EIQ مزرعه ای و عملکرد مزارع پنبه
Fig. 6- EIQ relationship between the field and the Cotton fields

افزایش مدیریت مزرعه و زمان مناسب سم‌پاشی به عبارتی سم‌پاشی زمان حساس بون لارو به سم، از مصرف بیش از حد آن کاسته شود. در بین سموم مصرفی بیشترین تأثیر را در بین سه مؤلفه اصلی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و جز اکولوژیک بر بخش اکولوژیک که شامل اجزاء آبزیان، زنبورها، موجودات مفید و پرندگان داشتند علاوه بر آن نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان عملکرد رابطه مستقیمی با اثرات مخرب زیست محیطی سموم دارد این عبارت بدان معنی نیست که افزایش عملکرد مستلزم استفاده بیشتر از سموم می‌باشد بلکه از طریق راه‌های مختلف میزان عملکرد اقتصادی را حفظ و اثرات مخرب زیست محیطی سموم را کاهش داد جهت کاهش مصرف آفت‌کش‌ها می‌توان روش‌های مبارزه بیولوژیک را در کشور افزایش داد، اگر چه روش‌های بیولوژیک با همه مزیت‌های زیست محیطی که دارند، چون اثر آن درازمدت است کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما بی شک نباید با هدف نتیجه‌گیری سریع‌تر، با استفاده وسیع از سموم دفع آفات نباتی به محیط زیست آسیب رساند. استفاده از ارقام مقاوم به آفات، اصلاح ساختار مصرف سموم شیمیایی و حذف سموم پرخطر از لیست سموم مصرفی، اجرا عملیات مبارزه زراعی زمستانه، انهدام علف‌های هرز، شخم عمیق، آب تخت زمستانه و زهکشی مناسب راه‌های دیگر کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و نیز کاهش هزینه‌های زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد.

شکل ۶ نشان می‌دهد که بین میزان EIQ مزرعه‌ای و عملکرد پنبه رابطه‌ای بسیار معنی‌دار و مستقیمی در سطح یک درصد وجود دارد گرچه پراکندگی نقاط در اطراف خط زیاد بود و افزایش عملکرد در این تحقیق رابطه مستقیمی با اثرات مخرب زیست محیطی سموم دارد، اما امکان بهبود کارکرد زیست محیطی تولید پنبه از طریق حذف سموم پرخطر، جایگزین کردن سمومی با ماده مؤثر کمتر و تأثیر گذارتر، برنامه‌ریزی مناسب در زمان سم‌پاشی و سایر روش‌ها، آفات و علف‌های هرز را کنترل و نیز عملکرد اقتصادی را افزایش داد. نتایج تحقیقات سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2010) در بررسی مزارع گندم و نیز بزرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2011) در بررسی مزارع چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) نشان داد که بین مصرف سموم با عملکرد رابطه معنی‌دار وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

بنابراین، می‌توان از نتایج این پژوهش چنین دریافت که بیشترین اثرات زیست محیطی ناشی از سموم کشاورزی در تولید پنبه مربوط به حشره‌کش‌ها می‌باشد و بیشترین آفت‌کش‌های مورد استفاده که سبب افزایش شاخص تأثیر زیست محیطی سموم شدند آفت‌کش‌های کوکرون و لاروین بودند که جهت کنترل آفت کرم قوزه پنبه مورد استفاده قرار می‌گرفتند که استفاده از روش‌های بیولوژیک مانند استفاده از زنبور تریکوگراما و براکون مصرف این سم را کاهش و یا با

منابع

- Bazrgar, A.B, Soltani, A., Kochehi, A.S.R., Zainali, A., and Ghaemi, A.S.R. 2013. Environmental impact of different pesticides in the production of sugar beet in Khorasan using EIQ. *Journal of Agroecology* 5: 122-133. (In Persian with English Summary)
- Bindraban, P.S., Frank, D.O., Ferraro, A.C., Ghera, C.M., Lotz, L.A.P., Nepomuceno, A., Smulders, M.J.M., and Vande Wiel, C.C.M. 2009. GM- related sustainability: agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil, Report 259, Plant research international B.V., Wageningen. Available in: <http://edepot.wur.nl/7954>.
- Brimner, T.A., Gallivan, G.J., and Stephenson, G.R. 2005. Influence of herbicide-resistant canola on the environmental impact of weed management. *Pest Management Science* 61: 47-52.
- Bues, R., Bussi eres, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I., and Lyannaz, J.P. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture Ecosystems and Environment* 102: 155-162.
- Deihimfard, R., Zand, E., Damghani, A.M., and Soufizadeh, S. 2007. Herbicide risk assessment during the wheat Self-sufficiency Project in Iran. *Pest Management Science* 63: 1036 -1045.
- Dushoff, J., Caldwell, B., and Mohler, C.L. 1994. Evaluating the environmental effect of pesticides: A critique of the environmental impact quotient. *American Entomologist* 40: 180-184.
- Feola, G., Rahn, E., and Binde, C.R. 2011. Suitability of pesticide risk indicators for Less Developed Countries: A comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142: 238- 245.
- Fisher, J., and Tozer, P. 2009. Evaluation of the environmental and economic impact of roundup ready® canola in the western Australian crop production systems, Technical Report (11/2009), Curtin University of Technology Muresk, School of Agriculture and Environment Northam WA 6401 Australia.
- Ioriatti, C., Agnello, A.M., Martini, F., and Kovachk, J. 2011. Evaluation of 330 the environmental impact of apple pest control strategies using pesticide risk indicators. *Integrated Environmental Assessment and Management* 9999: 1-8.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin* 139: 1-8.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 2004. A method to measure the environmental impact of pesticides: updated EIQ values. *New york Food Life Sciences. Bull.* 139: 139-146. <http://www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ/default.asp>.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 2010. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's food and life sciences bulletin*. Geneva, NY: NYS Agricultural experiment station, Cornell University. Available online: http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2010p1-4.pdf
- Kromann, P., Pradel W., Cole, D., Taipe, A., and Forbes, G.A. 2011. Use of the environmental impact quotient to estimate health and environmental impact of pesticide usage in Peruvian and Ecuadorian potato production. *Journal of Environmental Protection* 2: 581-591.
- Levitani, L. 1997. An overview of pesticide impact assessment systems. *Workshop on Pesticide Risk Indicators*. Copenhagen, Denmark 12: 21-23.
- Levitani, L., Merwin, I., and Kovach, J. 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: The quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55: 153-168.
- Macharia, I., Mith fer, D., and Waibel, H. 2009. Environmental impacts of pesticide use in vegetable subsector in Kenya. *African Journal of Horticultural Science* 2: 138-151.
- Mal, P., Manjunatha, A.V., Siegfried, B., and Mirza Nomman, A. 2011. Technical Efficiency and Environmental Impact of Bt Cotton and Non- Bt Cotton in North India. *Journal of Agro Biotechnology Management and Economics* 14(3): 164-170.
- Mansoureh Mahlouji, R., Kambouzia, J., Zand, A., and Khabbaz Jolfaii, H. 2013. Consideration of environmental impacts of authorized fungicides in Iran using EIQ Model. *Journal of Agroecology* 2(2): 73-86. (In Persian with English Summary)
- Maud, J., Edwards-Jones, G., and Quin, F. 2001. Comparative evaluation of pesticide risk indices for policy development and assessment in the United Kingdom. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 59-73.
- Moienoddini, S.H.S., Zand, A., Kambozia, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Deinimfard, R. 2014. Environmental risk assessment of registered insecticides in Iran using Environmental Impact Quotient (EIQ) index. 6: 73-76.
- Peterson, R.K.D., and Schleier, J.J. III. 2014. A probabilistic analysis reveals fundamental limitations with the environmental impact quotient and similar systems for rating pesticide risks. *PeerJ*. 2:e364; PMID: 24795854.
- Sande, D., Mullen, J., Wetzstein, M., and Houston, J. 2011. Environmental impacts from pesticide use: A case study of soil fumigation in Florida tomato production. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 4649-4661
- Sikkema, P.H., Van Eerd, L.L., Vyn, R., and Weaver, S.E. 2007. A comparison of reduced rate and economic threshold approaches to weed management in a corn- soybean rotation. *Weed Technology* 21: 647-655.

- Soltani, N., Van Eerd, L., Vyn, R., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2007, Weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) with dimethenamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. *Crop Protection* 26: 739–745.
- Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, *Electronic Journal of Crop Production* 3(3): 201-218.
- Soltani, N., Nurse, R.E., Van Eerd, L.E., Vyn, R.J., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2010. Weed control, environmental impact and profitability with trifluralin plus reduced doses of imazethapyr in dry bean. *Crop Protection* 29: 364–368.
- Stenrød, M., Heggen, E.H., Bolli, R.I., and Eklo, O.M. 2010. Testing and comparison of three pesticide risk indicator models under Norwegian conditions-A case study in the Skuterud and Heiabekken catchments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 15–29.
- Turgut, C., and Erdogan, O. 2005. The environmental risk of pesticide in cotton production in Aegean region, Turkey. *Journal of Applied Science* 5(8): 1391-1393.
- Whelan, M.J., Walter, C., Smith, B.G., and Pendlington, D. 2005. Pesticide risk management and profiling tool: 'Prompting' a science-based approach to mitigating the risks of water quality impacts from pesticide use in agriculture. Workshop on Agriculture and Water: Sustainability, Markets and Policies, Australia.



Environmental Assessment of Agricultural Pesticides Used in Cotton Fields in Golestan Province

R. Arefi^{1*}, A. Soltani², and H. Ajam Norouzi³

Submitted: 04-02-2017

Accepted: 22-04-2017

Arefi, R., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2019. Environmental assessment of agricultural pesticides used in cotton fields in Golestan Province. *Journal of Agroecology*. 10(4): 1135-1148.

Introduction

Any chemical that enters the environment has destructive effects on it. Herbicides and pesticides are no exceptions as they are made of chemical materials. Environmental Impact Quotient (EIQ) is a method to assess the impact of pesticides on the environment, evaluate the pesticides and chemicals involved in nature and their impact on the farm worker, consumers, and beneficial living organisms. Moien Aldin et al. (2014) assessed the environmental hazards resulted by the use of insecticides recorded in Iran and reported that the environmental hazards caused by insecticides per hectare of cultivated land are higher in the provinces of Kerman, Mazandaran, and Golestan compared to those of other provinces.

Bazrgar et al. (2013) reported that the environmental stresses (such as the application of pesticides) affect three main components including farm workers, consumers, and ecological components in farming, with its most negative effect related to the application of pesticides on the ecological component. In addition, the results of this study showed that increasing the use of pesticides in the field had no relation with yield in terms of the diversity of pesticides and the quantitative amount of active ingredient. Bues et al. (2004) in the study of the environmental effects of tomato production using EIQ showed that insecticides had the highest environmental impact. Considering the increasing trend in the use of pesticides in agriculture, it is necessary to study their environmental impacts. The purpose of this study is to investigate the environmental impacts of pesticides on cotton fields in Golestan province.

Materials and Methods

A total of 100 cotton fields were selected around the cities of Ali-Abad and Aghghala in Golestan province over two agricultural years of 2015-2016. These farms were selected such that to include a variety of farmers. Information on various pesticides was collected from these fields based on pest type (insect, mites, and pathogenic fungi) and herbicides type of poison, the number of poisoning times, and the concentration of effective material. EIQ has been used to assess the environmental impacts of pesticides. There are two types of environmental impact indicators. The first one is the basic environmental impact indicator that is calculated for each molecule of the effective materials of herbicides as well as their toxic effects on workers, consumers, birds, fishes, birds, bees, and beneficial arthropods. The second one, called as EIQ-field use rate (EIQ-FUR), is derived from the basic environmental index and the amount of pesticide use in the field.

Results and Discussion

These coefficients were calculated for the components of effect on the spray-workers, pickers, consumers, applicators, groundwater, aquatic animals, birds, bees, beneficial organisms as well as the mentioned three components. Among these components (farm workers, ecological, and consumer's components), the ecological component showed the maximum impact (71%), with the effect on farm workers (22%) and consumer component (7%) being in the next

1- and 3- Ph.D. Student and Associate Professor of Agriculture Department of Islamic Azad University of Gorgan, Gorgan, Iran, respectively

2- Professor of Agriculture Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(*- Corresponding Author Email: arefi.reza@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i3.62349

orders. the highest EIQ-FUR is related to the pesticides with a value of 93.33 and 87% of the total, and the herbicides are in the next rank. The highest EIQ is related to the impact of the pesticides on three main components of farm workers, consumers, and ecological factors, as well as the total EIQ, was associated with the pesticides of Profenofos and Thiodicarb. The ecological component consists of four subsets including the impact on the beneficial organisms, bees, birds, and aquatic animals; with the used toxins having the most impact on beneficial organisms with 38% of total toxic effects on the main component of ecologic. The highest impact on the main component of farm workers is related to spray-workers while the most impact on the consumer component is related to the consumer organisms.

Conclusion

The use of pest resistant cultivars, the modification of the chemical composition of pesticides, and the elimination of hazardous toxins from the list of pesticides, the implementation of winter crop aggression, the destruction of weeds, deep plowing, winter water, and appropriate drainage are other ways to reduce the use of pesticide and reduce the environmental costs of agricultural production.

Keywords: Chemical control, Environmental impact factor, Herbicides, Pesticides



ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن ارقام جدید و قدیم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی استان گلستان (مطالعه موردی گنبد کاووس)

علی اصغر میرزایی^۱، علی راحمی‌کاریزکی^{۲*}، علی نخزری مقدم^۳ و عبدالطیف قلی زاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

میرزایی، ع.ا.، راحمی‌کاریزکی، ع.، نخزری مقدم، ع. و قلی زاده، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن ارقام جدید و قدیم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی استان گلستان (مطالعه موردی گنبد کاووس). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۴۹-۱۱۶۰.

چکیده

به منظور مطالعه‌ی تغییر کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش از ۸ رقم جو (*Hordeum Vulgare* L.) که در طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۰ آزاد شده بودند استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که در طی سال‌های فعالیت اصلاحی در جهت بهبود عملکرد جو، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی بهره‌وری افزایش یافته است در حالی که در کارایی جذب نیتروژن تغییر چندانی مشاهده نشده است. از آنجا که کارایی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارایی جذب نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن است بنابراین، بهبود در کارایی مصرف نیتروژن بیش‌تر به دلیل بهبود در کارایی بهره‌وری نیتروژن بود. همچنین به نظر می‌رسد در طی سال‌های آزادسازی ارقام جو مورد مطالعه تغییر در جهت بهبود درصد پروتئین دانه صورت نگرفته است به عبارت دیگر، تلاش در جهت افزایش عملکرد دانه نسبت به شاخص برداشت نیتروژن در فرآیندهای اصلاحی بیش‌تر مدنظر قرار گرفته است و این مساله می‌تواند تا حدودی عدم تغییر در درصد پروتئین دانه و حتی کاهش این صفت را توجیه نماید.

واژه‌های کلیدی: غلظت پروتئین دانه، کارایی بهره‌وری نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

مقدمه

مورد نیاز گیاه در خاک از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی است (Soleymani et al., 2016) نیتروژن یکی از عناصر ضروری برای رشد و نمو غلات است (Haji Hoseinlou et al., 2013). همچنین، نیتروژن مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در مقیاس جهانی است (Nakhzari Moghaddam, 2016). تغذیه شیمیایی گیاهان باعث تأمین سریع‌تر مواد غذایی می‌گردد اما در دراز مدت سبب آلودگی محیط زیست می‌گردد (Ghasemi et al., 2016). لذا کاهش آبشویی نیتروژن یکی از اهداف اصلی در کشاورزی امروزی است (Picard et al., 2010). در این راستا، افزایش کارایی مصرف نیتروژن نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Syeidi & Rezvani Moghadm, 2011) بنابراین، انتظار این است که در طی سال‌های آزادسازی ارقام در جهت کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از آلودگی از طریق اصلاح ارقام تلاش شده باشد. Muurinen et al.,

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین غلات است که از حدود ۸۱۷۵۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت غلات در کشور در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، حدود ۲۰ درصد به کشت جو اختصاص داشته است؛ در استان گلستان از ۶۹ هزار هکتار سطح زیر کشت جو، ۵۷ هزار به صورت دیم و ۱۲ هزار هکتار همراه با آبیاری تحت کشت قرار داشته است (Ahmadi et al., 2014). اصولاً فراهمی عناصر غذایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه تولیدات گیاهی،

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۲، ۳ و ۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

دانشگاه گنبد کاووس

(*)-نویسنده مسئول: Email: alirahemi@yahoo.com

DOI:10.22067/jag.v10i4.62525

این ارقام بود. همچنین در پژوهشی ۱۶ ساله بر روی جو که در چکسلواکی انجام شده است؛ به این نتیجه رسیدند که مصرف کود دامی نسبت به مصرف منابع مختلف کود شیمیایی نیتروژن و همچنین عدم استفاده از کود، سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن شده است (Shejbalova et al., 2014). بهبود مدیریت نیتروژن و استفاده از ارقام کارآمد در جو می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و در نهایت افزایش عملکرد دانه در جو گردد (Anbessa & Juskiw, 2012). آنبسا و همکاران (Anbessa et al., 2009) در مطالعه‌ای بر روی ارقام جو بهاره دریافتند که هم عوامل محیطی و هم ژنتیکی بر روی کارایی مصرف نیتروژن تأثیرگذار هستند. در بررسی دیگر بر روی جو بهاره در شرایط اردبیل دامنه کارایی مصرف نیتروژن از ۴۳/۵۳ در شرایط عدم مصرف نیتروژن تا ۲۵/۸۱ گرم بر گرم گزارش شد، به نحوی که با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت، این در حالی بود که شاخص برداشت نیتروژن از ۳۳/۶۲ درصد به ۴۶/۹۰ درصد افزایش یافت (Abeledo et al., 2013). آلیدو و همکاران (Abeledo et al., 2008) در آزمایشی بر روی ارقام آزاد شده جو طی سال‌های ۱۹۴۴ تا ۱۹۹۸ در آرژانتین بیان داشتند که شاخص برداشت نیتروژن در ارقام جدید (۰/۷۶) نسبت به ارقام قدیم (۰/۶۷) بالاتر بود و همچنین دریافتند که ارقام جدید از غلظت نیتروژن بالاتری در خوشه نسبت به ارقام قدیم برخوردار بودند. هدف از این مطالعه بررسی شاخص‌های کارایی نیتروژن و انتخاب بهترین رقم یا ارقام جو در شرایط اقلیمی گنبد بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین رقم جو از نظر عملکرد دانه جهت کشت در منطقه گنبد کاووس و مقایسه شاخص‌های کارایی نیتروژن، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس واقع در ۹۰ کیلومتری شمال شرق گرگان و در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی انجام شد. گنبد کاووس دارای زمستانی سرد و نسبتاً مرطوب و تابستانی گرم و خشک با متوسط بارندگی ۴۴۷ میلی‌متر می‌باشد. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصله بافت خاک لوم سیلتی بود.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی ۸ رقم جو، شامل صحرا، دشت، ترکمن، نیمروز، ماهور، خرم، ریحان و یوسف بودند که دارای تیپ رویشی بهاره بودند (جدول ۲).

(۲۰۰۶) کارایی مصرف نیتروژن (NUE) را به صورت عملکرد دانه خشک به ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس (از خاک و یا کود) تعریف کردند. کارایی مصرف نیتروژن از دو جزء مهم کارایی جذب نیتروژن^۲ (NUpE) (میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه به ازای نیتروژن قابل دسترس) و کارایی تبدیل نیتروژن^۳ (NUtE) (عملکرد دانه خشک به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه) تشکیل شده است. برای بسیاری از اصلاح‌کنندگان در سرتاسر جهان انتخاب ژنوتیپ‌هایی با کارایی مصرف بالای نیتروژن و مقدار پروتئین بالا در دانه گندم مورد نظر می‌باشد (Shanahan et al., 2008). در مطالعه انجام شده توسط گیامبالو و همکاران (Giambalwo et al., 2010) در ایتالیا بر روی ارقام مختلف گندم دروم (*Triticum durum* L.) نشان داد که در شرایط نیتروژن کم از نظر کارایی جذب نیتروژن بین ارقام تفاوتی وجود نداشت. تأثیر ساختار سیستم ریشه در اصلاح ژنوتیپ‌های ذرت (*Zea mays* L.) با کارایی بالا در جذب نیتروژن و کمک به کاهش آبشویی نیتروژن مهم می‌باشد (Li et al., 2015). لی و همکاران (Li et al., 2015) در بررسی ارتباط ژنتیکی بین کارایی مصرف نیتروژن و ویژگی‌های ریشه ارقام ذرت اظهار داشتند که کارایی تبدیل نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن همبستگی معنی‌داری با خصوصیات مورفولوژیک ریشه‌های اصلی و جانبی داشتند. بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در گندم دوروم ۱۵/۶۷ کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Ayadi et al., 2014). در مطالعه‌ای بر روی گیاه ذرت میزان کارایی مصرف نیتروژن ۶۱/۶۹ کیلوگرم بر کیلوگرم، کارایی جذب نیتروژن ۱/۸۸ کیلوگرم بر کیلوگرم و کارایی فیزیولوژیک ۲۸/۹۸ کیلوگرم بر کیلوگرم، برآورد گردید (Koocheki et al., 2015). جو و همکاران (Ju et al., 2015) با مطالعه چهار واریته برنج ژاپنی (*Oryza sativa* var. japonica) تحت تیمارهای کود نیتروژن اذعان داشتند که بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن از تیمارهای با سطوح کم نیتروژن به‌دست آمد. این محققین اظهار داشتند که انتخاب یک رقم با سنبله بزرگ‌تر با مدیریت بهینه نیتروژن می‌تواند یک استراتژی مفید برای رسیدن به عملکرد بالا و کارایی مصرف نیتروژن بالا جهت تولید برنج باشد. نتایج آزمایش چن و همکاران (Chen et al., 2015) نشان داد که مدیریت دقیق کود نیتروژن و انتخاب ارقام پر محصول ذرت با کارایی تبدیل نیتروژن بالا می‌تواند غلظت نیتروژن دانه را بدون تأثیر منفی بر عملکرد دانه افزایش دهد. در مطالعه‌ای توسط بیتی و همکاران (Beatty et al., 2010) بر روی ارقام جو در کانادا بیان داشتند که کارایی مصرف نیتروژن بالا در ارقام جو به دلیل بالا بودن کارایی تبدیل نیتروژن در

1- Nitrogen use efficiency

2- Nitrogen uptake efficiency

3- Nitrogen utilization efficiency

مساحت هر کرت آزمایشی ۵ متر مربع بود که شامل ۵ خط به طول ۵ متر و فاصله بین خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت در

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of used soil in the experimental location (0-30 cm depth)

مقدار Amount	خصوصیات Propertice
1.19	Conductivity (ds/m)
7.9	PH
9.8	Self-neutralizing material (%)
0.68	Organic carbon (%)
0.07	Total nitrogen (%)
13.4	Available phosphorus (mg/kg)
356	Available potassium (mg/kg)
15	Clay (%)
64	Silt (%)
21	Sandy (%)
Silty loam	Soil texture
1.30	Bulk density

جدول ۲- خصوصیات و سال آزادسازی ارقام جو

Table2- Properties and release year of barely cultivars

رقم Cultivar	خرم Khoram	یوسف Yousef	ماهور Mahour	نیمروز Nimrouz	صحرا Sahra	ریحان Ryhan	دشت Dasht	ترکمن Torkaman
سال آزادسازی Release year	2011	2010	2009	2008	2003	1994	1993	1992
تعداد ردیف در سنبه Number row per spike	2	6	2	2	6	6	2	6
ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	95	121	100	102	99	102	97	122

به وزن ثابت درون آن قرار گرفتند. نمونه‌ها که شامل کل اندام‌های گیاهی بودند به وسیله‌ی آسیاب برقی به‌طور کامل پودر و تا زمان اندازه‌گیری غلظت نیتروژن در یخچال نگه‌داری شد. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن ماده‌ی خشک گیاهی به‌وسیله‌ی دستگاه کج‌لدال (Muurinen et al., 2007; Foulkes et al., 2009).

از آنجایی که نیتروژن قابل دسترس شامل نیتروژن کودی و نیتروژن معدنی موجود در خاک (آمونیم و نترات) است، برای برآورد میزان عرضه هر عنصری توسط خاک به‌صورت زیر عمل شد: متوسط عمق برداشت عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان (منطقه عمل ریشه) ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد بنابراین، حجم خاک در یک هکتار برابر بود با:

$$(\text{متر مکعب}) 3000 = (\text{متر}) 3 / 10000 \times (\text{متر مربع})$$

با در نظر گرفتن جرم حجمی خاک (۱۳۰۰ کیلوگرم در متر مکعب مطابق جدول ۱) وزن یک هکتار خاک برابر بود با:

قبل از کاشت، بذور با سم رورالتی‌اس ضد عفونی شدند. بر اساس آزمایش تجزیه خاک، میزان کود نیتروژنه به میزان ۸۳ کیلوگرم در هکتار و کود فسفره به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد. نصف کود نیتروژن و کل کود فسفره هم‌زمان با کاشت به زمین داده شد. نیتروژن باقی مانده در مرحله ساقه‌رفتن به زمین داده شد. کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل و کود نیتروژن از منبع اوره بود. چون این آزمایش در شرایط مطلوب دیم و عاری از آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های جو انجام شد، در فروردین ماه طی دو مرحله گیاهان با قارچ کش تیلت (۱۷ سی‌سی در ۵۰۰ سی‌سی آب) سم‌پاشی شدند. مبارزه با علف‌های هرز مزرعه با دست و در مراحل مختلف رشد گیاه انجام شد. عملکرد دانه با حذف حاشیه‌ها از یک متر مربع تعیین شد.

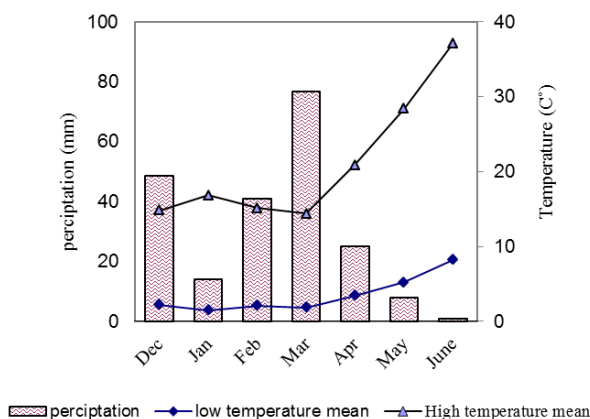
برای اندازه‌گیری نیتروژن گیاه، ۱۰ بوته در دو مرحله، یکی در زمان گرده‌افشانی و دیگری در زمان رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد. سپس نمونه‌های گیاهی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن

ماده‌ی آلی خاک (گرم در متر مربع): $^{25}\text{NU}_t\text{E}$; کارایی تبدیل نیتروژن (گرم بر گرم): TNH^3 ; مجموع نیتروژن کل گیاه در برداشت (گرم بر متر مربع): Y_{grain} ; عملکرد دانه (گرم بر متر مربع): $^{25}\text{NU}_p\text{E}$; کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم): ^{25}NUE ; کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم): GPC ; درصد پروتئین دانه؛ NHI : شاخص برداشت نیتروژن (درصد) و GN : نیتروژن دانه (گرم بر گرم) می‌باشند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و آنالیز آن‌ها با برنامه‌ی SAS Ver. 9.1، (Soltani, 2007) مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار 2007 Excel انجام شد.

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی

میانگین دمای حداقل و حداکثر شهر گنبد کاووس در طی ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند ۱۳۹۳ تقریباً ۴ و ۱۵ درجه‌سانتی‌گراد بود و از ماه فروردین‌ماه شروع به افزایش کرد (شکل ۱). حداقل دما در دی ماه ۱۳۹۳ (۳/۶ درجه سانتی‌گراد) و حداکثر آن در خردادماه ۱۳۹۴ (۳۷/۱ درجه سانتی‌گراد) ثبت شد. با مقایسه میزان بارندگی در ماه‌های دوره آزمایش (شکل ۱) مشاهده شد که حداکثر میزان بارش در اسفندماه ۱۳۹۳ (۷۶/۹ میلی‌متر) و حداقل آن در خرداد ماه سال ۱۳۹۴ (یک میلی‌متر) رخ داد.



شکل ۱- میانگین دمای حداکثر و حداقل و مجموع بارندگی گنبد در دوره رشد جو (اقتباس از ایستگاه سینوپتیک گنبد کاووس)

Fig. 1- Maximum and minimum mean temperature and total precipitation of barely during growing season

- 2- Nitrogen utilization efficiency
- 3- Aboveground N at harvest
- 4- Nitrogen uptake efficiency
- 5- Nitrogen use efficiency
- 6- Grain protein content

(کیلوگرم) $390000 = (\text{کیلوگرم در متر مکعب}) \times 1300 \times 3000$ (متر مکعب) بنابراین، وزن خاک در یک متر مربع با عمق ۳۰ سانتی‌متر برابر با ۳۹۰۰۰۰ گرم در متر مربع بود.

توصیه کودی برای این آزمایش ۸۳ کیلوگرم در هکتار کود اوره در نظر گرفته شد. آزمایش کود اوره نشان داد که ۴۱ درصد آن نیتروژن بود. به عبارت دیگر، میزان کود نیتروژن مصرف شده $34/03$ کیلوگرم در هکتار $(0/41 \times 83 = 34/03)$ یعنی $3/40$ گرم در متر مربع بود. مقدار آمونیوم و نترات اندازه‌گیری شده در ابتدای فصل به ترتیب $4/3$ و $7/4$ و در مجموع $11/7$ پی‌پی‌ام بود.

بنابراین، در یک متر مربع خاک بر اساس تناسب زیر نیتروژن معدنی محاسبه شد.

$$\begin{aligned} 11/7 \text{ گرم نیتروژن معدنی} &= 100000 \text{ گرم خاک} \\ X = ? \Rightarrow X = 4/56 &= 39000 \text{ گرم خاک} \end{aligned}$$

بنابراین، نیتروژن معدنی محاسبه شده در ابتدای فصل رشد $4/56$ گرم در متر مربع بود. از طرفی، یکی از منابع نیتروژن گیاه، نیتروژنی است که در طی فصل رشد از مواد آلی آزاد می‌شود. از آنجایی که بر اساس آزمایش خاک مقدار ماده‌ی آلی خاک یک درصد بود، با کمک تناسب ساده زیر مقدار ماده‌ی آلی در یک متر مربع تخمین زده شد و سپس از فرمول زیر مقدار نیتروژن موجود در یک متر مربع تخمین زده شد:

$$1 \text{ گرم نیتروژن معدنی} = 100 \text{ گرم خاک}$$

$$X = ? \Rightarrow X = 3900 \text{ گرم خاک}$$

$$N_m = \text{گرم بر متر مربع} = 0/0002 \times 3900 \times 10000 = 78$$

N_m : مقدار نیتروژن معدنی در طی فصل رشد

میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه و سایر مشخصه‌های مرتبط با کارایی مصرف نیتروژن و پروتئین دانه، با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۷ محاسبه شدند (Zand et al., 2014; Foulkes et al., 2009; Muurinen et al., 2007).

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{TAN} = (N_f + N_s + N_m)$$

$$\text{معادله (۲)} \quad N_m = \text{OM} \times 0.0002$$

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{NU}_t\text{E} = Y_{\text{grain}} / \text{TNH}$$

$$\text{معادله (۴)} \quad \text{NU}_p\text{E} = \text{TNH} / \text{TAN}$$

$$\text{معادله (۵)} \quad \text{NUE} = Y_{\text{grain}} / \text{TAN}$$

$$\text{معادله (۶)} \quad \text{GPC} = \text{GNC} \times 5.75$$

$$\text{معادله (۷)} \quad \text{NHI} = \text{GN} / \text{TNH}$$

در اینجا TAN^1 : نیتروژن قابل دسترس (گرم بر متر مربع)؛ N_f : نیتروژن کودی (گرم بر متر مربع)؛ N_s : نیتروژن معدنی در ابتدای فصل (آمونیوم و نترات)؛ N_m : نیتروژن ناشی از معدنی شدن؛ OM :

1- Total available nitrogen

پروتئین بین ارقام در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۳). معنی‌دار بودن این صفات نشان‌دهنده‌ی آن است که هم‌زمان با افزایش عملکرد در اثر به‌نژادی، تغییراتی در این صفات هم صورت گرفته است.

تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از نظر عملکرد دانه، مقدار نیتروژن دانه، کارایی تبدیل نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد در حالی که از نظر کارایی جذب نیتروژن و درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و سایر صفات مرتبط با ارقام جو

Table 1- Analysis of variance (mean square) of yield, nitrogen use efficiency and related traits in barely cultivars

میانگین مربعات Mean square								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	NHI	NUE	NUtE	NUpE	GP	GNC	GY
بلوک Block	3	8.40ns	0.22ns	29.59ns	0.08*	11.46**	4.37ns	406.38ns
رقم Cultivar	7	389.75**	38.79**	157.48**	0.04*	2.87*	19.57**	71669.58**
خطا Error	21	17.92	1.61	11.73	0.24	1.67	1.44	2983.76
ضریب تغییرات CV	-	21.07	18.19	30.09	23.07	11.99	20.14	18.19

ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌دار. GY: عملکرد دانه، NUE: کارایی تبدیل نیتروژن، NU_pE: کارایی جذب نیتروژن، NUE: کارایی مصرف نیتروژن، GP: پروتئین دانه، NHI: شاخص برداشت نیتروژن.

* significant at 0.05 probability level; ** significant at 0.01 probability level, ns: not significant, grain yield (GY), nitrogen utilization efficiency (NU_E), nitrogen uptake efficiency (NU_pE), nitrogen use efficiency (NUE), grain nitrogen concentration, grain protein concentration (GPC), nitrogen harvest index (NHI).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) حاکی از آن است که ارقام از نظر عملکرد دانه در سطح یک درصد با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم خرم با ۶۰۳/۱۱ گرم در متر مربع و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم قدیمی ترکمن با ۱۸۴/۸۷ گرم در متر مربع بود (جدول ۴)، که نشان‌دهنده پتانسیل‌های متفاوت ارقام جو ایران از نظر عملکرد دانه می‌باشد، ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های جدید عملکردهای بالایی داشته و می‌توان آن‌ها را از ژنوتیپ‌های پر محصول و مناسب منطقه به شمار آورد.

عملکرد بالا در شرایطی حاصل می‌شود که دما در مراحل اولیه رویش محصول پایین‌تر از حد مطلوب باشد و در طی رشد محصول با دمای متوسط و در رسیدگی فیزیولوژیک با دمای بالاتر از حد مطلوب برخورد داشته باشد (Koocheki et al., 2015). بدیهی است میزان عملکرد را باید در ارتباط با تمامی عوامل و فرآیندهایی در نظر گرفت که مرتبط با تولید ماده‌ی خشک هستند، اغلب مطالعات نشان داده‌اند که افزایش عملکرد در جو به مقدار زیادی با تسهیم بیشتر ماده خشک کل به دانه، با عدم تغییر در تولید ماده خشک کل، یا تغییر اندک آن مرتبط می‌باشند.

کارایی مصرف نیتروژن و اجزای آن

شاخص برداشت نیتروژن: بین ارقام بیش‌ترین شاخص برداشت نیتروژن در رقم خرم که از جدیدترین ارقام می‌باشد و کم‌ترین آن در رقم قدیمی ترکمن مشاهده شد که نشان از آن دارد که در طی سال‌های آزاد سازی ارقام، به‌نژادی باعث بیش از سه برابر شدن شاخص برداشت نیتروژن در ارقام جدید شده است (جدول ۴). متوسط شاخص برداشت نیتروژن در ارقام جو ۲۰/۰۹ درصد محاسبه شد. از آنجا که شاخص برداشت نیتروژن در غلات اغلب به‌عنوان کارایی انتقال مجدد نیتروژن از قسمت‌های رویشی گیاه به دانه اندازه‌گیری می‌شود (Muurinen et al., 2007)، بالا بودن شاخص برداشت نیتروژن نشان‌دهنده‌ی افزایش انتقال نیتروژن به دانه است. ایلدو و همکاران (Abeledo et al., 2008) در آزمایشی بر روی ارقام جو بیان داشتند که ارقام جدید (۰/۷۶) نسبت به ارقام قدیم (۰/۶۷) از شاخص برداشت نیتروژن بالاتری برخوردار بودند و همچنین ارقام جدید از غلظت نیتروژن بالاتری در خوشه نسبت به ارقام قدیم برخوردار بودند.

کارایی تبدیل و جذب نیتروژن: مقایسه میانگین کارایی تبدیل

نیترژن تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین ارقام نشان داد. رقم دشت پایین‌ترین (۶/۳۲ گرم بر گرم) و رقم خرم بالاترین (۲۴/۴۲ گرم بر گرم) کارایی تبدیل را دارا بودند. متوسط کارایی تبدیل نیترژن ارقام معادل ۱۱/۳۸ (گرم بر گرم) بود (جدول ۴). همان‌طور که ملاحظه شد در طی ۵۰ سال اخیر در کارایی تبدیل نیترژن بهبود قابل ملاحظه‌ای صورت گرفته است. مقایسه میانگین کارایی جذب نیترژن نشان داد که هر چند از نظر آماری بین ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده شد اما بین اکثر ارقام تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد به گونه‌ای که دامنه‌ی تغییرات این صفت از ۰/۵۱ گرم بر گرم در رقم نیم‌روز تا ۰/۷۹ گرم بر گرم در رقم دشت مشاهده گردید (جدول ۴). بنابراین به‌نژادی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود این صفت نداشته است. متوسط کارایی جذب نیترژن در این مطالعه ۰/۶۷ گرم بر گرم بود. در مطالعات انجام شده توسط گیامبالو و همکاران (Giambalwo et al., 2010) در ایتالیا بر روی ارقام مختلف گندم دروم نشان داده شد که در شرایط نیترژن کم از نظر کارایی جذب نیترژن بین ارقام تفاوتی وجود نداشت. ما و همکاران (Ma et al., 2009) کارایی مصرف نیترژن در سه محصول گندم، برنج و ذرت را به‌ترتیب ۱۳/۴، ۱۱/۳ و ۳/۷ گرم بر گرم گزارش نمودند. در بررسی دیگر بر روی جو بهاره در چهار سطح نیترژن (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط اردبیل توسط حاجی حسینی (Haji Hoseinlou et al., 2013) دامنه کارایی مصرف نیترژن از ۴۳/۵۳ در شرایط عدم مصرف نیترژن تا ۲۵/۸۱ گرم بر گرم گزارش کردند، همچنین ایشان دریافتند که با افزایش مصرف نیترژن کارایی مصرف نیترژن کاهش یافت، این در حالی بود که شاخص برداشت نیترژن با افزایش مصرف نیترژن از ۳۳/۶۲ درصد به ۴۶/۹۰ درصد افزایش یافت.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، کارایی مصرف نیترژن و صفات مرتبط با آن در ارقام جو

Table 4- Means of yield, nitrogen use efficiency and related traits in barely cultivars

Treatment تیمار	NHI	NUE	NUtE	NUpE	GP	GNC	GY
Torkaman ترکمن	12.37	21.15	6.43	0.71	11.46	3.64	184.87
Dasht دشت	13.04	23.64	6.32	0.79	11.95	4.29	206.60
Reyhan ریحان	16.82	31.71	10.25	0.65	9.86	4.64	277.13
Sahra صحرا	16.99	35.46	9.99	0.80	10.65	5.61	309.93
Nimroz نیم‌روز	30.88	46.59	19.04	0.51	9.33	6.62	407.20
Mahour ماهور	19.34	29.68	10.86	0.58	10.61	4.76	259.40
Yosef یوسف	17.07	31.78	8.87	0.74	11.07	5.41	277.73
Khoram خرم	41.72	69.01	24.42	0.63	10.27	10.79	603.11
Mean میانگین	20.09	34.36	11.38	0.67	10.78	5.48	300.29
LSD _{0.05}	6.18	9.09	4.10	0.23	1.89	1.75	79.72

NHI: شاخص برداشت نیترژن (درصد)، NUE: کارایی مصرف نیترژن (گرم بر گرم)، NUtE: کارایی تبدیل نیترژن (گرم بر گرم)، NUpE: کارایی جذب نیترژن (گرم بر گرم)، GP: پروتئین دانه (درصد)، GNC: مقدار نیترژن دانه (گرم بر گرم) و GY: عملکرد دانه (گرم در مترمربع).

Nitrogen harvest index (NHI; %), Nitrogen use efficiency (NUE; gg^{-1}), Nitrogen utilization efficiency (NUtE; gg^{-1}), Nitrogen uptake efficiency (NUpE; gg^{-1}), grain protein concentration (GPC; %), Grain nitrogen concentration (GNC, gg^{-1}) and Grain yield (GY; gm^{-2}).

همین امر باعث شد که مقایسه‌ی دقیق بین ارقام صورت نگیرد چون در بسیاری از آزمایشات مقایسه ارقام، برای هر رقم تراکم و مقدار کود مشخص توصیه می‌شود (Zand et al., 2014).

شکل (۲-الف) یک رابطه‌ی خطی قوی بین عملکرد دانه با کارایی مصرف نیترژن ($R^2=0.99$) را نشان می‌دهد بنابراین، یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه را می‌توان افزایش کارایی مصرف نیترژن دانست. شکل ۲ ب و ج، رابطه‌ی کارایی مصرف نیترژن با کارایی جذب نیترژن و کارایی تبدیل نیترژن را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، بین کارایی مصرف نیترژن و کارایی جذب نیترژن یک رابطه‌ی منفی اما بسیار ضعیف وجود دارد در حالی که بین کارایی

کارایی مصرف نیترژن از ۲۱/۱۵ گرم بر گرم در رقم ترکمن تا ۶۹/۰۱ گرم بر گرم در رقم خرم متغیر بود (جدول ۴). ارقامی که دارای پایین‌ترین و بالاترین عملکرد بودند به‌ترتیب از پایین‌ترین و بالاترین کارایی مصرف نیترژن برخوردار بودند. به عبارت دیگر، ارقام جدید از قبیل خرم نسبت به ارقام قدیم از قبیل ترکمن از کارایی مصرف نیترژن بالاتری برخوردار بودند (جدول ۴). متوسط مقدار کارایی مصرف نیترژن در این آزمایش ۳۴/۳۶ گرم بر گرم بود. به هر حال مقدار نیترژن استفاده شده در این پژوهش بر اساس آزمایش خاک و توصیه‌ی مرکز تحقیقات در حد مطلوب در نظر گرفته شد یعنی برای تمام ارقام یک نوع تراکم و نیاز کودی در نظر گرفته شد و

بود اما این تغییرات از روند مشخصی پیروی نکرد، به عبارتی بین اکثر ارقام تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد (جدول ۴). متوسط غلظت پروتئین دانه ارقام ۱۰/۸۹ درصد بود. به نظر می‌رسد در طی ۵۰ سال آزادسازی ارقام مورد مطالعه تغییرات در جهت بهبود درصد پروتئین دانه صورت نگرفته است. به عبارتی تلاش در جهت افزایش شاخص برداشت دانه نسبت به شاخص برداشت نیتروژن در فرایندهای اصلاحی بیش‌تر مدنظر قرار گرفته است و این مساله می‌تواند تا حدودی عدم تغییر در درصد پروتئین دانه و حتی کاهش این صفت را توجیه نماید. همچنین یکی از دلایل دیگر را می‌توان نیاز به میزان گلوکز بیش‌تر جهت سنتز پروتئین نسبت به کربوهیدرات دانست (Rahemi-Karizaki et al., 2014). ابلدو و همکاران (Abeledo et al., 2008) در آزمایشی بر روی ارقام آزاد شده جو طی سال‌های ۱۹۴۴ تا ۱۹۹۸ در آرژانتین بیان داشتند که شاخص برداشت نیتروژن در ارقام جدید (۰/۷۶) نسبت به ارقام قدیم (۰/۶۷) بالاتر بود و همچنین دریافتند که ارقام جدید از غلظت نیتروژن بالاتری در خوشه نسبت به ارقام قدیم برخوردار بودند.

بررسی رابطه‌ی بین پروتئین دانه و عملکرد دانه نشان داد که بین این دو صفت یک رابطه معکوس وجود دارد (شکل ۲-۳) به نحوی که با افزایش عملکرد دانه، پروتئین دانه کاهش یافت. این رابطه نشان می‌دهد که افزایش عملکرد دانه نسبت به افزایش درصد پروتئین دانه در جریان انتخاب بیش‌تر مورد نظر بوده است. مطالعات بر روی ارقام مختلف گندم (Rahemi-Karizaki et al., 2014) و جو (Murrinen et al., 2006) این نتایج را تأیید می‌کنند.

نتیجه‌گیری

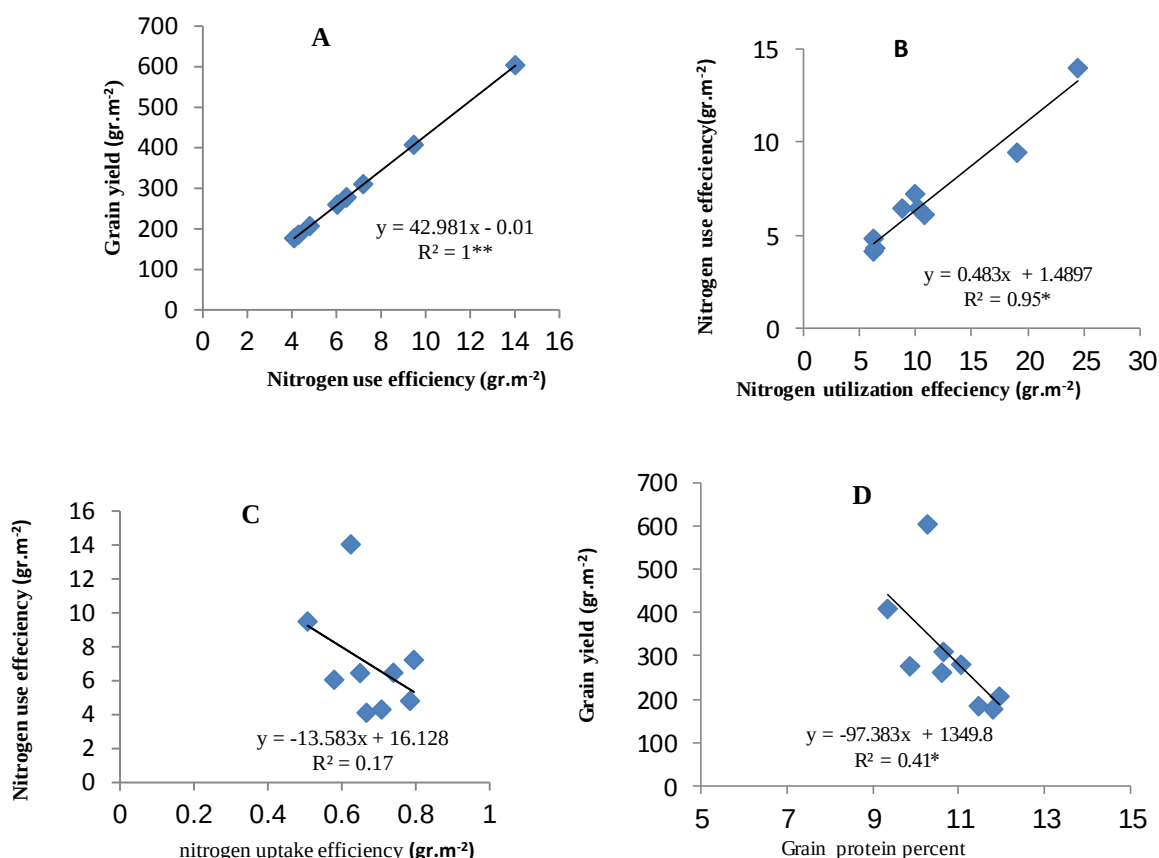
نتایج این آزمایش نشان داد که در طی سال‌های آزادسازی ارقام، کارایی مصرف نیتروژن به‌همراه عملکرد دانه افزایش یافته است. از آنجا که کارایی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارایی جذب نیتروژن و کارایی تبدیل نیتروژن است در نتیجه، افزایش در کارایی مصرف نیتروژن بیش‌تر به‌دلیل بهبود در کارایی تبدیل نیتروژن می‌باشد. همچنین، به نظر می‌رسد در طی ۵۰ سال آزادسازی ارقام جو مورد مطالعه، تغییر در جهت بهبود درصد پروتئین دانه صورت نگرفته است. به عبارت دیگر، تلاش در جهت افزایش شاخص برداشت دانه نسبت به شاخص برداشت نیتروژن در فرایندهای اصلاحی بیش‌تر مدنظر قرار گرفته است و این مساله می‌تواند تا حدودی عدم تغییر در درصد پروتئین دانه و حتی کاهش این صفت را توجیه نماید.

تبدیل نیتروژن با کارایی مصرف نیتروژن یک رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار مشاهده می‌شود ($R^2=0.95^{**}$). از آنجایی که کارایی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارایی جذب نیتروژن و کارایی تبدیل نیتروژن است در نتیجه، افزایش در کارایی مصرف نیتروژن بیش‌تر به‌دلیل بهبود در کارایی تبدیل نیتروژن می‌باشد. در مطالعه‌ای توسط بتی و همکاران (Beatty et al., 2010) بر روی ارقام جو در کانادا بیان داشتند که کارایی مصرف نیتروژن بالا در ارقام جو به دلیل بالا بودن کارایی تبدیل نیتروژن در این ارقام بود. همچنین در پژوهشی ۱۶ ساله بر روی جو در چکسلواکی بیان شد که مصرف کود دامی نسبت به مصرف منابع مختلف کود شیمیایی نیتروژن و عدم استفاده از کود، سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن گردید (Shejbalova et al., 2014). بهبود مدیریت نیتروژن و استفاده از ارقام کارآمد در جو می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و در نهایت افزایش عملکرد دانه در جو گردد (Anbessa & Juskiw, 2012). آنبسا و همکاران (Anbessa et al., 2009) در مطالعه‌ای بر روی ارقام جو بهاره دریافتند که هم عوامل محیطی و هم ژنتیکی بر روی کارایی مصرف نیتروژن تأثیرگذار هستند. در بررسی دیگر بر روی جو بهاره در چهار سطح نیتروژن (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط اردبیل توسط حاجی حسینلو (Haji Hoseinlou et al., 2013) دامنه کارایی مصرف نیتروژن از ۴۳/۵۳ در شرایط عدم مصرف نیتروژن تا ۲۵/۸۱ گرم بر گرم گزارش کردند. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش در آینده یکی از راه‌های افزایش کارایی مصرف نیتروژن در جو علاوه بر بهبود بیش‌تر کارایی تبدیل نیتروژن، بهبود در کارایی جذب نیتروژن باشد.

غلظت پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از نظر غلظت پروتئین دانه و مقدار نیتروژن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). دامنه تغییرات نیتروژن دانه از ۳/۶۴ در رقم ترکمن تا ۱۰/۷۹ گرم در متر مربع در رقم خرم مشاهده شد (جدول ۴). متوسط مقدار نیتروژن دانه ۵/۴۸ گرم در متر مربع بود. از آنجایی که یک همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه، شاخص برداشت نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن با مقدار نیتروژن دانه وجود داشت (جدول ۵) و از طرفی بررسی نشان داد که این صفات در طی سال‌های آزادسازی ارقام جو بهبود یافته‌اند، بنابراین بهبود این صفت متأثر از صفات مذکور می‌باشد.

دامنه تغییرات درصد پروتئین دانه بین ۹/۳۳ درصد در رقم نیمروز (از ارقام حدواسط) و ۱۱/۹۵ درصد در رقم دشت (از ارقام قدیم) متغیر



شکل ۲- الف) رابطه‌ی کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم) و عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، ب) رابطه‌ی کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم) با کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم)، ج) رابطه‌ی کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم) با کارایی تبدیل نیتروژن (گرم بر گرم)، د) رابطه‌ی درصد پروتئین دانه (درصد) با عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)

Fig. 2- (A) Relationships between nitrogen use efficiency (g.g^{-1}) and grain yield (g.m^{-2}); (B) Relationships between nitrogen use efficiency (g.g^{-1}) and nitrogen uptake efficiency (g.g^{-1}); (C) Relationships between nitrogen use efficiency (g.g^{-1}) and nitrogen utilization efficiency (g.g^{-1}); (D) Relationships between grain yield (g.m^{-2}) and grain protein percent

جدول ۵- همبستگی عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن در ارقام مختلف ارقام جو

Table 5- Correlation of yield, nitrogen use efficiency and related traits in barely cultivars

صفات Traits	GNC	NHI	GP	NUtE	NUpE	NUE	GY
GNC	1						
NHI	0.80**	1					
GP	0.006	-0.416*	1				
NUtE	0.64**	0.953**	0.636**	1			
NUpE	0.127	-0.435**	0.733**	-0.567**	1		
NUE	0.910**	0.923**	-0.376*	0.945**	-0.176	1	
GY	0.911**	0.922**	-0.376*	0.878**	-0.175	1.000*	1

GY: عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، NUtE: کارایی تبدیل نیتروژن (گرم بر گرم)، NUpE: کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم)، NUE: کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم)، مقدار نیتروژن دانه (گرم بر گرم)، GP: پروتئین دانه (درصد)، NHI: شاخص برداشت نیتروژن (درصد).

Grain yield (GY; g.m^{-2}), nitrogen utilization efficiency (NUtE; g.g^{-1}), nitrogen uptake efficiency (NUpE; g.g^{-1}), nitrogen use efficiency (NUE; g.g^{-1}), grain nitrogen concentration (g.g^{-1}), grain protein concentration (GPC; %), nitrogen harvest index (NHI; %).

- Abeledo, L.G., Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 2008. Nitrogen economy in old and modern malting barley. *Field Crops Research* 106: 171–178.
- Ahmadi, K., Gholizade, H., Ebadzade, H.R., Hossinpour, R., Hatami, F., fazli, B., Kazemiyan, A., and Rafiei, M. 2015. *Agricultural statistics*. Ministry of Agriculture p169. (In Persian)
- Anbessa, Y., and Juskiw, P. 2012. Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. *Canadian Journal of Plant Science* 92: 617-625.
- Anbessa, Y., Juskiw, P., Good, A., Nyachiro, J., and Helm, J. 2009. Genetic variability in nitrogen use efficiency of spring barley. *Crop Science* 49: 1259–1269.
- Ayadi, S., Karmous, C., Hammami, Z., Trifa, Y., and Rezgui, S. 2014. Variation of durum wheat yield and nitrogen use efficiency under Mediterranean rain fed environment. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7(10): 693-699.
- Beatty, P.H., Anbessa, Y., Juskiw, P., Carroll, R.T., Wang, J., and Good, A.G. 2010. Nitrogen use efficiencies of spring barley grown under varying nitrogen conditions in the field and growth chamber. *Annals of Botany* 105: 1171–1182.
- Chen, Y., Xiao, C., Wu, D., Xia, T., Chen, Q., Chen, F., Yuan, L., and Mi, G. 2015. Effects of nitrogen application rate on grain yield and grain nitrogen concentration in two maize hybrids with contrasting nitrogen remobilization efficiency. *European Journal of Agronomy* 62: 79-89.
- Foulkes, M.J., Reynolds, M.P., and Sylvester-Bradley, R. 2009. Genetic Improvement of Grain Crops: Yield Potential. PP 355–386 in: Sadras, V.O., Calderini, D.F. (Eds.), *Crop Physiology Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Academic Press, Amsterdam.
- Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., and Fanaie, H.R. 2016. Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements. *Journal of Agroecology* 7(4): 499-512. (In Persian with English Summery)
- Giambalwo, D., Ruisi, P.G., and Miceli D. 2010. Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by interspecific competition. *Agronomy Journal* 102(2): 707-715.
- Haji Hoseinlou, S., Ebadi, A., Ghaffari, M., and Mostafaei, E. 2013. Nitrogen use efficiency under water deficit condition in spring barley. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4: 3681-3687.
- Ju, C., Buresh, R.J., Wang, Z., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., and Zhang, J. 2015. Root and shoot traits for rice varieties with higher grain yield and higher nitrogen use efficiency at lower nitrogen rates application. *Field Crops Research* 175: 47-55.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizade, Y. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13(1): 1-13. (In Persian with English Summery)
- Li, P., Chen, F., Cai, H., Liu, J., Pan, Q., Liu, Z., Gu, R., Mi, G., Zhang, F., and Yuan, L. 2015. A genetic relationship between nitrogen use efficiency and seedling root traits in maize as revealed by QTL analysis. *Journal of Experimental Botany* 66(20): 1-14.
- Li, Z., Li, B., and Tong, Y. 2008. The contribution of distant hybridization with decaploid *Agropyron elongatum* to wheat improvement in China. *Journal of Genet. Genomics* 35: 451–456.
- Ma, W., Li, J., Ma, L., Wang, F., Sisak, I., Cushman, G., and Zhang, F. 2009. Nitrogen flow and use efficiency in production and utilization of wheat, rice, and maize in China. *Agricultural Systems* 99: 53–63.
- Muurinen, S., Kleemola, J., and Peltonen-Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal* 99: 441–449.
- Muurinen, S., Slafer, G.A., and Peltonen-Sainio, P. 2006. Breeding effects on nitrogen use efficiency of spring cereals under northern conditions. *Crop Science* 46: 561–568.
- Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. *Journal of Agroecology* 8(1): 47-58. (In Persian with English Summery)
- Picard, D., Ghiloufi, M., Saulas, P., and de Tourdonnet, S. 2010. Does under sowing winter wheat with a cover crop increase competition for resources and is it compatible with high yield. *Field Crops Research* 115: 9–18.
- Rahemi Karizaki, A., Galeshi, S., and Soltani, A. 2015. Compare of nitrogen economy between new and old varieties of wheat in 38 last years in Golestan Province. *Journal of Crop Production* 7(3):17-32. (In Persian with English Summery)
- Shanahan, J.F., Kitchen, N.R., Raun, W.R., and Schepers, J.S. 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 61: 51–62.
- Shejbalová, Š., Černý, J., Vašák, F., Kulhánek, M., and Balík, J. 2014. Nitrogen efficiency of spring barley in long-term experiment. *Plant, Soil and Environmental* 60(7): 291–296.

- Soleymani, F., and Ahmadvand, G. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Agroecology* 8(1): 107-119. (In Persian with English Summery)
- Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Jihad Daneshgahi Publisher. p182.
- Syeidi, M., and Rezvani Moghadm, P. 2011. Study yield, its components and nitrogen use efficiency using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. *Journal of Agroecology* 3(3): 313-323. (In Persian with English Summery)
- Zand, N., Shakiba, M.R., Moghaddam-Vahed, M., and Dabbagh-Mohammadai-nasab, A. 2014. Response of sorghum to nitrogen fertilizer at different plant densities. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 3: 71-74.



Evaluation of Nitrogen Use Efficiency Indices of New and Old Barley Cultivars in Climatic Conditions of Golestan Province (Case Study: Gonbad Kavoos)

A.A. Mirzaei¹, A. Rahemi-Karizaki^{2*}, A. Nakhzari-Moghadam³ and E. Gholizadeh⁴

Submitted: 10-03-2017

Accepted: 29-11-2017

Mirzaei, A.A., Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghadam, A., and Gholizadeh, E. 2019. Evaluation of nitrogen use efficiency indices of new and old barley cultivars in climatic conditions of Golestan province (Case study: Gonbad Kavoos). Journal of Agroecology. 10(4): 1149-1160.

Introduction

Among all the fertilizers applied in the field, nitrogen (N) is the most important element for plant growth, plant productivity and grain quality. It is important to define the complex trait of nitrogen-use efficiency (NUE) before considering its improvement through breeding and N management strategies. NUE defined as grain dry matter yield per unit of available N (from the soil and/or fertilizer) divided it into two components, including (i) N-uptake efficiency (crop N uptake/N available; UPE) and (ii) N-utilization efficiency (grain dry matter yield/crop N uptake; UTE). N utilization efficiency (UTE) divided into two components, including harvest index (HI) and biomass production efficiency (BPE). Nitrogen utilization efficiency comprises harvest index (HI) and biomass production efficiency (BPE). The objective of this study was to determine the significance and magnitude of variation in N content, NUE, NUPE, NUTE, and grain protein concentration among diverse barely genotypes in years of release. Specifically, we wanted to determine if there was a positive correlation between these factors and grain yield.

Materials and Methods

This field experiment was conducted under optimal condition, at the Gonbad University of Agricultural Sciences Research Farm, during the growing seasons of 2014-2015. The eight cultivars were sown in a randomized complete block design with four replications. Plots consisted of 5 rows with 5 m long and 0.20 m apart. Seeding rate was calculated for each cultivar using percentage germination and 1000-seed weight to achieve a density of 270 plant m⁻². Plant samples were separated in two components at anthesis (leaf + culm and chaff-flowered spikes) and three components at maturity [leaf + culm, chaff (rachis, glumes, awns), and grain]. Samples were dried at 70°C for 3 d and dry matter (DM) were weighed. N content of the plant parts was measured using a modified version of the Kjeldahl procedure. At harvest, a 1.5 m² portions at the center of each wheat plot was sampled to determine their biomass and harvest index. Statistical analysis was carried out using the SAS software package. Differences among the treatments were evaluated with the least significant difference (LSD).

Results and Discussion

Analysis of variance for grain yield, NUE, NUTE and NHI traits showed that cultivars had significant differences in %1 level while protein percent and NUPE was significant in %5 levels. Nitrogen use efficiency ranged from 4.30 to 14.13 g m⁻², depending on cultivar. Low yielding cultivars had the lowest NUE values. Average value for NUE was 6.99 g m⁻². Relationships between NUE measurements with NUTE and NUPE were evaluated by linear regression. There was a strong and statistically significant relationship between NUE with NUTE and NUPE for all barely cultivars. Grain yield ranged from 184.87 to 603.11 gr m⁻². Grain yield positively correlated with NUE and a negatively correlated with grain protein concentration.

Conclusion

1- M.Sc. Student, Agroecology, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavoos University, Golestan, Iran

2, 3 and 4- Assistant Professor, Department of palnt production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavoos University, Golestan, Iran

(* Corresponding Author Email: alirahemi@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.62525

The results revealed that during breeding activities for barely yield improvement, NUE and nitrogen utilization efficiency (NUE) were increased; while there was no changes for nitrogen uptake efficiency (NUpE). Because NUE divided into two components of NUtE and NUpE, most of the breeding effects on NUE were associated with change in nitrogen utilization efficiency (NUtE). It seems that during year of release of barely cultivars no changes was observed for improvement of protein concentration. It appears that in studied cultivars, grain harvest index increased more rapidly than nitrogen harvest index which means no changes or decline of grain protein percent.

Keywords: Grain protein concentration, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen use efficiency, Nitrogen utilization efficiency



بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان

فاطمه برزگری^{۱*} و حسین ملکی نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۰

برزگری، ف. و ملکی نژاد، ح. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۷۶-۱۱۶۱.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات نیاز آبی و شاخص‌های پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان با در نظر گرفتن تغییر اقلیم می‌باشد. به منظور انجام این تحقیق، دو دوره زمانی در نظر گرفته شد. دوره اول شامل سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱ و دوره دوم شامل سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۷۰ می‌باشد. برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی منطقه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک یزد در دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۱ استفاده شد. داده‌های انتخابی شامل مقادیر روزانه بارش، درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت حداقل و ساعات آفتابی بودند که برای بررسی تغییر اقلیم، تحت سناریوی RPC 4.5 در مدل گردش عمومی جو CanESM₂ و نرم‌افزار SDSM 4.2.9 مورد بررسی قرار گرفتند. تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان برای دو دوره زمانی منتخب، از طریق گزارش ۵۶ فائو و نرم‌افزار CROPWAT برآورده شد. به منظور بررسی میزان آب مصرفی محصولات شاخص کشاورزی منطقه، پرسش‌نامه‌هایی در سطح منطقه تکمیل گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد، وضعیت مصرف آب در اراضی کشاورزی مطابق با نیاز آبی محصولات نمی‌باشد و به دلیل کمبود آب، کاهش عملکرد محصولات را داریم. از طرفی تا سال ۲۱۰۰ تغییرات دما و توزیع بارش در منطقه مورد مطالعه معنادار خواهد بود و روند افزایشی دما، منجر به افزایش تبخیر و تعرق و بالا رفتن نیاز آبی گیاهان تا ۴ درصد می‌شود. شاخص‌های پایداری مصرف آب کشاورزی نیز، شامل شاخص نسبت تبخیر و تعرق به بارندگی (EPR) و شاخص کمبود حداکثر آب (MD) در دوره‌های اقلیمی فعلی و آتی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد حداکثر افزایش شاخص‌های EPR و MD به ترتیب برابر با ۲۴٪ و ۱۳٪ می‌باشد. لذا اثرات کمبود آب و ناپایداری آب در بخش کشاورزی منطقه مطالعاتی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی مشهود خواهد بود. بنابراین لزوم تجدید نظر در کشاورزی منطقه، جلوگیری از افزایش بی‌رویه سطح زیر کشت و بالا بردن راندمان آبی ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، سناریو RCP 4.5، مدل SDSM، نرم‌افزار CROPWAT

مقدمه

جهانی، ناحیه‌ای و محلی به‌خود اختصاص داده است (IPCC, 2014). این مساله، مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه که نسبت به این شرایط آسیب‌پذیرترند، دارای اهمیت بیشتری می‌باشد (Pouliotte et al., 2009). از جمله تبعات تغییر اقلیم، تأثیرگذاری آن بر چرخه هیدرولوژیکی است (Bormann, 2011). از آنجایی که مساله آب مهم‌ترین دغدغه مدیران و برنامه‌ریزان در آینده است (Bates et al., 2008)، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر چرخه آب از جمله مواردی است که مدیران مسئول در زمینه منابع آب، جهت ساماندهی و یافتن راه‌های مقابله با این بحران باید در نظر بگیرند (Xu et al., 2004). تبخیر و تعرق به‌عنوان یک پارامتر مهم در چرخه هیدرولوژیکی

هرگونه تغییر منظم و معنی‌دار متوسط بلند مدت پارامترهای اقلیمی منطقه، به‌عنوان تغییر اقلیم تعریف می‌شود (Gil-Alana, 2012). واقعیت تغییر اقلیم از موضوعات برجسته محافل علمی و حتی عوام طی چند دهه اخیر بوده و تحقیقات گسترده‌ای را در مقیاس

۱- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۲- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

(*) نویسنده مسئول: Email: fa_barzegar@yahoo.com

Doi:10.22067/jag.v10i4.62527

دی لا کاسا و اواندو (De la casa & Ovando 2014) و نام و همکاران (Nam et al., 2015) انجام شده است.

در گروه دوم مطالعات از سناریوهای اقلیمی به‌منظور پیش‌بینی اقلیم استفاده شده است. از این گروه می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود. در مطالعه رمرو و سیسلروا (Remrova & Cislerova 2010) با استفاده از سناریوی HadCM₃ تأثیر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق حوضه کوهستانی جیزرا^۲ مورد بررسی قرار گرفت. این محققین دریافتند که تا سال ۲۱۰۰ تغییرات محسوس در تبخیر و تعرق این حوضه کوهستانی اتفاق نخواهد افتاد. در مطالعه خلیل (Khalil, 2013) تأثیر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مصر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره‌های آینده افزایش خواهد داشت. در مطالعه‌ای تاناسی جویچ و همکاران (Tanasijevic et al., 2014) به بررسی تغییرات تبخیر و تعرق گیاه زیتون در اثر تغییر اقلیم در منطقه مدیترانه پرداختند. در این مطالعه برای بررسی تغییر اقلیم از سناریوی A₁B و مدل ECHAM₅ و برای برآورد تبخیر و تعرق گیاهی از گزارش ۵۶ فائو استفاده شد. نتایج این بررسی، افزایش هشت درصدی تبخیر و تعرق را تا سال ۲۰۶۵ میلادی نشان داد. در مطالعه‌ای قهرمان و همکاران (Ghahreman et al., 2016) به بررسی تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل دشت مشهد تا سال ۲۰۷۰، تحت سناریوهای واداشت تابشی RCP 4.5 و RCP 8.5 پرداختند. براساس نتایج حاصل، بیشترین افزایش مقدار تبخیر تعرق پتانسیل در ماه ژانویه تحت دو سناریوی RCP 4.5 و RCP 8.5 به ترتیب با ۱۵/۴ و ۱۶/۴ درصد افزایش نسبت به دوره پایه و نیز بیشترین مقدار کاهش در ماه اکتبر با ۱۲/۵ و ۱۰ درصد کاهش نسبت به دوره پایه مشاهده شد. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات شبکه آبیاری آیدوغموش با استفاده از سناریوی A₂ مدل HADCM₃، حاکی از افزایش ریسک میزان نیاز آبی محصولات می‌باشد، به گونه‌ای که این افزایش تا حدود ۱۰ و ۱۳ درصد به ترتیب برای ریسک ۵۰ و ۲۵ درصد می‌رسد. همچنین بر اساس سطح کشت فعلی شبکه آبیاری آیدوغموش به طور متوسط، حجم تقاضای آب افزایش خواهد یافت (Ashofteh, 2012). هر چند منابع متعددی به بررسی تبخیر و تعرق تحت شرایط تغییر اقلیم پرداخته‌اند ولی همان‌طور که از منابع مختلف برمی‌آید، در بسیاری از موارد، تغییر اقلیم از طریق سناریوهای اقلیمی بررسی نشده و یا در برآورد نیز آبی از سناریوهای قدیمی استفاده شده است. در این پژوهش سعی بر این است تا تغییرات نیاز آبی بخش کشاورزی دشت یزد-اردکان تحت سناریوی حدواسط تغییر اقلیم (RCP4.5) مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر آن برای مشخص نمودن وضعیت تعادل آب کشاورزی، شاخص‌های پایداری مصرف آب کشاورزی نیز تحت

محسوب می‌شود که خود تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی متعددی نظیر ساعات آفتابی، درجه حرارت، سرعت باد، رطوبت و.... قرار دارد. لذا بررسی چرخه آب، بدون در نظر گرفتن تبخیر و تعرق به‌عنوان رکن اصلی تعیین‌کننده نیاز آبی گیاهان، امکان‌پذیر نیست (Goyal, 2004). به‌منظور بررسی تغییرات اقلیمی آینده از مدل‌های اقلیمی استفاده می‌شود. پیش‌بینی اقلیم به‌طور قطعی امکان‌پذیر نبوده و لذا با بررسی احتمالات از طریق سناریوهای اقلیمی صورت می‌گیرد. معروف‌ترین مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی، مدل‌های گردش عمومی جو^۱ هستند که در مطالعات مختلف به کار گرفته شده‌اند (Roshan et al., 2012; Ashofteh & Massah, 2012; Babaeian et al., 2009; Koocheki et al., 2003; Babaeian et al., 2004; Eitzinger et al., 2003; Hertig et al., 2008; Kainuma et al., 2004; Khazaei et al., 2011; Richard et al., 1994).

مطالعات زیادی در سراسر دنیا در مورد ارتباط بین تبخیر و تعرق و تغییرات اقلیمی انجام شده است. این مطالعات را از نقطه نظر روش بررسی تغییر اقلیم می‌توان به دو دسته تقسیم نمود. در گروه اول به‌منظور بررسی تغییرات اقلیمی، از روند تغییرات پارامترهای هواشناسی استفاده شده و بحثی از سناریوهای اقلیمی به‌میان نیامده است. از این گروه می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود.

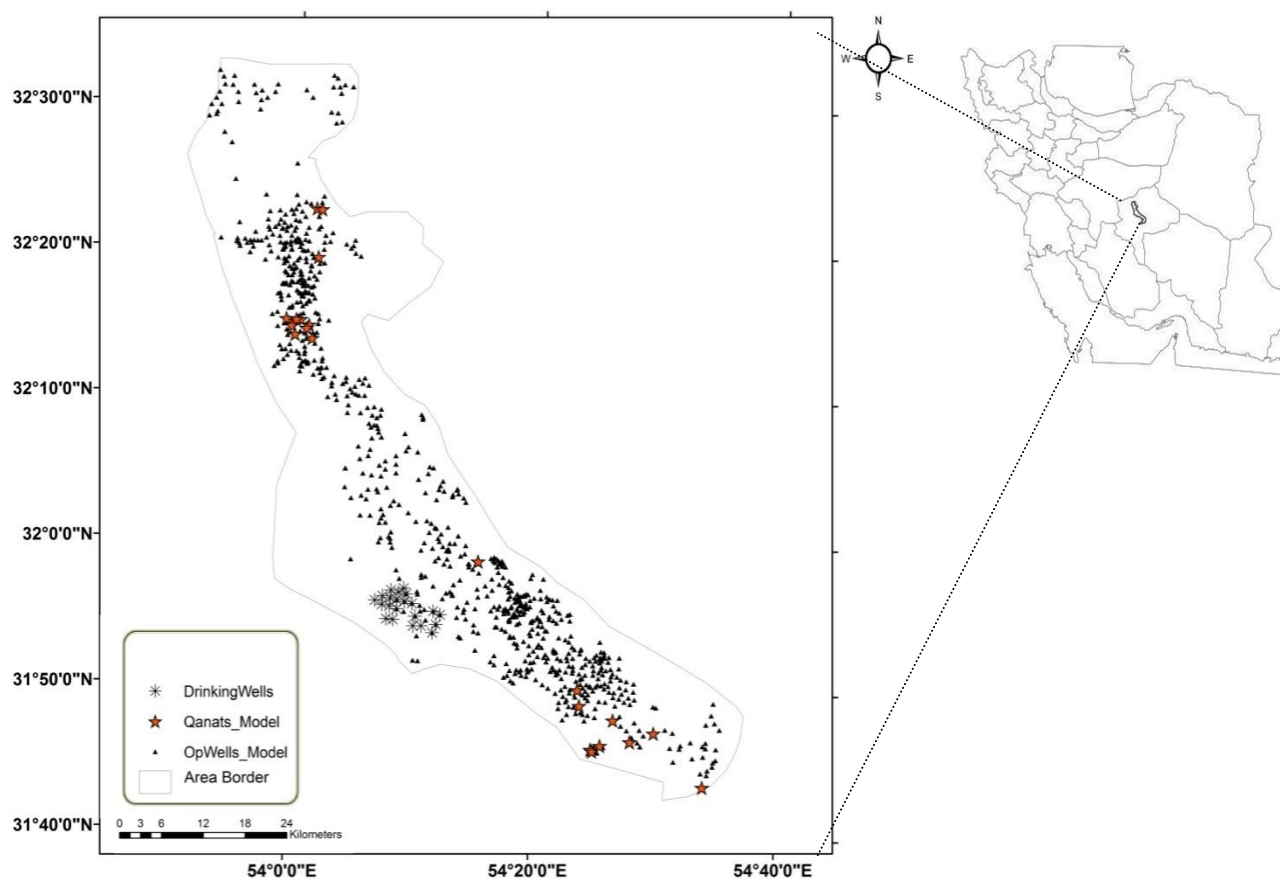
زانگ و همکاران (Zhang et al. 2011) با بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در اقلیم‌های مختلف چین، ارتباط معنی‌دار بین تغییرات پارامترهای اقلیمی منطقه‌ای و تبخیر و تعرق گیاه مرجع یافتند. کوثری و همکاران (Kousari et al. 2013) مطالعه مشابهی را در ایران انجام دادند، در مطالعه ایشان، از معادله فائو پن من مانیتث برای تعیین تبخیر و تعرق داده‌های ۴۵ ساله اقلیمی ۳۲ ایستگاه هواشناسی استفاده شد و روند تغییرات تبخیر و تعرق ایستگاه‌های مورد مطالعه با آزمون روند من‌کنال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد، در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، در دهه‌های اخیر، تبخیر و تعرق گیاه مرجع، روند رو به افزایشی داشته است. مطالعات تانگ و همکاران (Tong et al., 2007) و رضیئی و همکاران (Raziei et al., 2014) نشان داد تغییرات محسوس در روند افزایشی یا کاهش تبخیر و تعرق گیاه مرجع مشاهده نمی‌شود. طبری و همکاران (Tabari et al., 2014) مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع را در اقلیم‌های مختلف ایران (هشت ایستگاه مطالعاتی)، در یک دوره ۴۱ ساله مطالعه نمودند و با فرض دامن‌های از نوسانات در پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در تبخیر و تعرق گیاه مرجع، مقدار تغییرات این پارامتر را بررسی نمودند. براساس نتایج تحقیق ایشان، تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مناطق خشک زیادتر از مناطق مرطوب است. بیشترین تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مطالعه ایشان، حدود ۹ درصد و مربوط به منطقه خشک بوده است. مطالعات مشابهی توسط

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، اراضی مربوط به آبخوان یزد- اردکان با مساحت تقریبی ۲۱۴۰ کیلومتر مربع، در محدوده جغرافیایی $53^{\circ} 30'$ تا $54^{\circ} 30'$ طول شرقی و $31^{\circ} 30'$ تا $32^{\circ} 30'$ عرض شمالی واقع شده است. منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز جمعیت ساکن، آبخوان زیرزمینی است که از مناطق مرتفع حوضه تغذیه می‌گردد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در محدوده مورد بررسی مشکل کم آبی وجود دارد و بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب است.

تأثیر تغییر اقلیم در نظر گرفته خواهد شد. استان یزد به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و رشد قابل ملاحظه جمعیت و صنعت، از نظر منابع آبی بسیار مورد توجه برنامه‌ریزان و دولت‌مردان بوده است. کمبود آب در دهه‌های گذشته، باعث انتقال بین‌حوضه‌ای آب از استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری شده است. اخیراً با توجه به بالا رفتن مصرف آب، عدم کفایت این پروژه به خوبی احساس می‌شود. لذا با توجه به مطالب ذکر شده، در پژوهش حاضر به بررسی نقش تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاهان و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی در محدوده آبخوان اصلی دشت یزد- اردکان پرداخته شد، تا شاید راه‌گشای مدیران در برنامه‌ریزی آینده منابع آبی باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

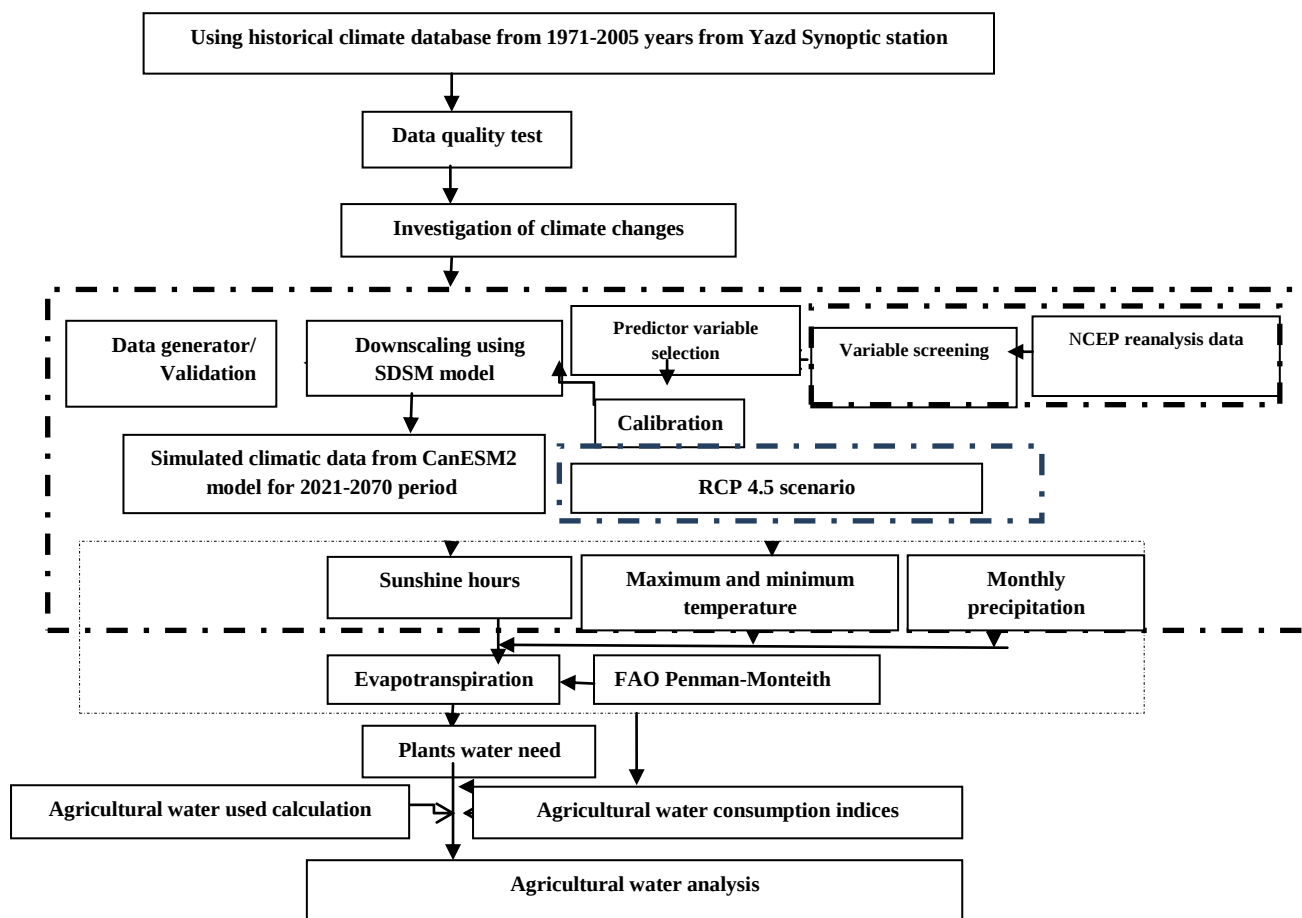
Fig. 1- The geographical of the study area

روش تحقیق

مراحل انجام این تحقیق شامل کوچک مقیاس کردن متغیرهای

اقلیمی، پیش‌بینی اقلیم، برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل، بررسی تغییرات نیاز آبی گیاهان در اثر تغییر اقلیم، وضعیت فعلی مصرف آب

بخش کشاورزی و شاخص‌های پایداری مصرف آب در کشاورزی در حال حاضر و در آینده می‌باشد که به‌صورت مختصر در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲- مراحل انجام تحقیق

Fig. 2- Methodology framework of the research

کوچک مقیاس کردن پارامترهای اقلیمی

در تحقیق حاضر، برای بررسی اقلیم از داده‌های ایستگاه سینوپتیک یزد در دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۵ استفاده شد. جهت برآورد داده‌های بارش، تابش و درجه حرارت‌های آینده از مدل گردش عمومی جو^۱ CanESM2 تحت سناریوی واداشت تابشی RCP 4.5 و از مدل ریزمقیاس نمایی آماری^۲ SDSM 4.2.9 جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های خروجی استفاده شد. مدل CanESM2 یک مدل جامع و جفت شده و چهارمین نسل از مدل‌های گردش عمومی جفت شده^۳ (CGCM4) است و جزء سری مدل‌های CMIP5^۴ می‌باشد که

در گزارش پنجم (AR5^۵) هیات بین‌الدول تغییر اقلیم ارائه گردیده است (Arora et al., 2011). در گزارش پنجم، دقت شبیه‌سازی نسبت به گزارش پیشین افزایش یافته است. سناریوهای واداشت تابشی (RCP) نیز محدوده وسیع‌تر و مستدل‌تری از روند تولید گازهای گلخانه‌ای نسبت به سناریوهای پیشین ارائه داده‌اند. در مجموع می‌توان گفت عدم قطعیت‌ها در گزارش پیشین کاهش یافته است. مشخصات سناریوهای واداشت تابشی مورد بحث در جدول ۱ ارائه شده است.

4-Coupled model intercomparison project 5
5-Fifth assessment report

1- The second generation earth system model
2- Statistical down scaling model
3- Coupled global climate model

جدول ۱- ویژگی‌های سناریوهای RCP (IPCC, 2014)
Table 1- RCP climate change scenario (IPCC, 2014)

سناریو Scenario	توضیح Description
RCP 8.5	افزایش اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت تابشی تا ۸/۵ وات بر متر مربع تا سال ۲۱۰۰ Rising radiative forcing pathway leading to 8.5 W.m ⁻² in 2100.
RCP 6	حالت ثبات بدون افزایش گازهای گلخانه‌ای، واداشت تابشی تا ۶ وات بر متر مربع تا سال ۲۱۰۰ Stabilization without overshoot pathway to 6 W.m ⁻² at stabilization after 2100
RCP 4.5	حالت ثبات بدون افزایش گازهای گلخانه‌ای، واداشت تابشی تا ۴/۵ وات بر متر مربع تا سال ۲۱۰۰ Stabilization without overshoot pathway to 4.5 W.m ⁻² at stabilization after 2100
RCP 2.6	کاهش واداشت تابشی تا ۳ وات بر مترمربع قبل از سال ۲۱۰۰ و روند کاهشی تابش بعد از آن Peak in radiative forcing at ~ 3 W.m ⁻² before 2100 and decline

که در آن، ET_0 : تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm.day^{-1})، R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$)، T : میانگین دمای هوا ($^{\circ}\text{C}$)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})، $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kPa)، Δ : شیب منحنی فشار بخار ($\text{KPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)، γ : ضریب رطوبتی ($\text{KPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)، G : شار گرما به داخل خاک ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) است. این روش به دلیل داشتن پایه فیزیکی، به صورت جهانی مورد تأیید قرار گرفته است و از طرف دیگر مرتباً توسط داده‌های لایسیمتری مورد آزمون و تأیید واقع شده است (Ittenfisu et al., 2000). ابتدا برای تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع، اطلاعات متغیرهای اقلیمی ثبت شده در دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۵ متعلق به ایستگاه سینوپتیک یزد، شامل دماهای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی، جمع‌آوری و وارد نرم‌افزار CROPWAT شد. سپس تبخیر و تعرق پتانسیل با روش فائو پنمن-مانتیت محاسبه گردید. در مرحله بعد، ضرایب گیاهی در مراحل توسعه اولیه، میانی و نهایی رشد به تفکیک گیاهان مختلف و باتوجه به شرایط اقلیمی منطقه از جداول مربوطه در گزارش ۵۶ فائو استخراج گردید. تاریخ کاشت و برداشت و طول دوره رشد از نرم‌افزار NETWAT برای هر گیاه به‌دست آمد. در نهایت با داشتن تبخیر و تعرق پتانسیل و ضرایب گیاهی و طول دوره رشد با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT، مقدار نیاز آبی محصولات در حال حاضر و در آینده محاسبه گردید.

شاخص‌های پایداری مصرف آب بخش کشاورزی

از آنجایی که بخش کشاورزی یکی از عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در دشت یزد-اردکان به شمار می‌رود، تغییر در میزان تبخیر و تعرق و نیاز آبی این بخش، نقش مهمی در تعادل آبی حوزه خواهد داشت. بررسی وضعیت تعادل آبی در بخش کشاورزی منطقه مورد مطالعه براساس وضعیت متغیرهای اقلیمی فعلی و آینده، با استفاده از دو

از بین سناریوهای واداشت تابشی موجود در گزارش پنجم، سناریوی RCP 4.5 به دلیل حدواسط بودن و ارائه شرایط متوسطی از تغییر اقلیم در آینده، انتخاب شد. لازم به ذکر است که مدل SDSM یک ابزار رگرسیون بنیان چندگانه و یکی از بهترین مولدهای داده شرطی می‌باشد که به وفور جهت ریزمقیاس نمایی آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی در مدل مذکور شامل انتخاب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و پیش‌بینی شونده، واسنجی مدل، ارزیابی مدل و تولید سناریوهای آتی می‌باشد (Wilby et al., 2014). در این پژوهش از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک یزد، شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعات آفتابی مربوط به سال‌های آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۵ استفاده گردید. داده‌های مربوط به دوره ۱۹۷۱-۱۹۹۰ برای مدل‌سازی و مابقی داده‌ها جهت واسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. به منظور مدل‌سازی متغیرهای اقلیمی، ابتدا با استفاده از داده‌های تاریخی مدل CanESM2 که در پوشه NCEP قرار دارند، شبیه‌سازی انجام شد و سپس نتایج شبیه‌سازی با داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت، در صورت تأیید مدل برآزش شده، تولید داده‌های اقلیمی آینده در قالب سناریوی منتخب انجام شد.

تخمین تبخیر و تعرق

به منظور تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش فائو پنمن-مانتیت که مورد تأیید کمیته بین‌المللی آبیاری^۱، سازمان خواربار جهانی^۲ و جامعه مهندسی شهری آمریکا^۳ است، در قالب نرم افزار CROPWAT استفاده شد (معادله ۱):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

- 1- International commission on irrigation and drainage (ICID)
- 2- Food and agricultural organization (FAO)
- 3- American society of civil engineers (ASCE)

شاخص نسبت تبخیر-تعرق به بارش (EPR^1) و شاخص کمبود حداکثر (MD^2) بررسی شد.

$$EPR = \frac{ET_0}{P} \quad (2)$$

در معادله (۲)، EPR شاخص تعادل آب کشاورزی است و برابر با نسبت تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) به بارندگی (P) می‌باشد (Liu, 2000). شاخص مذکور برای دوره فعلی و نیز دوره اقلیمی آینده در منطقه مطالعاتی محاسبه گردید.

$$MD = \max(D^i_{Annual}) - WaterDemand^i \quad (3)$$

در معادله (۳)، MD شاخص کمبود حداکثر سالانه، $\max(D^i_{Annual})$ حداکثر مقدار کمبود سالانه میان تبخیر و تعرق و بارندگی و $WaterDemand^i$ مقدار نیاز تبخیر و تعرق می‌باشد. زیرنویس i بدین معنی است که رابطه ۱۲ برای هر ماه به صورت جداگانه مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت بیشترین کمبود در هر دوره ماهانه به عنوان شاخص کمبود سالانه در نظر گرفته شده است (Moy et al., 1986). شاخص مذکور نیز در منطقه مورد مطالعه، هم شرایط فعلی و هم در شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی وضعیت فعلی آب مصرفی بخش کشاورزی

برای بررسی وضعیت فعلی برداشت آب توسط کشاورزان و سهم محصولات مختلف در آب استحصالی بخش کشاورزی، با استفاده از تحقیق میدانی، مقدار دبی و ساعت کارکرد چاه‌های کشاورزی اصلی و مشاع در منطقه جمع‌آوری شد. از طرفی با استفاده از پرسش‌نامه، مقدار آبدهی، فاصله زمانی بین دو آبیاری و سطح زیرکشت محصولات عمده منطقه به‌دست آمد.

نتایج و بحث

صحت‌سنجی مدل اقلیمی

مهم‌ترین نکته در استفاده از مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی، بررسی توان مدل در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی است که این کار از طریق صحت‌سنجی و واسنجی مدل انجام می‌شود. هر کدام از دو دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۰ و ۱۹۹۱-۲۰۰۵ میلادی به‌ترتیب برای واسنجی (شبیه‌سازی دوره پایه) و صحت‌سنجی متغیرهای اقلیمی دمای حداقل و حداکثر و بارش، در مدل SDSM انتخاب شدند. نتایج مربوط به دوره صحت‌سنجی مدل SDSM برای متغیرهای اقلیمی مورد بررسی در شکل ۳ و جدول ۲ آمده است.

با توجه به شکل ۳، در مورد دمای حداکثر و حداقل، بیشترین

اختلاف به‌ترتیب مربوط به ماه ژوئن و فوریه با میزان ۱/۹۶ و ۱/۶۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین اختلاف مربوط به ماه‌های آوریل و ژانویه با میزان ۰/۱۶ و ۰/۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در مورد متغیر بارش، بیشترین و کمترین اختلاف در مقادیر محاسباتی مدل با مقادیر مشاهداتی به ترتیب مربوط به ماه می با مقدار ۲/۴۸ و اکتبر با میزان ۰/۱۶ میلی‌متر می‌باشد. در مورد ساعات آفتابی نیز، بیشترین و کمترین اختلاف در مقادیر محاسباتی مدل با مقادیر مشاهداتی به ترتیب مربوط به ماه‌های فوریه و ژوئن با مقادیر ۰/۹۹ و ۰/۱۹ ساعت می‌باشد. بررسی صحت مدل ساخته شده با معیارهای آماری ضریب همبستگی، مجذور مربعات خطا و ناش-ساتکلیف نیز بیان‌گر شناسایی مناسب الگوی پارامترهای اقلیمی توسط مدل شبیه‌سازی شده می‌باشد.

پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی

نتایج حاصل از تولید داده‌های اقلیمی آینده با استفاده از سناریوی RCP 4.5 برای بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۷۰ میلادی در شکل ۴ آمده است.

جدول ۲- ارزیابی عملکرد مدل به‌صورت ماهانه در دوره پایه با

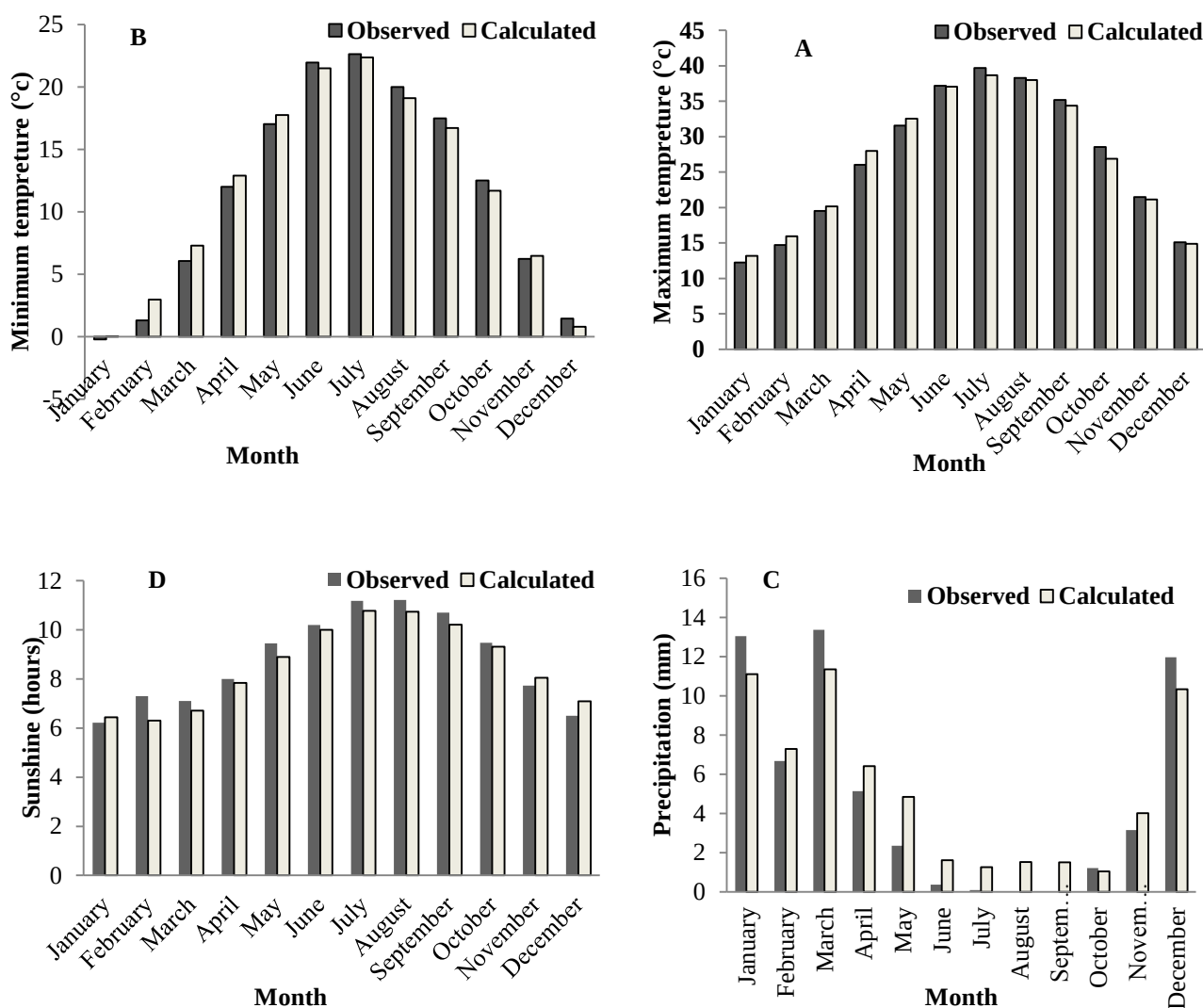
استفاده از شاخص‌های خطاسنجی بر حسب درصد

Table 2- Monthly performance of model using measurement error indexes in percent

متغیر Variable	R ²	RMSE	NSE
دمای حداکثر Maximum temperature	0.95	1.86	0.95
دمای حداقل Minimum temperature	0.98	1.07	0.93
بارش Precipitation	0.89	2.13	0.58
ساعات آفتابی Sun Hours	0.74	1.7	0.75

1- Evapotranspiration-precipitation ratio

2- Maximum deficit

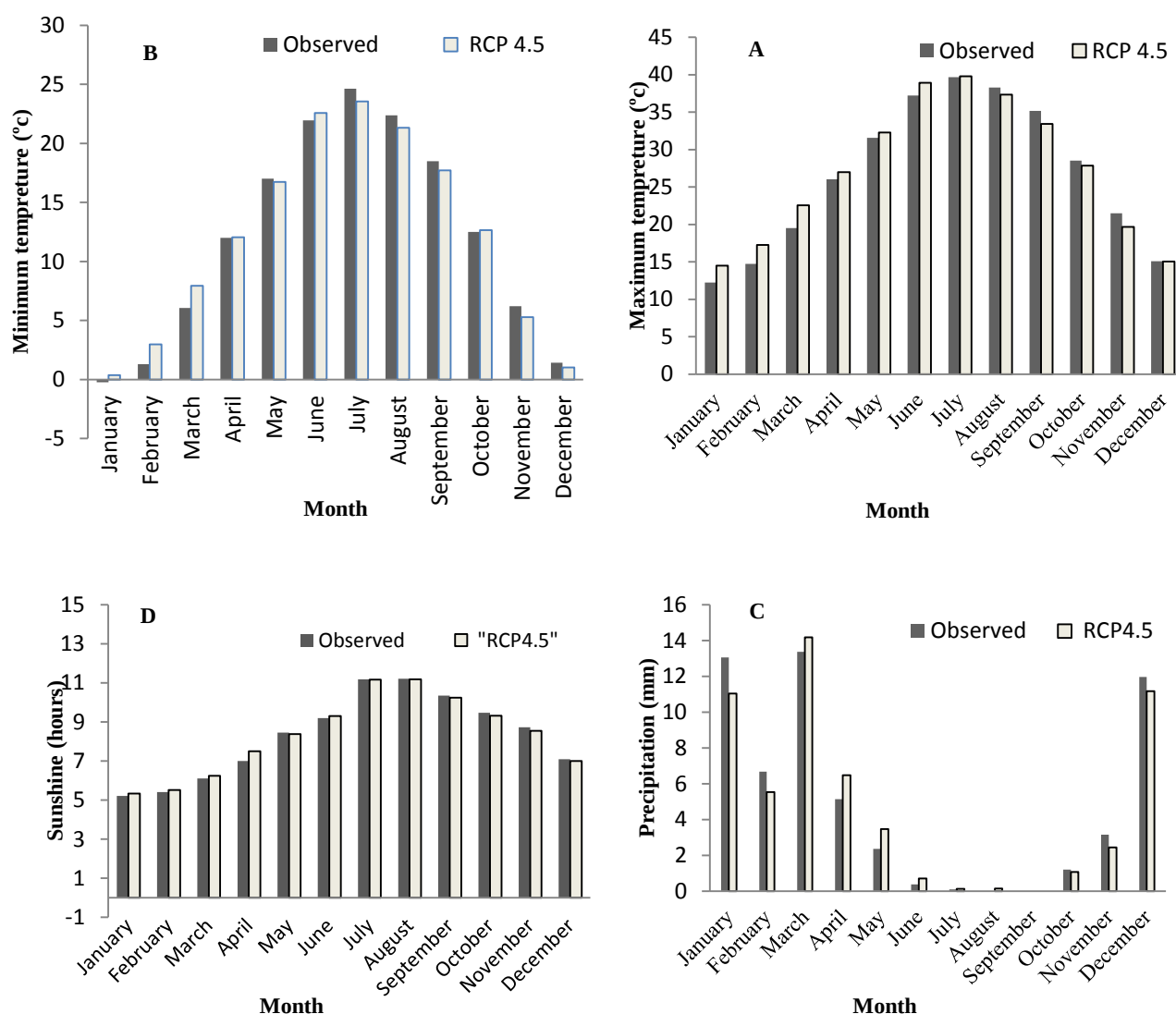


شکل ۳- مقایسه داده‌های مشاهداتی و محاسباتی دمای حداکثر، بارش، دمای حداقل و ساعات آفتابی دوره پایه در ایستگاه سینوپتیک یزد

Fig. 3- Observed and generated values of maximum and minimum temperature, precipitation and sunshine for base period in Yazd synoptic station

می‌باشد. روند افزایشی دماهای کمینه و بیشینه در دهه‌های آتی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. به‌عنوان مثال روشن و همکاران (Roshan et al., 2012) با بررسی ۲۰ مدل GCM، افزایش ۱/۳ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد را تا سال ۲۰۵۰ برای ایران گزارش نمودند. دوستی و همکاران (Dousti et al., 2013) افزایش ۰/۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد را برای دمای متوسط تحت سناریوی A₂ مدل HadCM3 در حوضه آبخیز تمر استان گلستان پیش‌بینی نمودند. نتایج بررسی‌های عباسی و همکاران (Abassi et al., 2010) با استفاده از الگوهای ECHAM₄ و HadCM₂ بیانگر افزایش میانگین دمای کشور در تمامی استان‌ها تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد.

شکل ۴-الف نتایج حاصل از مقایسه پارامتر دمای بیشینه پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه یزد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مذکور پیدا است، دمای بیشینه پیش‌بینی شده تحت سناریوی RCP 4.5 در تمام ماه‌های سال به‌غیر از آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر دارای روند افزایشی نسبت به مقادیر مشاهده شده است. بیشترین مقدار این افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد و مربوط به ماه مارس (مطابق با اسفندماه) می‌باشد. به‌طور کلی در فصل زمستان نسبت به سایر فصل‌ها دمای بیشینه پیش‌بینی شده افزایش بیشتری دارد. روند تغییرات دمای کمینه (شکل ۴-ب) نیز تحت سناریوی مطالعاتی، حاکی از افزایش دمای کمینه در فصل زمستان و بهار



شکل ۴- تغییرات دما، بارش و ساعات آفتابی ماهانه در دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۵)

Fig. 4- The changes monthly of maximum and minimum temperature, precipitation and sunshine in study area in future (2021-2070) compared to the base period (1971-2005)

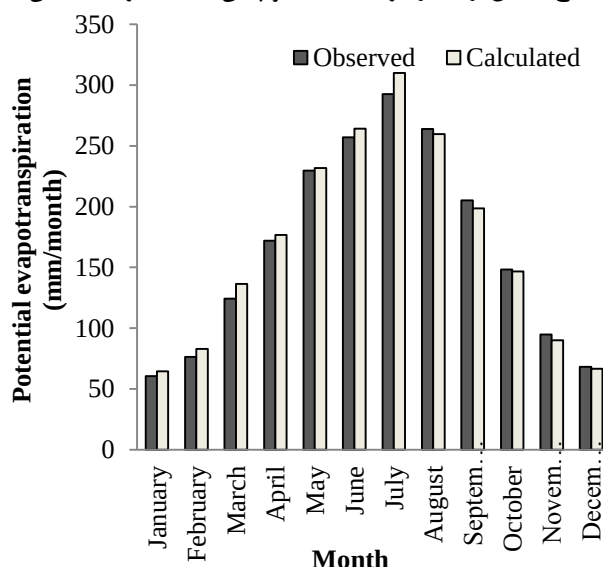
سال کاهش می‌یابد. براساس نتایج بررسی‌های عباسی و همکاران (Abassi et al., 2010) با استفاده از الگوی HadCM₂ بیانگر کاهش میانگین بارندگی کشور به میزان ۲/۵ درصد تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد. دلیل کاهش بارندگی را می‌توان افزایش روند گرم شدن کره زمین، تقویت پرفشارهای جنب حاره‌ای و تاثیر منفی آن بر بارش‌های عرض‌های میانه ذکر کرد (Taei Semiromi et al., 2014). متغیر ساعات آفتابی (شکل ۴-د) تغییرات محسوسی در آینده نخواهد داشت، ولی همین تغییرات کم، متناسب با الگوی تغییرات دما می‌باشد.

براساس شکل (۴-ج)، ملاحظه می‌شود که به‌جز بارش ماه‌های مارس، آوریل، می و ژوئن، در سایر ماه‌ها، بارش‌ها در دوره پیش‌بینی شده در مقایسه با دوره آماری دیده‌بانی، کاهش می‌یابند. این مطلب بیان‌گر تغییر الگوی بارش از پاییز به بهار است. در مجموع، بارش این ایستگاه در دوره آتی نسبت دوره مشاهده‌ای گذشته، کاهش خواهد داشت. بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2009) کاهش ۹ درصدی بارش در کل کشور را تا سال ۲۰۳۹ تحت سناریوی A₁ الگوی ECHO-G گزارش نمودند. براساس مطالعه عزیزآبادی فراهانی و همکاران (Azizabadi Farahani et al., 2017) نیز بارش منطقه قره‌سو در استان گلستان تا سال ۲۰۴۸ در تمام ماه‌های

تبخیر و تعرق

تبخیر و تعرق گیاه مرجع

نتایج حاصل از به کارگیری معادله فائو پنمن مانیتث، برای تعیین

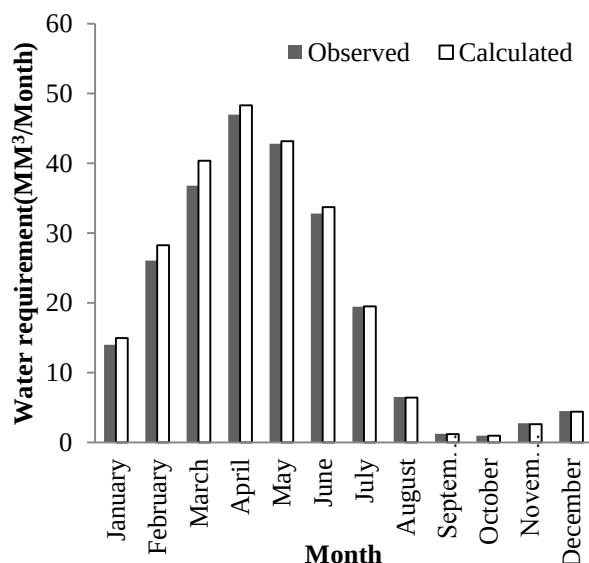


شکل ۵- مقایسه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در حال

حاضر و در آینده

Fig. 5- The changes of reference evapotranspiration in study area in future compared to the base period

تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای شرایط اقلیمی فعلی و دوره اقلیمی پیش‌بینی شده در شکل ۵، ارائه شده است.



شکل ۶- مقایسه نیاز آبی کشاورزی منطقه در حال حاضر و در آینده

Fig. 6- The changes of the agricultural water requirement in study area in future compared to the base period

همکاران (Tanasijevic et al., 2014) و خلیل (Khalil, 2013) هم‌راستا و با نتایج حاصل از بررسی‌های رمرو و سیسلروا (Remrova & Cislerova, 2010) متفاوت می‌باشد. دلیل این تفاوت به شرایط اقلیمی مناطق مورد بررسی برمی‌گردد. مطالعه رمرو و سیسلروا (Remrova & Cislerova, 2010) در یک حوضه کوهستانی انجام شده که دارای اقلیم سردتری نسبت به منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است. در حالی که مطالعات تاناسی جویچ و همکاران (Tanasijevic et al., 2014) و خلیل (Khalil, 2013) مربوط به حوضه‌های مدیترانه‌ای و مطالعه آشفته (Ashofteh, 2012)، نیز مربوط به حوضه آیدوغموش در آذربایجان شرقی می‌باشد.

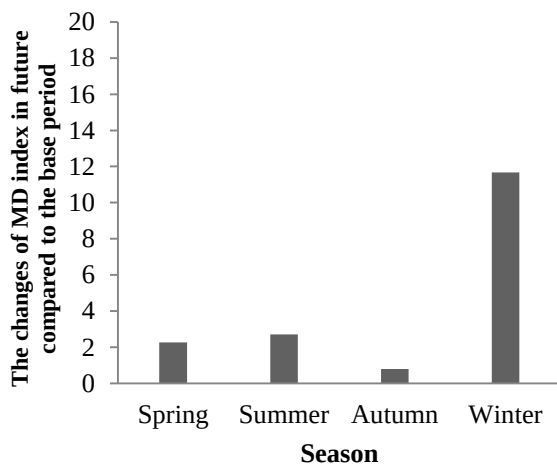
شاخص‌های پایداری مصرف آب بخش کشاورزی

مقادیر فصلی شاخص نسبت تبخیر و تعرق به بارندگی (EPR) تحت تأثیر تغییر اقلیم در شکل ۷ نشان داده شده است. مقایسه مقادیر EPR دوره آبی با مقادیر دوره پایه بیانگر اینست که بیشترین مقدار افزایش شاخص EPR مربوط به فصل زمستان برابر با ۲۴ درصد و کمترین مقدار تغییرات فصلی این شاخص مربوط

همان‌طور که از شکل ۵ پیداست، تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه‌های ژانویه تا ژولای تغییرات افزایشی دارد به عبارتی، تغییرات این پارامتر با روند تغییرات دماهای کمینه و بیشینه هم‌راستا است. افزایش تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره‌های آینده در مطالعات تاناسی جویچ و همکاران (Tanasijevic et al., 2014)، کوثری و همکاران (Kousari et al., 2013) و زانگ و همکاران (Zhang et al., 2011) نیز بیان شده است. همچنین براساس نتایج بررسی قهرمان و همکاران (Ghahreman et al., 2016)، تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دشت مشهد، در سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۷۰، تحت سناریوهای واداشت تابشی دارای تغییراتی می‌باشد. به‌طوری‌که بیشترین افزایش و بیشترین کاهش تبخیر و تعرق گیاه مرجع به ترتیب مربوط به ماه ژانویه و ماه اکتبر می‌باشد.

از شکل ۶ مشخص است، بیشترین نیاز آبی و برداشت آب از آبخوان، مربوط به هفت ماهه اول سال است. افزایش نیاز آبی تحت شرایط تغییر اقلیم با روند تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع هم‌خوانی دارد. در کل مقدار نیاز آبی آینده بخش کشاورزی در منطقه مطالعاتی به اندازه چهار درصد افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات آشفته (Ashofteh, 2012)، تاناسی جویچ و

مذکور نیز بیشترین تغییرات فصلی این شاخص مربوط به زمستان و کمترین تغییرات آن متعلق به فصل پاییز می‌باشد.

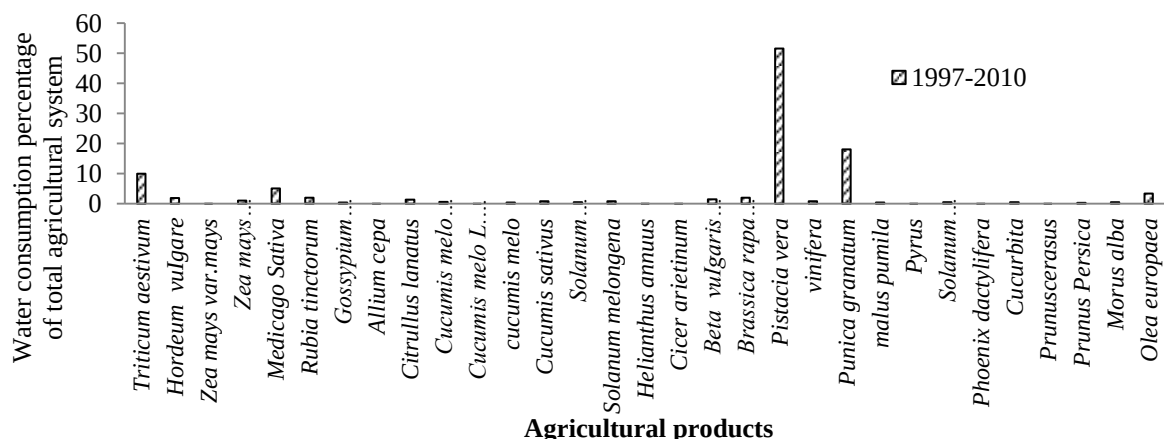


شکل ۸- درصد تغییرات شاخص کمبود حداکثر نسبت به دوره پایه
Fig. 8- The changes of MD index in study area in future compared to the base period

زمستان خواهد بود. دلیل این امر، افزایش دما و به تبع آن افزایش تبخیر و ترق و نیاز آبی زمستان نسبت به دوره پایه می‌باشد. مطالعه زارعیان و همکاران (Zareian et al., 2015) نیز در حوضه زاینده‌رود، بیانگر افزایش شاخص کمبود حداکثر در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم می‌باشد.

بررسی آب مصرفی محصولات عمده کشاورزی منطقه

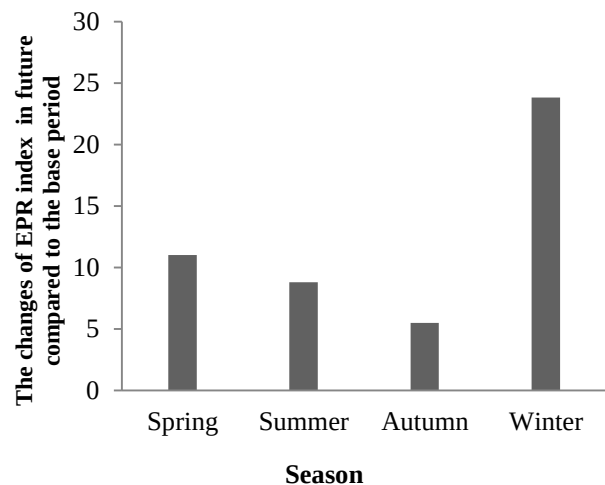
شکل ۹، آمار آب مصرفی در بخش کشاورزی را به تفکیک نوع محصولات نشان می‌دهد.



شکل ۹- مقایسه سهم آب مصرفی گیاهان متداول در کشاورزی منطقه

Fig. 9- Comparison of the water consumption of the prevalent crops in the agricultural system of the study area

به فصل پائیز با ۴ درصد می‌باشد. مطالعه زارعیان و همکاران (Zareian et al., 2015) نیز در حوضه زاینده‌رود، بیانگر افزایش EPR در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم می‌باشد. در مطالعه

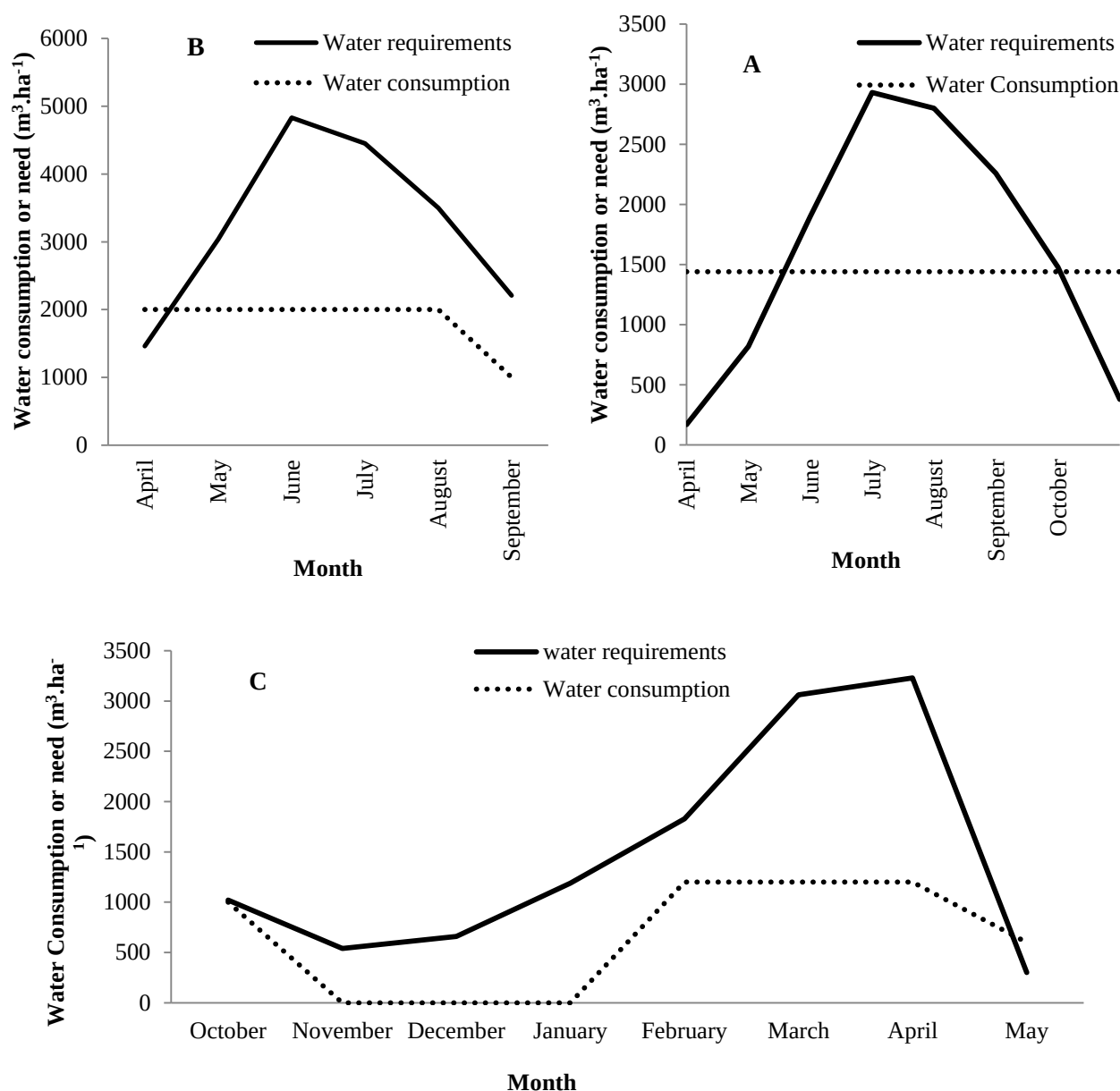


شکل ۷- درصد تغییرات شاخص EPR نسبت به دوره پایه
Fig. 7- The changes of EPR index in study area in future compared to the base period

شکل ۸ نیز مقادیر فصلی شاخص کمبود حداکثر را تحت تأثیر تغییر اقلیم نشان می‌دهد. براساس شکل مذکور می‌توان گفت، مثبت بودن مقدار این شاخص در تمام فصول، بیانگر آن است که به مرور زمان، بخش کشاورزی نقصان بیشتری از آب را احساس خواهد کرد. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که با وجود این که فصل تابستان بیشترین مقدار شاخص کمبود حداکثر را دارد، ولی بیشترین درصد افزایش این شاخص نسبت به دوره پایه مربوط به فصل زمستان خواهد بود. به عبارت دیگر، هر چه به سمت دوران آینده پیش می‌رویم، اثرات کمبود آب در بخش کشاورزی، بیشتر متوجه فصل

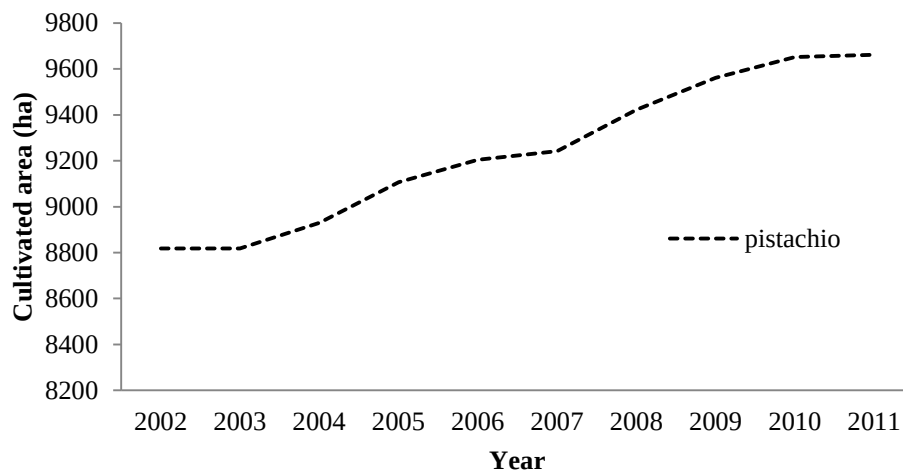
پسته با تنش آبی مواجه است و لذا انتظار می‌رود این امر بر میزان عملکرد در واحد سطح و سودآوری اقتصادی تاثیرگذار باشد. در مورد محصول انار (شکل ۱۰-ب) و گندم (شکل ۱۰-ج) نیز وضعیت مشابهی وجود دارد، آب مصرفی این دو محصول نیز از پرسش‌نامه‌های تکمیل شده در منطقه استخراج گردید.

همان‌طور که از شکل ۹ پیداست، پسته، انار و گندم به‌ترتیب عمده‌ترین مصرف کنندگان آب می‌باشند و پسته مصرف کننده بیش از ۵۰ درصد از آب مصرفی در بخش کشاورزی است. مقایسه آب مورد نیاز هر هکتار پسته با آب مصرفی در مزرعه -منتج از پرسش‌نامه‌های تکمیل شده- در شکل (۱۰-الف) آمده است. براساس شکل (10 A) می‌توان گفت، در بیش از نیمی از دوره کشت، محصول



شکل ۱۰- مقایسه آب مورد نیاز محصولات عمده منطقه در مقایسه با آب مصرفی در مزرعه

Fig. 10- Comparison of the water requirement and water used per hectare of main agricultural products



شکل ۱۱- افزایش سطح زیر کشت پسته در محدوده آبخوان یزد-اردکان در دهه ۸۰

Fig. 11- Increase in the Pistachio cultivated area in Yazd-Ardakan aquifer during 2002-2011 years

اردکان با در نظر گرفتن تغییر اقلیم انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد، تا سال ۲۰۷۰ میلادی تغییرات دما و توزیع بارش در منطقه مورد مطالعه معنادار خواهد بود و از طرفی روند افزایشی دما، منجر به افزایش ۴ درصدی نیاز آبی بخش کشاورزی می‌شود. از طرفی بررسی شاخص‌های پایداری آب کشاورزی، حاکی از افزایش ریسک و کمبود آب بخش کشاورزی در آینده خواهد بود. بررسی آب مصرفی محصولات مختلف نشان داد، بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی آبخوان در بخش کشاورزی متعلق به پسته می‌باشد، از طرفی با توجه به اطلاعات میدانی جمع شده از میزان آب مصرفی محصولات عمده کشاورزی منطقه، این محصول نیز در تنش آبی بوده و عملکرد آن، چندان مطلوب نمی‌باشد. علی‌رغم این مسائل در دهه اخیر ۱۰۰۰ هکتار به اراضی تحت کشت این محصول اضافه شده است. با توجه به این مطلب و مشکلات جدی‌تر کمبود آب در آینده منطقه مورد بررسی، برنامه‌ریزان باید این مساله را جهت برنامه‌ریزی تخصیص منابع آبی آینده در نظر داشته باشند و از طریق تغییر سیستم کشت و یا افزایش راندمان آبیاری در راستای تعدیل اثرات تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی اقدام نمایند.

متأسفانه علی‌رغم مساله تنش آبی، به دلیل بالا بودن ارزش افزوده پسته، در سال‌های اخیر افزایش سطح زیر کشت محصول را شاهد بودیم. این مساله در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

براساس شکل ۱۱، در سال‌های گذشته، سطح زیر کشت محصول در محدوده مطالعاتی، ۱۰۰۰ هکتار افزایش داشته است. افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی با توجه به مساله تنش آبی موجود، موجب کاهش عملکرد محصول و به تبع آن پایین آمدن سود اقتصادی خواهد شد. علاوه بر این، با توجه به تغییر اقلیم و افزایش نیاز آبی بخش کشاورزی، باید ضمن جلوگیری از افزایش سطح زیر کشت، برنامه‌هایی برای تغییر الگوی کشت و اصلاح روش‌های آبیاری نیز طراحی شود.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که بحران آب یک مساله اساسی در همه جوامع، به‌خصوص جوامع در حال توسعه است، بررسی راه‌کارهای کاهش این تنش از ارکان اصلی برنامه‌ریزی آینده می‌باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات تبخیر و تعرق و نیاز آبی بخش کشاورزی دشت یزد-

منابع

- Abassi, F., Habibi Nokhandan, M., Goli Mokhtari, L., and Malbousi, S. 2010. Climate Change Assessment over Iran in the Future Decades Using MAGICC-SCENGEN Model, Iranian Journal of Physical Geography Research Quarterly 42(72): 91-109. (In Persian with English Summary)
- Arora, V.K., Scinocca, J.F., Boer, G.J., Christian, J.R., Denman, K.L., Flato, G.M., Kharin, V.V., Lee, W.G., and Merryfield, W.J. 2011. Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases. Geophysical Research Letters 38(5): 1-6.
- Ashofteh, P. 2012. Climate Change Impact on the Crop Water Requirement Using HadCM₃ Model in Aidoghmosh Irrigation Network. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 3(6): 142-151. (In Persian with English Summary)

- Ashofteh, P.S., and Massah, A.R. 2012. Investigation of AOGCM Model Uncertainty and Emission Scenarios of Greenhouse Gases Impact on the Basin Runoff under Climate Change, Case study Gharanghu Basin, East Azerbaijan, *Journal of Iran-Water Resources Research* 8(2): 36-47. (In Persian with English Summary)
- Azizabadi Farahani, M., Bakhtiari, B., Ghaderi, K., and Rezapoor, M. 2017. The Survey of Climate Change Impact on Drought Severity- Duration- Frequency Curves Using Copulas. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 47(4): 743-754. (In Persian).
- Babaeian, I., Kwon, W.T., and Im, E.S. 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab.
- Babaeian, I., and NajafiNik, Z. 2006. Evaluation of Khorasan Razavi climate changes for 2010-2030 period. Climatology Institute. Climate Change Research Group.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J.P. 2008. Climate change and water. Technical paper of the intergovernmental panel on climate change. IPCC Secretariat, Geneva.
- Bormann, B. 2011. Sensitivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at German climate stations. *Climatic Change* 104(3-4): 729-753.
- De la Casa, A.C., and Ovando, G.G. 2014. Climate change and its impact on agricultural potential in the central region of Argentina between 1941 and 2010. *Agricultural and Forest Meteorology* 195-196: 1-11.
- Dousti, M., Habibnezhad Roshan, M., Shahedi, K., and Mir Yaghoubzade, M.H. 2013. Study of climate indices of Tamar River basin Golestan Province in terms of climate change using by LARS-WG model. *Iranian Journal of the Earth and Space Physics* 39(4): 177-189. (In Persian with English Summary)
- Eitzinger, J., Tasna, M.S.D., Zalud, Z., and Dubrovsky, M. 2003. A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. *Agricultural Water Management* 61(3): 195-217.
- Ghahreman, N., Babaeian, I., and Tabatabaei, M. 2016. Evaluation the post processed outputs of dynamic models in estimation potential evapotranspiration changes under RCP scenarios (Case Study: Mashhad plain). *Earth and Space Physics* 42(3): 687-696. (In Persian with English Summary)
- Gil-Alana, L.A. 2012. Long memory, seasonality and time trends in the average monthly temperatures in Alaska. *Theoretical and Applied Climatology* 108: 385-396.
- Goyal, R.K. 2004. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India). *Agricultural Water Management* 69: 1-11.
- Hertig, E., and Jacobeit, J. 2008. Downscaling future climate change: Temperature scenarios for the Mediterranean area. *Global and Planetary Change* 63(2): 127-131.
- IPCC, 2014. International Panel on Climate Change (IPCC). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. AR5.
- Irrigation, Food and Agriculture Organization, 1998. drainage paper 56. FAO, Roma.
- Itenfisu, D., Elliott, R.L., Allen, R.G., and Walter, I.A. 2000. Comparison of reference evapotranspiration calculations across a range of climates. *Proceedings of the 4th National Irrigation Symposium*. ASAE, Phoenix, AZ.
- Kainuma, M., Matsuoka, Y., Morita, T., Masui, T., and Takahashi, K. 2004. Analysis of global warming stabilization scenarios: The Asian- Pacific Integrated Model, *Energy Economics* 26(4): 709-719.
- Khalil, A.A. 2013. Effect of climate change on evapotranspiration in Egypt, *Journal of Researcher* 5(1): 7-12.
- Khazaei, M.R., Bagher Zahabiyou, B., and Saghafian, B. 2011. Assessment of climate change impact on floods using weather generator and continuous rainfall-runoff model. *International Journal of Climatology* 32(13): 1997-2006.
- Kousari, M.R., Asadi Zarch, M.A., Ahani, H., and Hakimelahi, H. 2013. A survey of temporal and spatial reference crop evapotranspiration trends in Iran from 1960 to 2005. *Climatic Change* 120: 277-298.
- Liu, S., Sun, P., Wang, J., and Chen, L. 2000. Hydrological functions of forest vegetation in upper reaches of the Yangtze River. *Journal of Natural Resources* 16: 451-456.
- Moy, W.S., Cohon, J.L., and Revelle, C.S. 1986. A programming model for analysis of reliability, resilience and vulnerability of a water supply reservoir. *Water Resources Research* 22: 489-498.
- Nam, W.H., Hong, E.M., and Choi, J.Y. 2015. Has climate change already affected the spatial distribution and temporal trends of reference evapotranspiration in South Korea?, *Agricultural Water Management* 150: 129-138.
- Pouliotte, J., Smit, B., and Westerhoff, L. 2009. Adaptation and development: Livelihoods and climate change in Subarnabad, Bangladesh, *Climate and Development* 1(1): 31-46.
- Raziei, T., Daryabari, J., Bordi, I., Modarres, R., and Pereira, L.S. 2014. Spatial patterns and temporal trends of daily precipitation indices in Iran. *Climatic Change* 124: 239-253.
- Remrova, M., and Cislerova, M. 2010. Analysis of climate change effects on evapotranspiration in the watershed Uhlířská in the Jizera Mountains, *Soil and Water Research* 5(1): 28-38.

- Richard, S., and Lindzen, R. 1994. On the Scientific basis for global warming scenarios. *Environmental Pollution* 83 (1-2): 125-34.
- Roshan, G.R., Khoshakhlagh, F., and Azizi, G. 2012. Assessment of suitable general atmosphere circulation models for forecasting temperature and precipitation amounts in Iran under condition of global warming. *Geography and Development Iranian Journal* 36: 19-27. (In Persian with English Summary)
- Tabari, H., Marofi, S., Amini, A., Talaei, P.H., and Mohammadi, K. 2014. Sensitivity of evapotranspiration to climatic change in different climates. *Global and Planetary Change* 115: 16–23.
- Taei Semiromi, S., Moradi, H.R., and Khodaghali, M. 2014. Simulation and prediction some of climatic variables by multiple linear model SDSM and atmospheric general circulation models (case study: Neishabour). *Journal of Human and Environment* 12(28): 1-16. (In Persian with English Summary)
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L.S., Pizzigalli, C., and Lionello, P. 2014. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management* 144: 54–68.
- Tong, L., Kang, S., and Zhang, L. 2007. Temporal and spatial variations of evapotranspiration for spring wheat in the Shiyang river basin in northwest China. *Agricultural Water Management* 87(3): 241-250.
- Wilby, R.L., Dawson, C.W., Murphy, C., Connor, P.O., and Hawkin, E. 2014. The Statistical Down Scaling Model –Decition Centric (SDSMDC): conceptual basis and applications. *Climate Research* 61(3): 251-268.
- Xu, Z.X., Chen, Y.N., and Li, J.Y. 2004. Impact of climate changes on water resources in the Tarim river basin. *Water Resource Management* 18: 439-458.
- Zareian, M.J., Eslamian, S.S., and Safavi, H.R. 2016. Investigating the effects of sustainability of climate change on the agriculture water consumption in the Zayandeh-Rud river basin. *Science and Technology Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 20(75): 113-128. (In Persian with English Summary)
- Zhang, X., Chen, S., Sun, H., Shao, L., and Wang, Y. 2011. Changes in evapotranspiration over irrigated winter wheat and maize in North China Plain over three decades. *Agricultural Water Management* 98: 1097–1104.



Investigation of the Effects of Climate Change on Sustainability of Water Need and Water Consumption of Agricultural Section in the Yazd-Ardakan Plain

F.Barzegari^{*} and H. Malekinezhad²

Submitted: 11-02-2017

Accepted: 11-11-2017

Barzegari, F., and Malekinezhad, H. 2019. Investigation of the effects of climate change on sustainability of water need and water consumption of agricultural section in the Yazd-Ardakan plain. *Journal of Agroecology*. 10(4): 1161-1176.

Introduction

Water is a scarce resource in the Middle East region and climate change is expected to exacerbate this situation. Developing countries are vulnerable to these changes, primarily due to their limited adaptive capacities in dealing with extreme events. Therefore, investigation of this phenomenon will be very crucial in such areas. In the past decades, water shortage in Yazd province which is located in arid regions of Iran has resulted in transferring the water from Isfahan. But recently, due to increasing in water demand, inadequacy of this project clearly has felt. Evapotranspiration and agricultural water requirements are two crucial issues of this area which affected by climate change. Thus, considering climate change projections and future agricultural water requirements is necessary to determine water stress risks in the study area. Hence, this study aims to answer the following research questions:

1. Currently, how much irrigation water do we need in the Yazd-Ardakan region?
2. How does future climate change impact future irrigation requirements?
3. How does future climate change influence sustainability of the agricultural water consumption?

Materials and Methods

The data used in this analysis represented into two time periods, including (i) present (values for the period 1971–2005), and (ii) future, called year 2070 (values for the period 2021–2070). To evaluate future climate changes, daily climate data from Yazd Synoptic station for 1971-2005 period have been used. Data, including precipitation, maximum and minimum temperatures and sunshine hours. To investigate the climate changes of Yazd-Ardakan plain in the future period of 2021-2070, RCP 4.5 scenario has been used through SDSM 4.2.9 software. The effect of climate change on reference evapotranspiration and agricultural water needs were estimated. Crop evapotranspiration and irrigation requirements for two periods, were estimated following the standard procedure described in the FAO Irrigation and Drainage Paper 56 (UN-FAO, 2007) and CROPWAT software. Two indices considered to evaluate the sustainability of the agricultural water consumption in the study area. These indices including the ratio of evapotranspiration to the precipitation (EPR) and the ratio of maximum agricultural water deficit to the amount of agricultural water need as deficit index (MD). These indices estimated under present and future climatic conditions. To evaluate the amount of water used for main agricultural products, questionnaires were completed in the area.

Results and Discussion

The results of statistical validation of the predicted values, showed no significant differences between historical and predicted values of precipitation, maximum and minimum temperatures and sunshine. Therefore, suitability of LARS-WG model to simulate climatic data of the study area is confirmed. Investigation of the precipitation in the Yazd station showed that in spring season, precipitation will be declining and in autumn will be increasing. In other words, the distribution of precipitation in the future will have significant changes and as winter precipitation decreases the spring

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payamnoor University, Iran.

2- Associate Professor, Department of Watershed and Rangeland Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.

(*- Corresponding Author Email: fa_barzegar@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.62527

precipitation will have increasing trend. Results showed that monthly minimum and maximum temperature will increase in almost all months. Results of estimating agricultural water requirements showed that due to higher temperature, reference evapotranspiration, crop evapotranspiration and irrigation requirements will be increased up to 4% under climate change conditions. The EPR and MD indexes will increase by 24% and 13% respectively. The results revealed the imbalance between agricultural water use and the precipitation in the study area. In the other hand, results of the questionnaires showed that, the water used in irrigated agricultural areas is not in accordance with the requirements of products and therefore leads to water stress and, consequently, yield reduction of products. Therefore, in these conditions, appropriate management strategies and planning should be implemented to ensure the sustainability of water resources in the Yazd-Ardakan plain.

Conclusion

This work focused on the climate change impact on cultivated area in the Yazd-Ardakan plain considering the possible alterations of crop evapotranspiration and irrigation requirements. According to this study by increasing in maximum temperature in the future, water needs of agricultural section will grow significantly. Therefore, planners and authorities should consider this fact for the future water resources allocation and strategies.

Keywords: CROPWAT software, Evapotranspiration, RCP 4.5scenario, SDSM model



مستندسازی فرایندهای تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در سیستم‌های آبی و دیم در استان گلستان

مریم طهماسبی^۱، محمود رمرودی^{۲*}، افشین سلطانی^۳، احمد قنبری^۴ و براتعلی فاخری^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۱

طهماسبی، م.، رمرودی، م.، سلطانی، ا.، قنبری، ا.، و فاخری، ب. ۱۳۹۷. مستندسازی فرایندهای تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در سیستم‌های آبی و دیم در استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۷۷-۱۲۰۲.

چکیده

مستندسازی از قدم‌های اولیه و اساسی در بهبود هر فرآیند تولیدی است که متأسفانه جایگاه درخوری در بخش کشاورزی کشور ندارد. مستندسازی فرآیند تولید یک محصول در کشاورزی شامل تهیه کلیه اطلاعات و فعالیت‌هایی است که سیر تولید آن محصول از مرحله آماده‌سازی بستر بذر تا برداشت را نشان می‌دهد. در این مطالعه به منظور بهره‌گیری از این ابزار در جهت بهبود فرایندهای تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در دو سیستم آبی و دیم استان گلستان، کلیه فعالیت‌ها و مصرف نهاده‌ها که هر مدیر مزرعه در طی سه سال گذشته به طور معمول انجام داده یا مصرف کرده است، در ۵۴۰ مزرعه با مدیریت‌های مختلف ثبت گردید. نتایج مستندسازی نشان داد که میانگین مساحت مزارع آبی بیشتر از دیم بود. اکثر مزارع آبی قبل از گندم زیر کشت دو محصول تابستانه سویا (*Glycine max* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) بودند، بیشتر مزارع دیم محصول تابستانه نداشته و اکثر مزارع در سال قبل نیز زیر کشت گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.) بودند. اکثر تولیدکنندگان گندم آبی و دیم از گاوآهن و دیسک به عنوان خاک‌ورزی اولیه استفاده کرده‌اند. همچنین بیشترین نوع ادوات کشت در تولید گندم در هر دو سیستم، خطی کار بود. رقم مروارید بیشترین رقم مورد استفاده در هر دو سیستم کشت گندم دیم و آبی بود. مقدار بذر مصرفی در سیستم دیم بیشتر و تاریخ کشت نیز از گستردگی زمانی بیشتری نسبت به کشت آبی برخوردار بود. ۵۰ درصد از مزارع مورد بررسی در بخش آبی و دیم به ترتیب حداقل از ۹۵ و ۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص استفاده کردند. در هر دو سیستم بیشترین استفاده از علف‌کش مربوط به گرانستار و تاپیک، بیشترین استفاده از قارچ‌کش مربوط به تیلت و بیشترین استفاده از آفت‌کش دیازینون بود. ترجیح کشاورزان به استفاده از روش‌های سنتی آبیاری برای مزارع بود. دامنه زمانی برداشت گندم از اواسط اردیبهشت تا اواخر خرداد بود. میانگین عملکرد گندم آبی ۳۸۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که از دیم با عملکرد ۳۱۴۵ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود. نتایج این مطالعه با ارایه تصویری کلی از زیر فرایندهای تولید گندم در سیستم‌های آبی و دیم و مشخص‌سازی دقیق مقدار و زمان ورود نهاده‌ها به فرآیند تولید امکان ارزیابی‌های جامع‌نگر تولید گندم در گلستان از دیدگاه‌های زیست محیطی، اقتصادی و جامعه‌شناختی را میسر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: زیست محیطی، علف‌کش، عملکرد، مزارع، نهاده

مقدمه

میزان کمی عملکرد، بهره‌وری تولید، کارایی مصرف نهاده‌ها، میزان مصرف انرژی و در نهایت اثرات زیست محیطی ناشی از تولید دارد. بنابراین نیاز به پایش و بهبود فرایندهای منتهی به تولید محصولات کشاورزی در جهت کاهش چالش‌های مرتبط با مدیریت‌های زراعی در سیستم‌های کشاورزی اجتناب ناپذیر است. از لحاظ علمی بهبود چنین فرایندهای مدیریتی با استفاده از تکنیک‌های مختلفی میسر است که در این بین بهبود مستمر^۲، و مهندسی مجدد فرایندها^۱ از

مدیریت فرآیند تولید در سیستم‌های کشاورزی اثر مستقیم بر

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل

۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- استاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

(*)- نویسنده مسئول: (Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.62926

سوی سازمان‌های معتبر جهانی مانند ISO^۲ مورد تأکید قرار گرفته است اکهاوان (Akhavan, 2002)؛ اما استفاده از روش مستندسازی در کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به حجارپور (Hajjarpoor, 2016)، رضوان‌طالب، (Rezvantab, 2015)، ترابی و همکاران (Torabi et al., 2012) و بازرگار (Bazrgar, 2011) اشاره کرد. استان گلستان از لحاظ میزان تولید در اغلب سال‌ها بسته به شرایط آب و هوایی، یکی از استان‌های برتر تولیدکننده گندم در کشور به همراه استان‌های فارس، خوزستان، کردستان و کرمانشاه بوده است (Bureau of Statistics and Information Technology, 2015). بدون شناخت کامل و جامع از چگونگی نحوه انجام کلیه عملیات زراعی، به دشواری و با صرف زمان زیاد می‌توان در جهت رفع نیازهای کشاورزان و تقویت نقاط قوت تولید محصولات مختلف و برطرف نمودن نقاط ضعف آن گام مؤثری برداشت. بنابراین در این تحقیق بر آن است که کلیه محققین به صورت یک‌پارچه و مستند با فرآیند تولید محصول گندم در استان گلستان به صورت آماری آشنا گردند و این تحقیق مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های مؤثر در جهت رفع نیاز کشاورزان، کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار آلودگی‌های زیست محیطی با تغییر شیوه مدیریتی مزارع باشد.

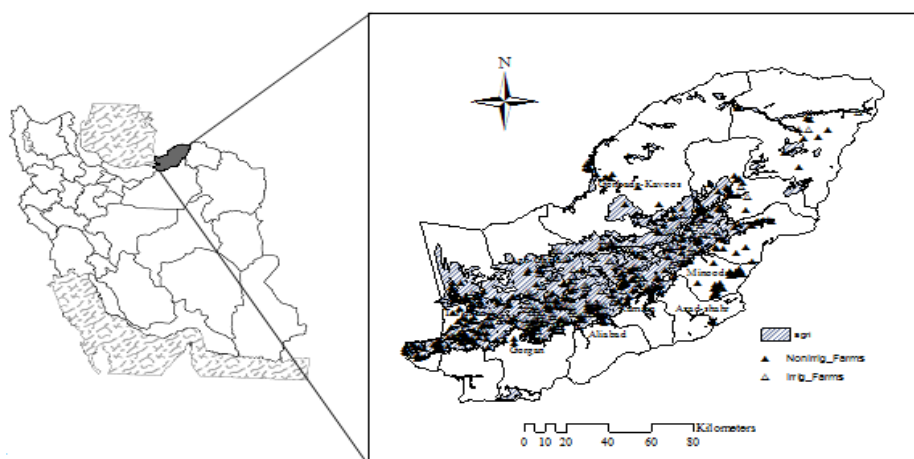
مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه و اطلاعات زراعی: این مطالعه در استان گلستان در شمال کشور که بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی قرار دارد، انجام شده است (شکل ۱). داده‌های اولیه از طریق مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان و یادداشت‌برداری از میانگین عملیات مختلف زراعی طی سه سال مدیریت گذشته کشاورز در مهرماه ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد. مساحت استان گلستان ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع است، که ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد (Bureau of Statistics and Information Technology, 2015). تنوع اقلیمی استان گلستان به دلیل شرایط جغرافیایی و طبیعی، قابل توجه می‌باشد. استان گلستان از لحاظ جغرافیایی در میان رشته کوه البرز در جنوب و جنوب شرقی و مناطق دشت مسطح در شمال و شمال غربی واقع شده است. بر این اساس نواحی جنوب از آب و هوای کوهستانی، نواحی مرکزی و جنوب غربی از آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای و نواحی شمالی از آب و هوای نیمه‌خشک و خشک برخوردار است. به

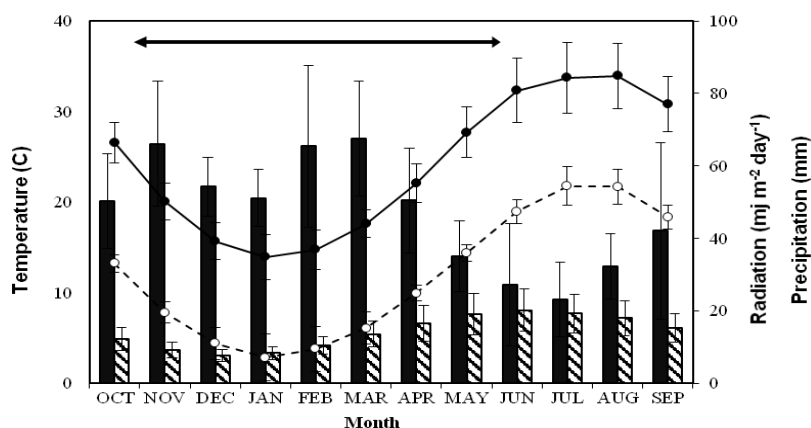
مهم‌ترین آن‌ها هستند (Zarei & Zarei, 2004). از قدم‌های اولیه و البته اساسی در بهبود چنین فرآیندهایی، دستیابی به نگرشی مشخص و یکپارچه در خصوص چگونگی انجام فعالیت‌ها در شرایط موجود است که اصطلاحاً مستندسازی فرآیندها گفته می‌شود (Turner & Detoro, 2000). بدون تردید بر اساس شناخت وضع موجود می‌توان نمای مورد نیاز برای رسیدن به وضع مطلوب را طراحی و اجرا کرد. در پروژه‌های ارزیابی و بهبود فرآیندها مستندسازی یکی از فعالیت‌هایی است که بخش عمده زمان پیش فرض را شامل می‌شود. اختصاص ۷۰ درصد زمان کل پروژه در برخی نمونه‌ها به مستندسازی در فعالیت‌های ارزیابی و بهبود فرآیندها نشان از اهمیت این بخش دارد (Turner & Detoro, 2000). مستندسازی فرآیندهای تولید در سیستم‌های کشاورزی شامل گردآوری، پردازش، طبقه‌بندی و ارایه کلیه اطلاعات و فعالیت‌هایی است که خط منتهی به تولید یک محصول کشاورزی را نشان می‌دهد. در چنین نگرشی مزرعه به عنوان واحد تولید فرض و بنابراین کلیه فرآیندها از هنگام آماده‌سازی این واحد تولیدی برای کشت تا هنگام خروج محصول از مزرعه پس از برداشت در محدوده مستندسازی قرار می‌گیرند. ارایه تصویری کلی از فرآیندها و توالی انجام آنها، امکان نمایاندن وضعیت تولید در حیطه آموزش، پژوهش و انتقال تجارب، تبیین نقش و اهمیت فرآیندهای مختلف در دستیابی به اهداف راهبردی، آسانی ارزیابی سازمان تولید، کاهش تجربه‌گرایی در اجرای فرآیندهای تولیدی، ساماندهی هزینه‌های تولید و پوشش کاستی‌های آماری و اطلاعاتی را از مهم‌ترین قابلیت‌ها و کارکردهای مستندسازی می‌توان برشمرد (Bazrgar, 2011). همچنین در تحقیقی که ترابی و همکاران (Torabi et al., 2012) انجام دادند، حفظ منابع اطلاعاتی مورد استفاده در پروژه، تطابق هزینه‌های حقیقی با هزینه‌های برآوردی، جلوگیری از پراکندگی و تکرار فعالیت‌ها، مشخص کردن سیاست‌های اجرایی و بهره‌برداری و آشکار کردن نقص‌ها و نیازهای آماری و اطلاعاتی را از مهم‌ترین نقش‌های مستندسازی دانستند. جهت محاسبه مصرف انرژی در سیستم‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی، در گام نخست باید کلیه فعالیت‌های انرژی‌بر را در مزارع مختلف ثبت نمود که به این مرحله فرایند مستندسازی اطلاق می‌شود و کلیه عوامل دخیل در مصرف انرژی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بیشتر زمان استفاده شده در چنین تحقیقات صرف فرآیند مستندسازی می‌شود که اهمیت این مسأله را بیان می‌کند. نگاهی به سابقه مستندسازی در کشور نشان می‌دهد که اگرچه مستندسازی در بسیاری از علوم به عنوان ابزاری کارآمد در پیاده‌سازی و نگهداری سیستم‌های مختلف، به‌ویژه مدیریت کیفیت، مورد استفاده قرار گرفته و همیشه به‌عنوان قدمی اساسی برای بهبود سیستم‌های مزبور از

برنج (*Oryza sativa* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) و بعد از آن در کشت پاییزه گیاهانی چون گندم، کلزا (*Brassica napus* L.) و سیبزمینی (*Solanum tuberosum* L.) کشت می‌شوند. در بین این محصولات گندم پاییزه بیشترین سطح زیر کشت را دارد که معمولاً از اواخر آبان تا اواخر آذر با میانگین دمای ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارش باران ۴۲۰ میلی‌متر کشت و نیز به طور معمول در خردادماه برداشت می‌شود (Soltani et al., 2013). طبیعتاً فصل کشت گندم آبی در استان طولانی‌تر از فصل کشت گندم دیم می‌باشد.

طور میانگین، متوسط درجه حرارت سالانه منطقه مورد مطالعه ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین تابش خورشیدی ۱۴/۲ مگاژول بر متر مربع در روز و کل بارش سالانه ۵۶۵ میلی‌متر است (شکل ۲). تولید محصولات کشاورزی در استان گلستان به‌طور عمده در مناطق نیمه کوهستانی و به شکل نواری بین دامنه رشته کوه سرد و مرطوب البرز و دشت گرم و خشک ترکمن صحرا متمرکز شده است که شکل ۱ توزیع مزارع نمونه منطقه کشت استان را نشان می‌دهد. به‌طور کل در استان گلستان فصل کشت به دو قسمت بهار و پاییزه تقسیم می‌شود. در کشت بهار گیاهانی مثل سویا (*Glycine max* L.)، پنبه،



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه شده استان گلستان در ایران (چپ) و توزیع جغرافیایی از ۵۴۰ مکان پایشی در استان گلستان (راست)
Fig. 1- Location of the study region Golestan Province within Iran (left) and the geographical distribution of the 540 survey sites within Golestan Province (right)



شکل ۲- میانگین بلند مدت (۱۹۹۱–۲۰۱۲) ماهانه‌ی حداقل (دایره‌های سفید) و حداکثر دما (دایره‌های سیاه)، بارندگی (ستون‌های سیاه) و تابش خورشیدی (ستون‌های راه راه) استان گلستان

خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین ۶ ایستگاه (شامل ایستگاه‌های سینوپتیک و شرکت آب منطقه‌ای) می‌باشند. پیکان، نشان‌گر دوره‌ی رشدی گندم در منطقه مورد نظر است.

Fig. 2- Long-term (1991–2012) average of monthly minimum temperature (white circles), maximum temperature (black circles), precipitation (black bars) and solar insolation (stripe bars) of Golestan Province
The error bars show the deviations over six different weather stations across the province. The horizontal arrow indicates the growing period of wheat.

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌ها از طریق مصاحبه

چهره به چهره با کشاورزان مجرب و یادداشت‌برداری از میانگین عملیات مختلف زراعی طی سه سال مدیریت گذشته کشاورز در مهرماه ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد. برای این پژوهش کل مناطق تولید گندم در استان در دو بخش دیم و آبی مورد مطالعه قرار گرفتند. انتخاب مزارع به عنوان دیم و یا آبی بسته به سابقه‌ی تولید در آن مناطق و شرایط اقلیمی آنها و پس از مشورت با کارشناسان و متخصصان سازمان جهاد کشاورزی استان صورت گرفت. در استان گلستان در مجموع، ۱۴ شهرستان، ۳۶ مرکز خدمات کشاورزی وجود دارد. بدین صورت که تعداد مراکز خدمات در هر شهرستان از یک تا پنج مرکز براساس اهمیت، سطح زیر کشت و تولید محصولات منطقه در هر شهرستان متغیر بوده است. برای این مطالعه از هر مرکز خدمات کشاورزی ۱۵ مدیریت مختلف مزرعه تولید گندم به‌طور تصادفی انتخاب شدند.

اطلاعات مورد نیاز مربوط به کشاورز (سن، جنسیت، سابقه تولید گندم و ...)، مزرعه (موقعیت، ارتفاع، مساحت و ...)، مدیریت زراعی شامل عملیات زراعی (نوع، زمان و تعداد ادوات مربوط به عملیات‌های آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت و بسته‌بندی)، نهاده‌های مصرفی (رقم مورد استفاده، نوع و میزان کود، میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد، میزان و زمان آبیاری (روش‌های آبیاری سنتی و تحت فشار...) و مسائل مربوط به میانگین زمان کشت و برداشت و عملکرد در هر مزرعه از طریق پرسش از کشاورزان ثبت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. در این بررسی‌ها دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام شده در مزارع گندم و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند، مشخص شدند. همچنین در موارد مورد نیاز، عملکرد شیوه‌های مختلف مدیریتی با محاسبه اشتباه معیار^۱ و درج خطوط خطا^۲ روی نمودار، مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث**مساحت مزارع:** کل مساحت مزارع بررسی شده در این تحقیق

در بخش آبی، ۶۸۹۹/۱ هکتار و در بخش دیم ۴۶۰۷/۵ هکتار بود. از مجموع ۲۶۰ مزرعه بررسی شده در بخش آبی استان ۱۲۴ مزرعه (۴۷/۷ درصد مزارع)، میانگین مساحتی کمتر از ۱۰ هکتار داشتند و مساحت مزارع از ۰/۲ هکتار در آزادشهر تا ۲۰۳۸ هکتار در رامیان متغیر بود (شکل ۳). همچنین درصد مزارع آبی با مساحت بیشتر از ۵۰

هکتار نیز تنها ۶/۵ درصد بود. مساحت مزارع گندم دیم نیز از ۰/۵ هکتار در بندرگز، کردکوی، گرگان و رامیان تا ۵۰۰ هکتار در گنبد متغیر بود. در مجموع ۲۸۰ مزرعه بررسی شده در بخش دیم، سهم مزارع با مساحت بیشتر از ۵۰ هکتار تنها ۵/۴ درصد بود. میانگین مساحت زمین‌های تحت کشت گندم آبی در استان در این پژوهش ۲۶/۵ هکتار و میانگین مساحت مزارع دیم، ۱۶/۵ هکتار بود.

به‌طور کلی مساحت کم مزارع در دو بخش آبی و دیم نشان می‌دهد که زراعت و تولید گندم آبی در استان بیشتر تحت تأثیر خرده‌مالکی قرار دارد. ترابی و همکاران (Torabi et al., 2012). و رضوان‌طلب (Rezvantlab, 2015) نیز با انجام مستندسازی در شهرستان گرگان برای کشت گندم گزارش نمودند که متوسط مساحت زمین‌های تحت کشت گندم در این منطقه در حدود ۷ هکتار بوده است. در پژوهشی دیگر در استان گلستان برای کشت گندم گزارش شده است که متوسط زمین‌های تحت کشت گندم آبی و دیم به ترتیب ۱۰ و ۱۴ هکتار می‌باشد (Hajjarpoor, 2016).

محصول قبلی: در مزارع کشت گندم آبی و دیم به ترتیب ۱۱ و ۱۰ نوع محصول مختلف به صورت پاییزه و یا تابستانه پیش از کشت شدند، در حالی که اکثر مزارع آبی قبل از کشت دو محصول تابستانه‌ی سویا و برنج بودند، مزارع دیم محصول تابستانه نداشته و اکثر مزارع در سال قبل نیز زیر کشت گندم و جو بودند (شکل ۴). انتخاب سویا و برنج به عنوان محصولات تابستانه در مزارع آبی نیز به این دلیل است که تاریخ برداشت این دو محصول تقریباً اوایل مهرماه آغاز می‌شود و کشاورزان فرصت کافی برای تهیه بستر بذر مناسب گندم را دارند (Hajjarpoor, 2016).

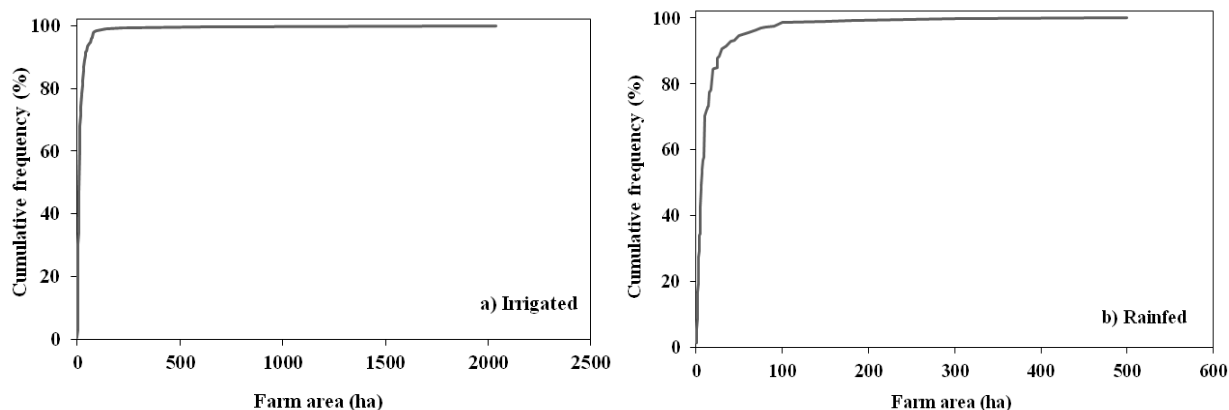
در بخش آبی استان، تعداد ۱۱۲ مزرعه (۴۳/۱ درصد) قبل از کشت اقدام به کشت محصول سویا کرده بودند. ۲۱/۹ درصد (۵۷ مزرعه) از محصول قبل مزارع گندم، اختصاص به کشت برنج داشت که شهرستان گنبد و آق‌قلا به ترتیب با تعداد ۱۱ و ۱۵ مزرعه بالاترین سطح زیر کشت برنج را در اختیار داشتند. محصول قبلی و پاییزه گندم با ۱۸/۸ درصد نیز رتبه بعدی را در اختیار داشت؛ این به این معنی است که این مزارع در تابستان اقدام به کشت و کار نکرده‌اند. محصولات بعدی شامل هندوانه، ذرت علوفه‌ای، پنبه و آفتابگردان به ترتیب با ۴/۶، ۴/۲، ۳/۵ و ۱/۵ درصد رتبه‌های بعدی را در اختیار داشتند؛ گوجه، لوبیا، خربزه و توتون نیز سطح زیر کشتی کمتر از یک درصد داشتند. همچنین ۲۱ درصد از کشاورزانی که بعد از کشت گندم تصمیم به کشت برنج را دارند، بقایای باقی مانده در زمین را پس از خارج کردن قسمت عمده بقایای بسته‌بندی شده توسط دستگاه کاهبند، آتش می‌زنند. آتش زدن کاه و کلش گندم و جو و بعضاً بقایای دیگر محصولات در شرایط کشت آبی به‌منظور آسان‌سازی عملیات زراعی برای کشت بعد و استقرار بهتر بذر در

1- Standard error

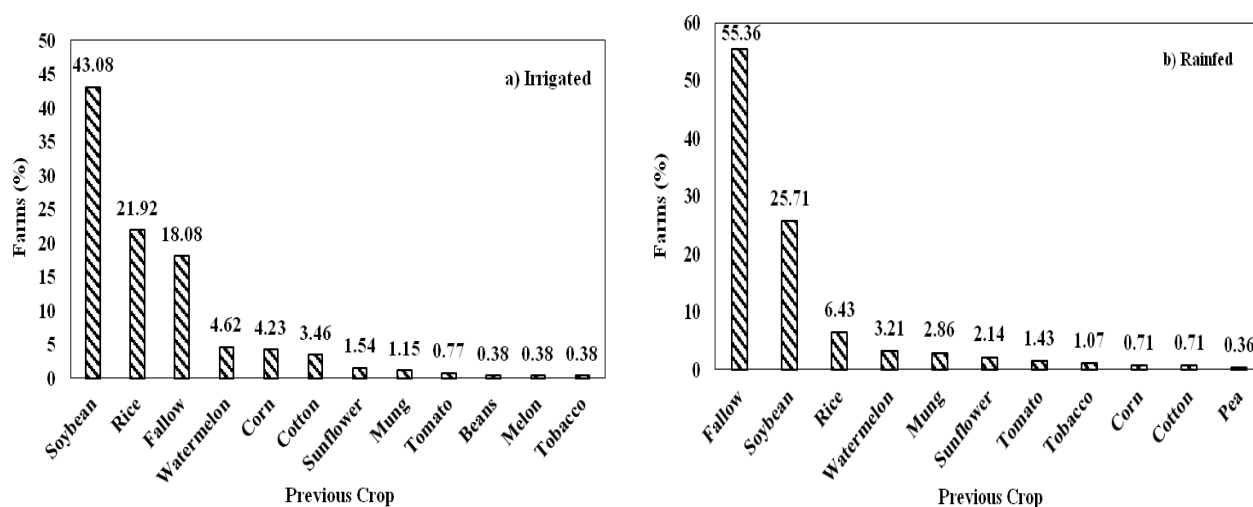
2- Error bars

(Khajehpour, 2013). در بخش دیم استان، تعداد ۱۵۵ مزرعه (۵۵/۴ درصد) کشت متناوب گندم را داشتند. در ۲۵/۷ درصد از مزارع (۷۲ مزرعه)، محصول قبل مزارع گندم، اختصاص به کشت سویا و ۶/۴ درصد از آن‌ها اختصاص به کشت برنج داشت.

شرایطی که ماشین کاشت نتواند در صورت وجود بقایا، بذور را به طور مطلوبی در تماس با خاک قرار دهد، صورت می‌گیرد؛ فارغ از این واقعیت که این عملیات علاوه بر آلودگی محیط زیست باعث کاهش مواد آلی و همچنین از بین بردن میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود



شکل ۳- درصد فراوانی تجمعی مساحت مزارع گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 3- Cumulative frequency (%) of (a) irrigated and (b) rainfed wheat fields area in Golestan Province



شکل ۴- درصد سطح زیر کشت محصول قبل از کشت گندم (الف) آبی و (ب) دیم استان گلستان
Fig. 4- Cultivated area (%) of previous crop in (a) irrigated and (b) rainfed wheat farms of Golestan province

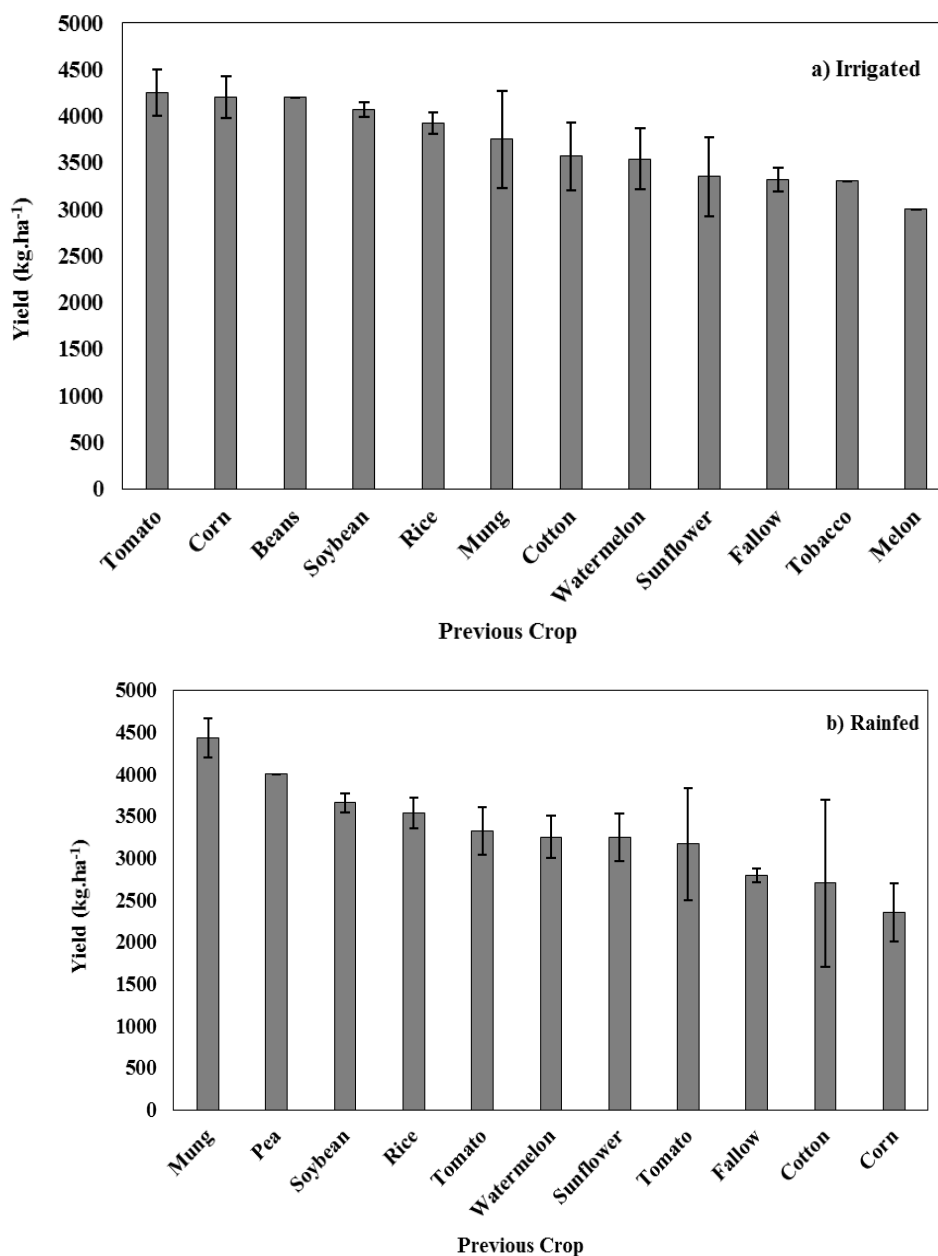
خاک داشته و باعث تقویت خاک گشته و در نتیجه افزایش عملکرد محصول بعدی را به دنبال دارد.

عملیات آماده‌سازی بستر بذور: شخم زمین در اراضی آبی استان از اواخر تابستان تا اواسط آبان ماه و پس از کم شدن تراکم کار سایر محصولات یا کمی قبل از کاشت انجام می‌گردد. اراضی دیم به این علت که معمولاً محصول تابستانه کشت نمی‌کنند، از لحاظ زمانی

با توجه به مقایسه میانگین انجام شده در مزارع آبی، کشت گوجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا و سویا قبل از گندم منجر به دستیابی به عملکرد بالاتری نسبت به سایر محصولات شده است. در شرایط دیم کشت ماش و نخود قبل از گندم باعث دستیابی به عملکردهای بالاتری در گندم شده است (شکل ۵). دلیل این امر می‌تواند این باشد که این دو محصول تابستانه تأثیر مثبتی بر ساختمان و مواد غذایی موجود در

بار به خصوص در مزارع آبی که از سیستم آبیاری سنتی یا غرقابی استفاده می‌کنند می‌تواند مفید باشد. مراحل آماده‌سازی بستر بذر در زیر به صورت مرحله به مرحله آورده شده است.

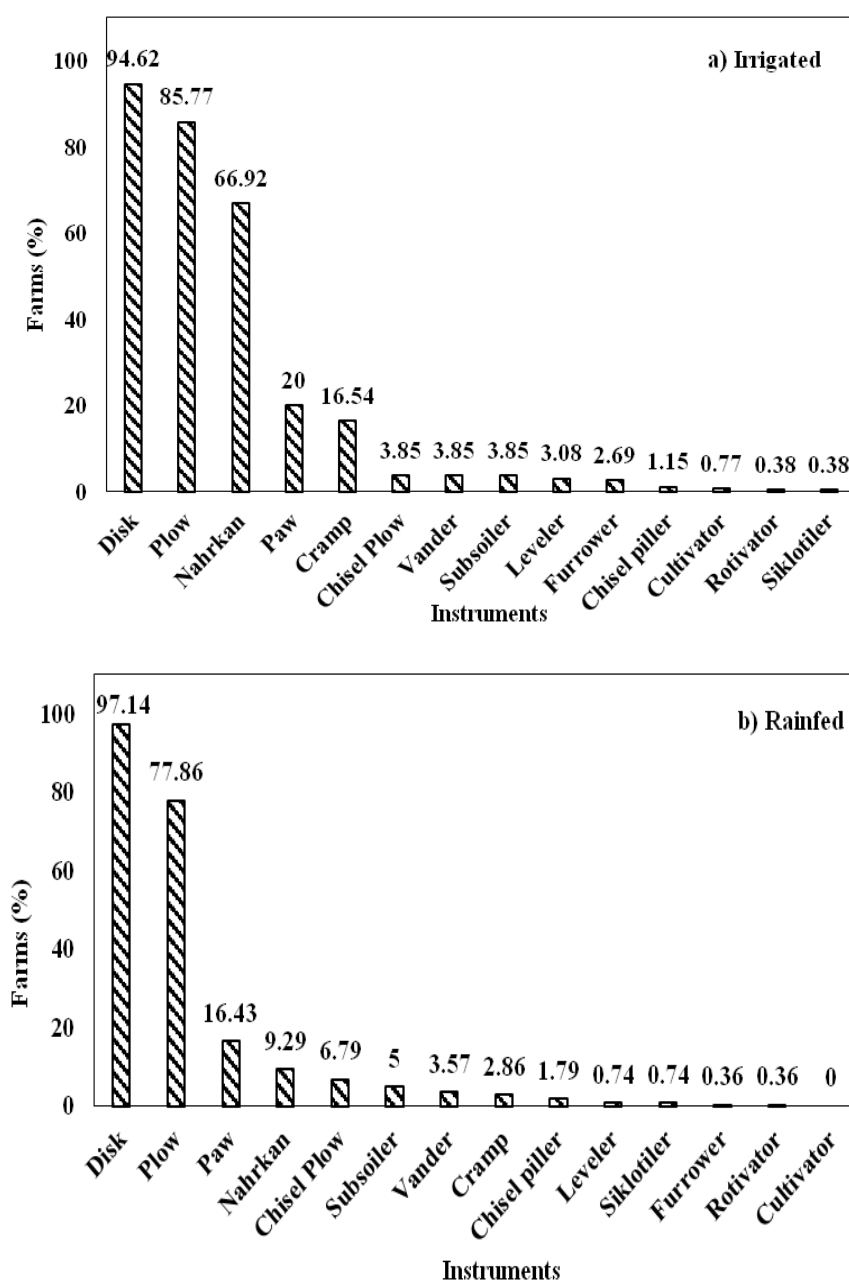
محدودیتی برای خاک‌ورزی ندارند. لازم به ذکر است که در حدود ۳ و ۱ درصد از کشاورزان به ترتیب در مزارع آبی و دیم بررسی شده، پیش از هرگونه خاک‌ورزی اقدام به تسطیح اراضی مزارع خود به وسیله لولر نمودند (شکل ۶). انجام این عملیات به طور معمول هر چند سال یک



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد با توجه به محصول قبلی مزارع گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین مزارع هستند.

Fig. 5- Average yield comparison according to previous crop of (a) irrigated and (b) rainfed for wheat fields in Golestan province

The error bars show the standard error (SE) over fields.



شکل ۶- درصد استفاده از ادوات مختلف خاک‌ورزی در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
 Fig. 6- Use tillage instruments (%) of (a) irrigated and (b) rainfed wheat farms of Golestan province

حدود ۴ درصد کشاورزان در مزارع آبی و ۵ درصد در مزارع دیم بررسی شده اقدام به زدن زیرشکن کردند. تأثیر مثبت زیرشکن می‌تواند در شرایط معمولی تا حدود سه سال در مزرعه باقی بماند. در صورتی که کشاورزان بخواهند لایه‌های سخت در عمق بیشتری (۶۰-۷۰ سانتی‌متر) را بشکنند، می‌توانند از گاواهن قلمی (چیزل) نیز استفاده کنند (Latifi et al., 2012). حدود ۴ درصد از کشاورزان در

زیرشکن: به منظور شکستن لایه‌های متراکم در زیر عمق شخم و افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک و تهویه مناسب، زیرشکن‌زنی با استفاده از زیرشکن‌های سه شاخه‌ای با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و یا دو شاخه‌ای با فاصله ۸۰ سانتی‌متر، یک ماه قبل از انجام خاک‌ورزی اولیه در عمق بین ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مفید واقع می‌شود (Kalateh Arabi et al., 2013). در این تحقیق در

خود استفاده کردند. اعمال آخرین دیسک عمدتاً بستگی به نحوه کاشت و اختلاط کود با خاک توسط کشاورزان دارد. چنانچه از روش‌های بذرپاشی توسط سانتریفوژ یا دست استفاده گردد آخرین دیسک‌زنی پس از کاشت گندم انجام می‌پذیرد، ولی چنانچه از روش‌های خطی‌کار، عمیق‌کار و کمبینات استفاده گردد، آخرین دیسک قبل از کاشت و معمولاً جهت اختلاط کودهای پایه انجام می‌گیرد. در اراضی دیم کم باران برای حفظ رطوبت خاک می‌توان به جای شخم از دیسک برای عملیات خاک‌ورزی استفاده کرد.

کشاورزان از ادوات دیگری نیز جهت تهیه بستر مناسب‌تر بذر استفاده کردند که در این میان استفاده از ادوات خاک‌ورزی نیمه حفاظتی مانند پنجه‌غازی در مزارع گندم آبی بیشتر از دیم بود (۲۰ درصد در مقابل ۱۷ درصد). سایر ادوات مورد استفاده شامل چنگه، فاروئر، خاک‌ورز مرکب، لولر، کولتیواتور، سیکلوتیلر و روتیواتور بودند که به مراتب در مزارع کمتری استفاده شدند. همچنین در حدود ۳ و ۰/۳ درصد از کشاورزان به‌ترتیب در مناطق آبی و دیم از فاروئر استفاده کرده‌اند که این عمل پس از کشت جهت تسهیل حرکت آب در مزرعه و عدم آب‌گرفتگی شدید پای بوته‌ها انجام می‌شود.

کاشت

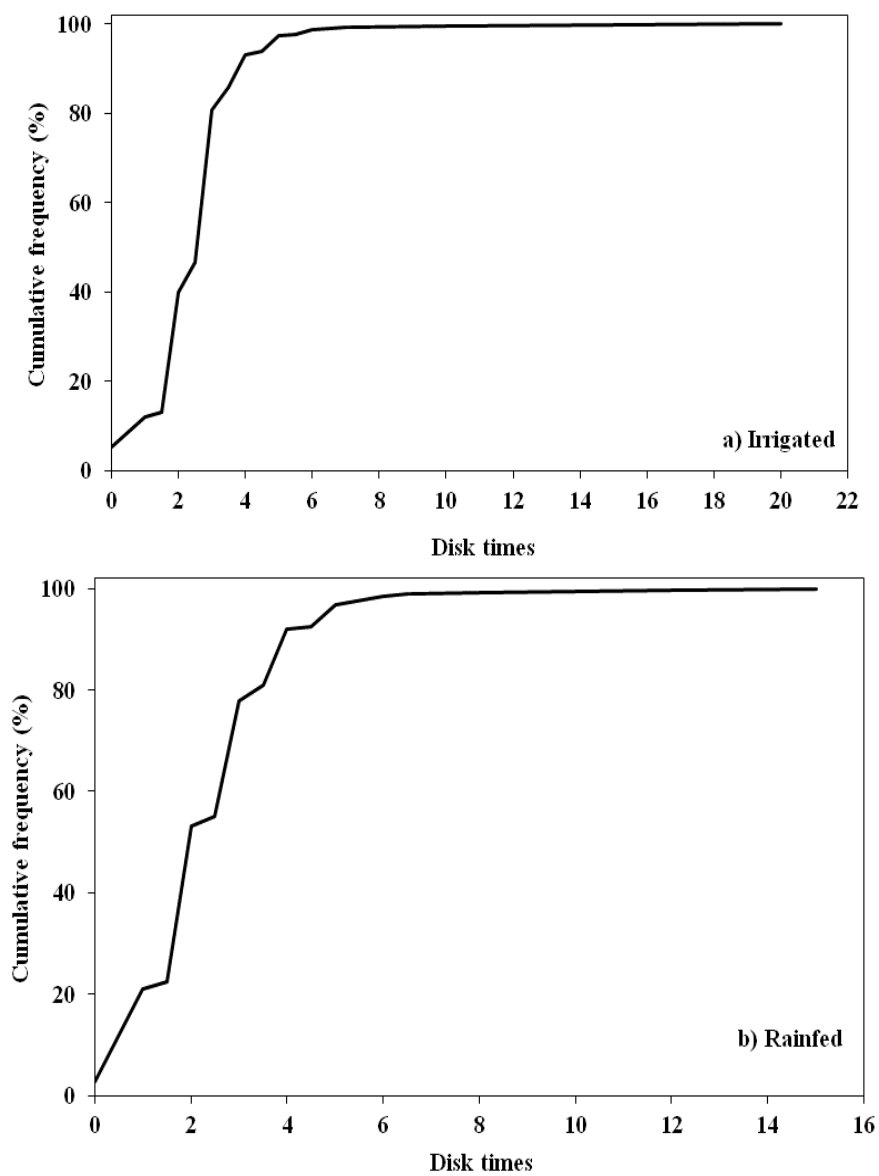
روش کاشت: برای کاشت غلات در اراضی آبی و به‌منظور آبیاری در مراحل مختلف نمو استفاده از خطی‌کارهای فاروئر‌دار بهترین نتیجه را می‌دهد (Hajjarpoor, 2016). همچنین بعد از انجام کاشت با سانتریفوژ، بعضی از کشاورزان اقدام به زدن فارو می‌کنند که در بخش عملیات آماده‌سازی بستر بذر به آن پرداخته شد. در حدود ۶۸ درصد مزارع آبی از خطی‌کار، ۱۸ درصد از سانتریفوژ و ۱۳ درصد از مزارع هم از کمبینات جهت کشت استفاده کردند. در حدود ۲ درصد از مزارع آبی نیز اقدام به کشت به وسیله دست یا نیروی کارگری کردند (شکل ۸).

در مزارع دیم در حدود ۷۰ درصد از کشاورزان برای کشت از دستگاه‌های خطی‌کار (یا عمیق‌کار)، ۲۰ درصد از سانتریفوژ، ۴ درصد از کمبینات و ۹ درصد از مزارع از دست یا نیروی کارگری استفاده کردند. درصد استفاده از دستگاه‌های خطی‌کار و سانتریفوژ در هر دو سیستم کشت آبی و دیم تقریباً مساوی بود، ولی اختلاف در درصد استفاده از دستگاه کمبینات و کشت به صورت دستی در مزارع آبی و دیم بود (شکل ۹).

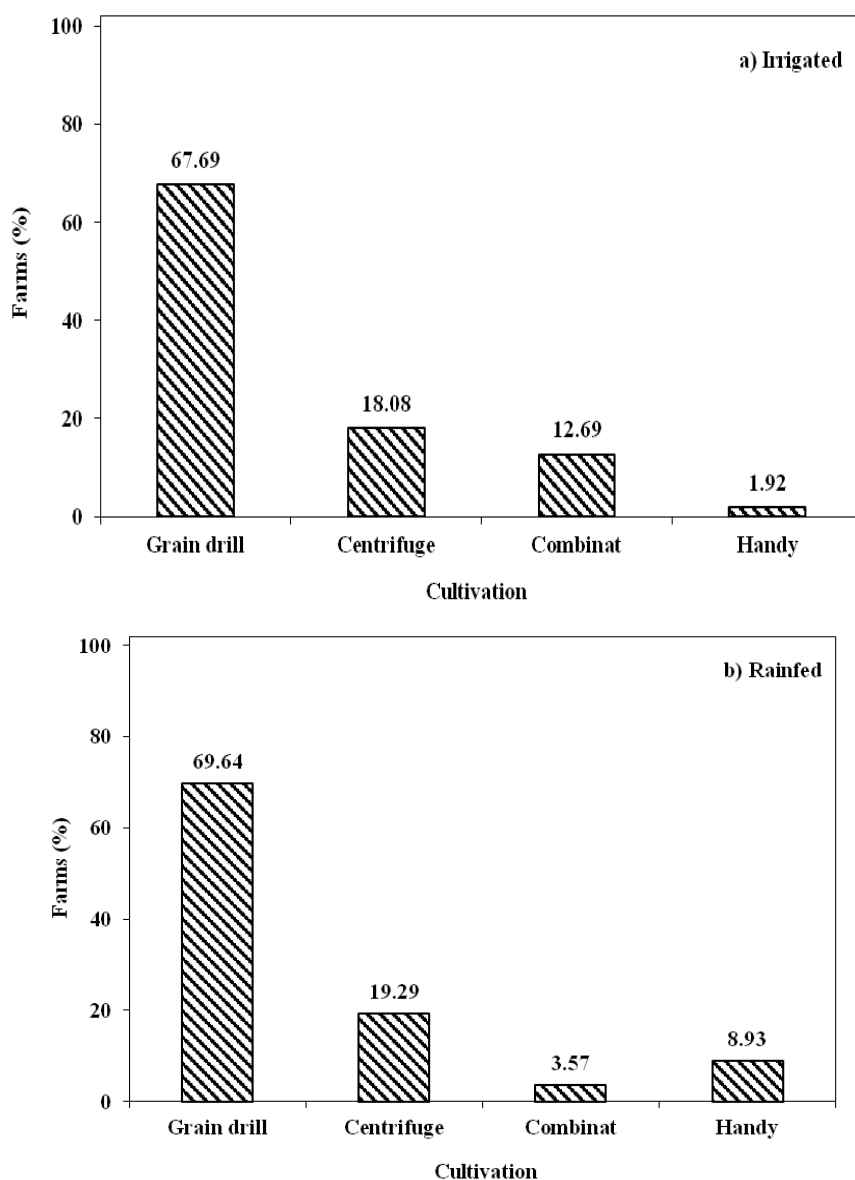
بخش آبی از چیزل استفاده کرده‌اند، اما استفاده از چیزل در بخش دیم استان بیشتر بود و حدود ۷ درصد مزارع از آن استفاده کردند. استفاده از زیرشکن مقدار نفوذ‌پذیری آب و هوا را افزایش داده و به همین دلیل موجب کاهش فرسایش آبی تا حد قابل ملاحظه‌ای می‌شود (Gazor & Loghavi, 2007). نتایج تحقیقی نشان داد که اجرای عملیات زیرشکنی موجب افزایش نسبی غیر معنی‌دار تولید گندم آبی نسبت به انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و در حالت بدون استفاده از زیرشکن شد (Solhjoo & Niyazi Ardakani 2001).

شخم با گاوآهن برگردان‌دار: در صورتی که زمین زیر محصول تابستانه نباشد، کشاورزان معمولاً از یک شخم تابستانه و سپس یک شخم در پاییز استفاده می‌کنند، اما به‌طور کلی در حدود ۸۶ درصد کشاورزان در مزارع آبی استان از حداقل یک بار گاوآهن برگردان‌دار (سوکی و بشقابی) استفاده کرده‌اند. این عملیات در رطوبت خاک حدود ۲۰-۱۵ درصد (اصطلاحاً گاوآهن بودن زمین) بهترین شرایط را برای شخم ایجاد می‌کند، بطوری‌که لایه خاک در حین برگردان شدن از هم گسسته می‌شود. در مناطق دیم به صورت معمول جهت خاک‌ورزی یک شخم تابستانه و بعد از آن در پاییز دیسک زده می‌شود. در حدود ۷۸ درصد از مزارع از گاوآهن برگردان‌دار جهت شخم در مناطق دیم استفاده کردند (شکل ۶). لازم به ذکر است در اراضی دیم و خشک استفاده از گاوآهن برگردان‌دار برای خاک‌ورزی توصیه نمی‌شود.

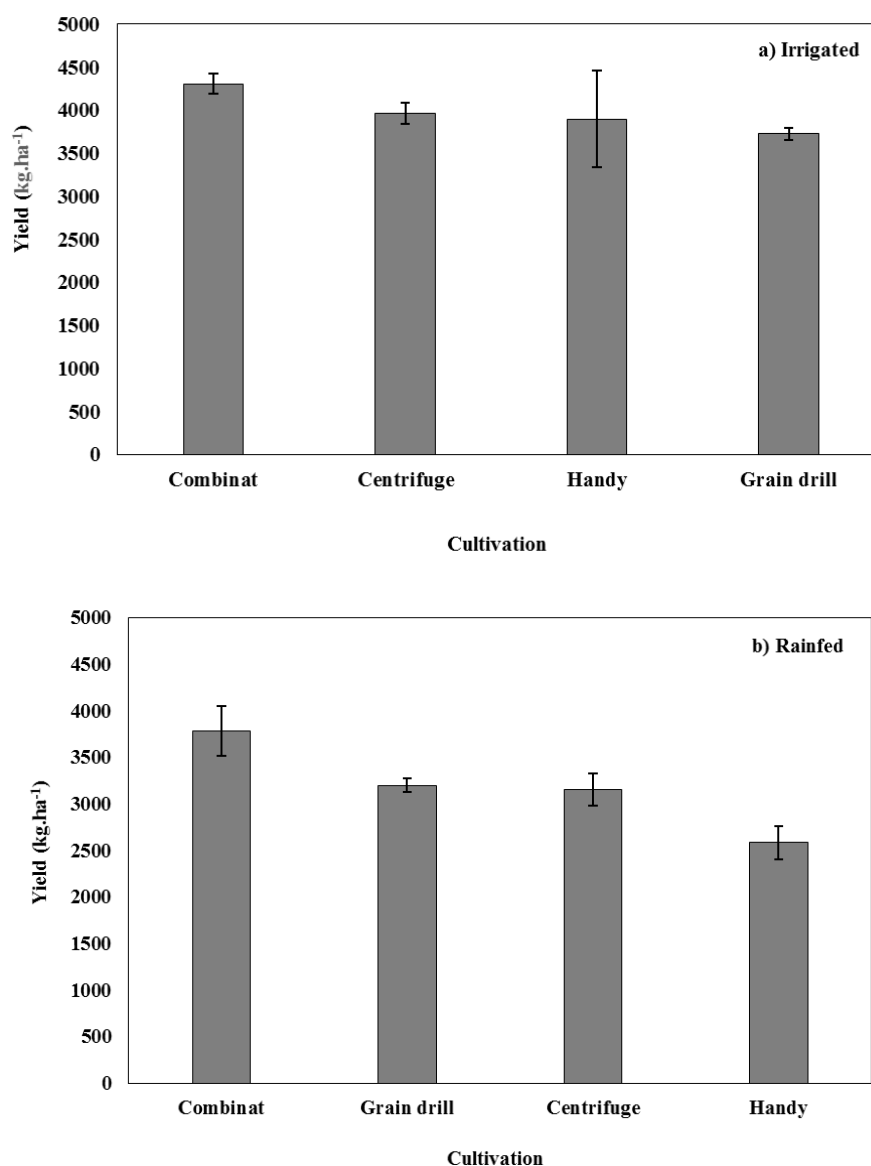
دیسک: شخم برگردان‌دار باعث کلوخه شدن خاک شده و بستر نامطلوبی را برای بذر به وجود می‌آورد، بنابراین برای خرد کردن کلوخه‌ها کشاورزان اقدام به دیسک زدن می‌کنند. همچنین مخلوط کردن کودهای شیمیایی با خاک توسط دیسک انجام می‌شود. تعداد دیسک بسته به توان مالی کشاورز و همچنین به میزان کلوخه‌ای شدن خاک مزرعه دارد که در مزارع دیم بین ۰ تا ۱۵ بار و در مزارع آبی بین ۰ تا ۲۰ بار متغیر بود. در مزارع آبی و دیم بررسی شده به ترتیب در حدود ۹۵ تا ۹۷ درصد کشاورزان از حداقل یک بار دیسک در مزارع خود استفاده کردند، این در حالی است که تنها حدود ۲۰ درصد از آنها بیش از ۳ بار در مناطق آبی و بیش از ۴ بار در مناطق دیم اقدام به دیسک‌زنی نموده‌اند (شکل ۷). انجام عملیات دیسک‌زنی در رطوبت مناسب باعث می‌شود که کلوخه‌های خاک بهتر از هم جدا شده و تعداد دفعات عملیات دیسک را کاهش یابد. انجام عملیات دیسک‌زنی مکرر باعث پودری شدن خاک شده که این عمل بعد از اولین بارندگی منجر به سله‌بستن خاک می‌شود. حدود ۳ تا ۴ درصد از کشاورزان در مناطق آبی و دیم نیز از واندر (دیسک سنگین) در مزارع



شکل ۷- درصد فراوانی تجمعی دفعات استفاده از دیسک در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 7- Cumulative frequency (%) of disk use times in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province



شکل ۸- سهم روش کاشت‌های مختلف در مزارع مورد مطالعه در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
 Fig. 8- Different ways cultivation (%) of (a) irrigated and (b) rainfed wheat farms of Golestan province



شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد در روش کاشت‌های مختلف گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان

خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین مزارع هستند.

Fig 9- Average yield comparison different ways cultivation of (a) irrigated and (b) rainfed wheat fields in Golestan province
The error bars show the standard error (SE) over fields.

استفاده از این دستگاه به علت انجام شدن عملیات در یک نوبت ورود ماشین به مزرعه، باعث به حداقل رسیدن فشردگی خاک می‌شود. در شرایط آبی، استفاده از روش‌های کاشت سانتریفوژ و خطی‌کار، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در شرایط دیم روش دستی کمترین عملکرد را نشان داد، و اختلاف معنی‌داری با سایر روش‌ها داشت، که می‌توان دلیل اصلی این اختلاف را کشت در زمین‌هایی با شیب تند و

در مزارع آبی و دیم، استفاده از کمبینات منجر به عملکرد بیشتری می‌شود که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار می‌باشد. کمبینات وسیله‌ای است که به طور همزمان دیسک، کاشت و گاه‌ا کوددهی را انجام می‌دهد و متشکل از یک سیکلوتیلر، یک غلطک و یک خطی‌کار می‌باشد. کشت با دستگاه کمبینات می‌تواند در شرایطی که زمان جهت تهیه بستر بذر و کاشت محدود است بسیار مفید باشد؛ همچنین

نامناسب دانست.

بذر مصرفی: کشاورزان منطقه جهت رسیدن به تراکم مطلوب در شرایط آبی از ۱۵۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم و به طور میانگین در حدود ۲۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار مصرف کردند (شکل ۱۰). در شرایط دیم نیز کشاورزان به طور میانگین ۲۱۱ کیلوگرم با دامنه‌ای از ۹۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار مصرف کردند. اگرچه میزان بذر مصرف شده توسط کشاورزان بیشتر از میزان بذر توصیه شده توسط مراکز تحقیقاتی (۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم بذر در شرایط دیم و ۱۳۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم بذر در هکتار در شرایط آبی) بود، اما علت مصرف این میزان بذر احتمالاً به دلایل دیگری نظیر شرایط خاک متفاوت و نامناسب، عدم تهیه بستر مناسب و از بین رفتن بذور به دلیل شرایط محیطی یا آفات و بیماری‌ها برمی‌گردد. کشاورزان ممکن است با مصرف بذر بیشتر درصدد پوشش ضعف ناشی از تهیه بستر و ماشین‌های کاشت نامناسب برای این مناطق و همچنین عدم رعایت تاریخ کاشت باشند. انتخاب میزان بذر مصرفی توسط کشاورزان با توجه به شرایط بستر بذر (چه از منظر تهیه بستر و چه از لحاظ کیفیت خاک بستر)، درصد استقرار، تاریخ کاشت و نوع رقم مورد استفاده به نحوی است که در نهایت تراکم مطلوب آن‌ها حاصل شود (Hajjarpoor, 2016; Torabi et al., 2015). ترابی و همکاران (Torabi et al., 2012) بیان کردند که میزان بذر مصرفی در کشت گندم توسط کشاورز بسته به کیفیت بذر، تاریخ کاشت و نوع وسیله کشت از ۱۴۰ تا ۲۶۰ با متوسط مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. آنها اینگونه برداشت کردند که هر چه کیفیت بستر بذر کمتر و تاریخ کاشت به تعویق افتد میزان بذر مصرفی افزایش می‌یابد. رضوان‌طلب (Rezvantab, 2015) عنوان کرد که با استفاده از ماشین‌آلات و روش‌های جدید کشت می‌توان در مصرف بذر صرفه‌جویی نمود. روش‌های سنتی و همچنین استفاده از ساتن‌ریفیوژ جهت کاشت، یکی از دلایل مصرف میزان زیاد بذر است (Torabi et al., 2012).

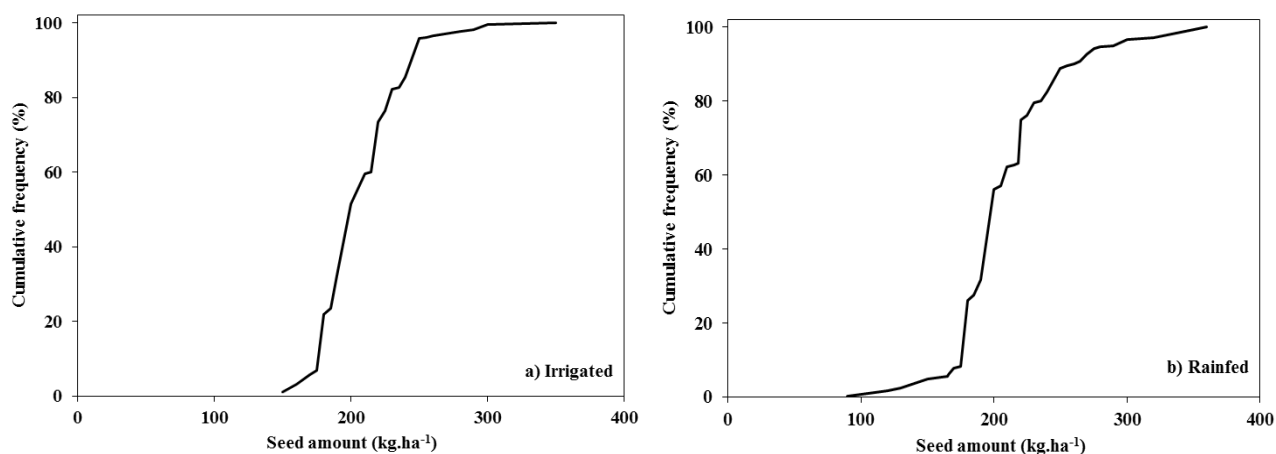
ارقام مورد استفاده در مزارع آبی استان شامل مروارید (۳۷ درصد)، کوه‌دشت (۱۲ درصد)، لاین ۱۷ (۹ درصد)، N8019 (۸ درصد)، گنبد (۱/۲ درصد)، لاین آ (۰/۸ درصد)، آتیلا (۰/۴ درصد)، گاسکوژن (۰/۴ درصد)، لاین ۱۶ (۰/۴ درصد) و N520 (۰/۴ درصد) به طور معمول در طی سه سال گذشته بودند (شکل ۱۱). رقم مروارید و استفاده از مخلوطی از چند بذر (متنوع) بیشترین نوع رقم استفاده در کشت گندم آبی بودند. رقم مروارید یکی از ارقام توصیه شده برای کشت در مناطق آبی استان گلستان است که در سال‌های اجرای تحقیق و دو سال قبل از آن توسط سازمان جهاد کشاورزی در اختیار کشاورزان قرار گرفته بود.

ارقام مورد استفاده در بخش دیم شامل مروارید (۴۳ درصد)، کوه‌دشت (۲۴ درصد)، N8719 (۴ درصد)، لاین ۱۷ (۳ درصد)، گنبد

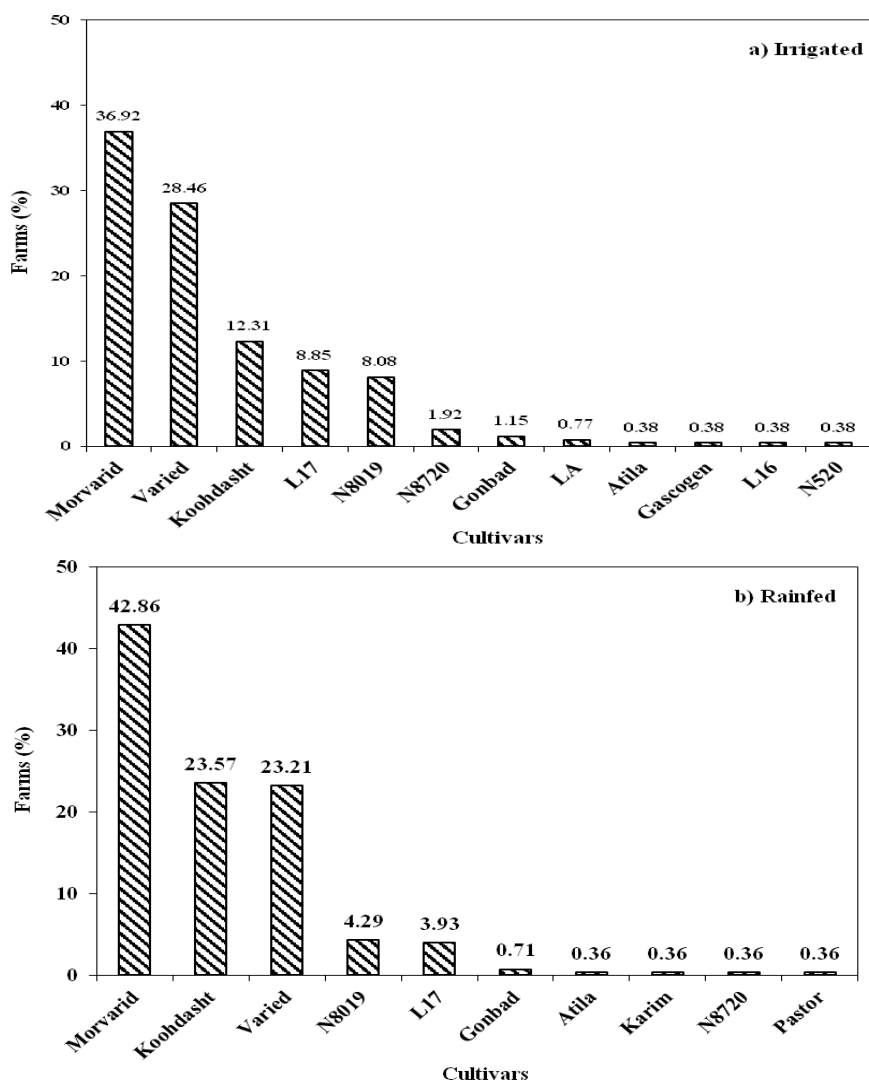
(۰/۷ درصد)، آتیلا (۰/۴ درصد)، کریم (۰/۴ درصد)، N8720 (۰/۴ درصد) و پاستور (۰/۴ درصد) بودند (شکل ۱۱). دو رقم مروارید و کوه‌دشت بیشترین ارقام مورد استفاده در کشت گندم دیم بودند. رقم کوه‌دشت یکی از ارقام توصیه شده‌ی دیم می‌باشد که در سال‌های اجرای تحقیق و دو سال قبل از آن توسط سازمان جهاد کشاورزی توزیع شده بود.

مقایسه میانگین در شرایط آبی نشان داد که ارقام آتیلا، گاسکوژن و N520 به طور معنی‌داری عملکرد بالاتری نسبت به سایر ارقام کشت شده در شرایط آبی استان دارند (شکل ۱۲). رقم گاسکوژن، رقمی بدون ریشک و مخصوص مناطق سردسیر است که در سال‌های اخیر توسط کشاورزان به منطقه وارد شده است. بالاتر بودن عملکرد این رقم صرفاً به دلیل برتری آن نسبت به ارقام تجاری استان نیست، بلکه دلیل آن این است که کشاورزانی که این رقم را آوردند، رسیدگی بیشتری به مزرعه کرده و چندین نوبت آبیاری و اقدام به سم‌پاشی‌های مکرر می‌کنند. این رقم به خشکی و آفات و بیماری‌ها بسیار حساس است اگرچه در صورت کنترل این عوامل می‌توان عملکردهای بالاتری از این رقم گرفت (Hajjarpoor, 2016). در شرایط دیم، ارقام N8720 و N8019 بالاترین عملکرد را به طور معنی‌داری به خود اختصاص دادند.

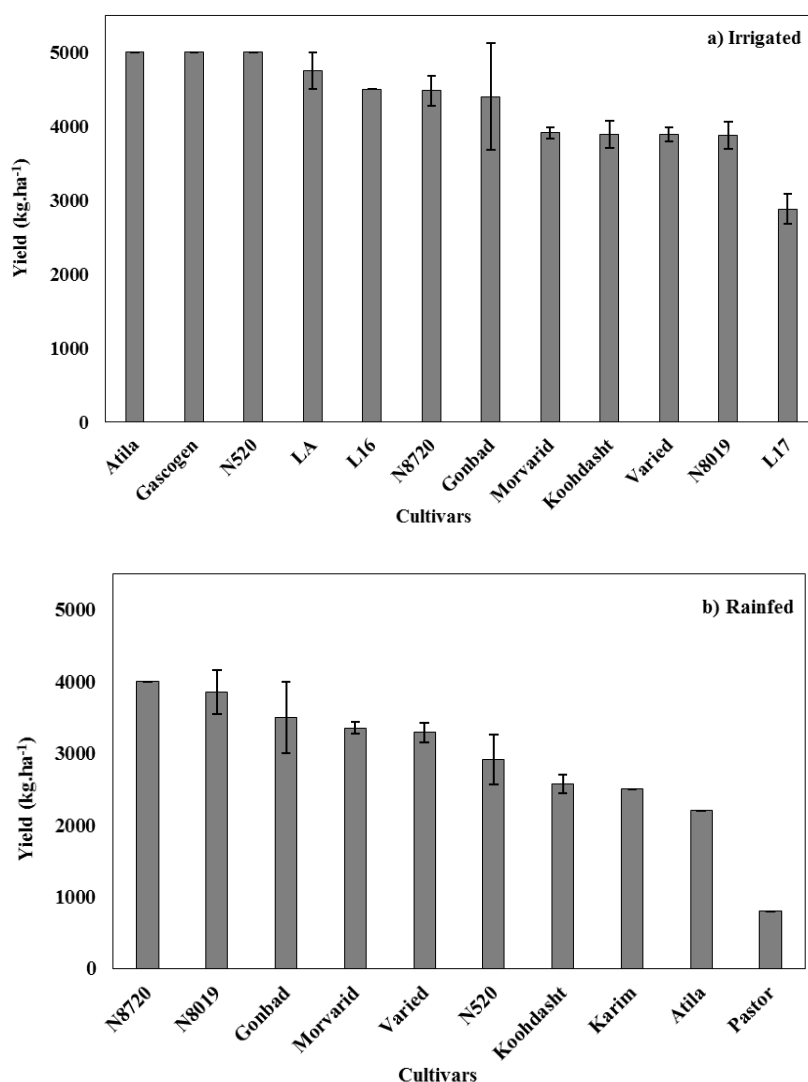
تاریخ کاشت: آب و هوا عامل اصلی تعیین‌کننده‌ی تاریخ کاشت در هر مکان و در هر سال می‌باشد. همچنین تناوب زراعی، تاریخ کاشت و برداشت را به گیاه تحمیل می‌کند؛ تاریخ کاشت به عوامل دیگری نظیر نیروی کارگری، ماشین و غیره هم مربوط می‌شود (Van Ittersum et al., 2013). کشاورز با انتخاب تاریخ کاشت مناسب سعی بر آن دارد تا از عوامل مساعد محیطی حداکثر بهره‌گیری را به عمل آورد و از عوامل نامساعد محیطی پرهیز نماید. رضوان‌طلب (Rezvantab, 2015) در یک مطالعه پیمایشی، شروع تاریخ کاشت در سطح استان گلستان را ۱۵ آذرماه و پایان آن را اول دی‌ماه اعلام کرد. در مطالعه‌ای دیگر حجارپور (Hajjarpoor, 2016) تاریخ کشت گندم آبی و دیم استان گلستان را به ترتیب ۳۰ مهر تا پایان دی‌ماه و ۲۰ مهر تا ۳۰ دی‌ماه اعلام کرد. در این مطالعه با توجه به گستردگی و رعایت تنوع در هنگام انتخاب مزارع، مشخص شد که کشت گندم آبی در استان از دهه اول مهر تا اواسط دی‌ماه صورت می‌گیرد. کشت گندم دیم نیز از دهه اول شهریور تا اواخر بهمن ماه صورت گرفت. در این میان ۵۰ درصد از کشاورزان در دو بخش دیم و آبی در حد فاصل ابتدای آبان تا اواسط آذرماه اقدام به کشت گندم در مزارع خود نمودند (شکل ۱۳). ترابی و همکاران (Torabi et al., 2012) نیز تاریخ کاشت در منطقه گرگان را از ۲۳ آبان‌ماه تا ۱۰ دی‌ماه متغیر دانستند.



شکل ۱۰- درصد فراوانی تجمعی میزان بذر مصرفی در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 10- Cumulative frequency (%) of seed amount in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province



شکل ۱۱- درصد ارقام کشت شده در مزارع گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 11- Cultivars (%) of (a) irrigated and (b) rainfed wheat farms of Golestan province



شکل ۱۲- مقایسه میانگین عملکرد ارقام مختلف گندم کشت شده در شرایط (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین مزارع هستند.

Fig. 12- Average yield comparison of wheat cultivars for (a) irrigated and (b) rainfed in Golestan province
The error bars show the standard error (SE) over fields.

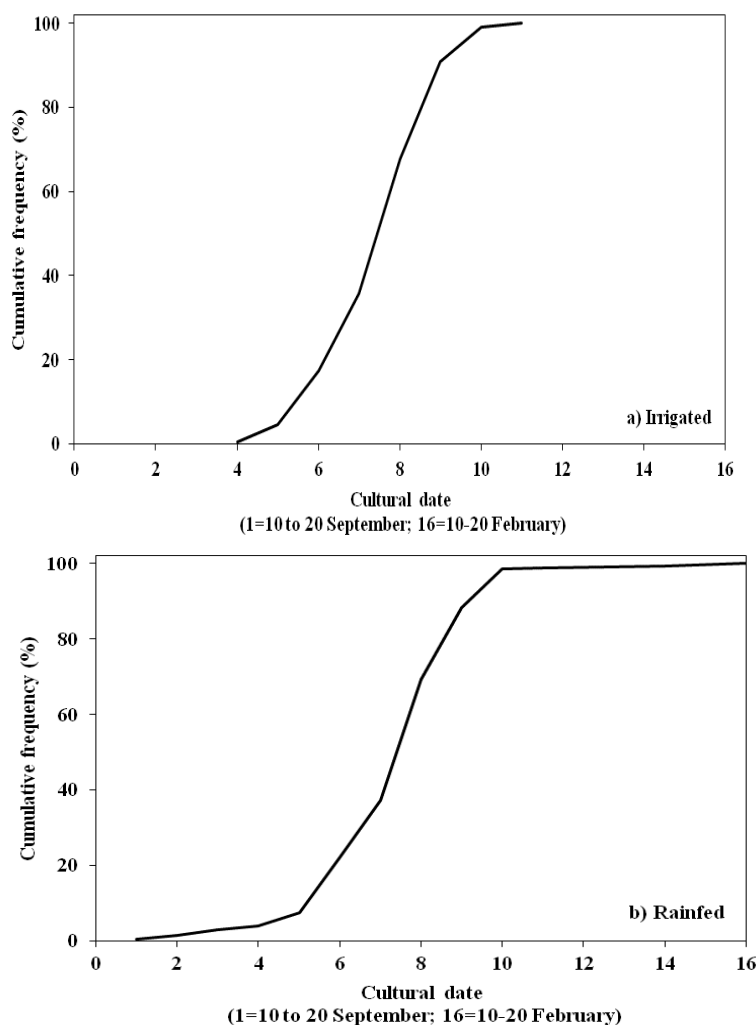
داشت

تغذیه گیاهی: تولید هر تن دانه گندم در هر هکتار باعث برداشت ۵۱ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۲۵/۴ کیلوگرم فسفر (P₂O₅) و ۱۵/۳ کیلوگرم پتاسیم (K₂O) و تولید هر تن کلش گندم سبب برداشت ۱۵ کیلوگرم نیتروژن، ۳/۷ کیلوگرم فسفر و ۲۶/۱ کیلوگرم پتاسیم می‌گردد (Moshiri et al., 2015)، بنابراین تولید گیاهی به شدت به میزان ذخیره این مواد وابسته است. بدون مدیریت مناسب تغذیه و حاصلخیزی خاک، تولید مداوم یک محصول سبب کاهش مقدار عناصر غذایی در خاک می‌گردد. کشاورزان در مزارع مورد بررسی، بسته به توان مالی و وضعیت

کلی عناصر غذایی موجود در خاک منطقه از یک یا چند نوع کود پایه استفاده کردند. اغلب کشاورزان از روش‌های آزمایش خاک جهت مصرف صحیح میزان کود استفاده نکردند و مصرف کود را عمدتاً از روی توصیه‌های کلی کارشناسان مراکز خدمات کشاورزی و یا از روی تکرار عادات انجام دادند. کودهای پایه مصرفی قبل از کاشت در مزارع مورد مطالعه شامل کود اوره، سولفات آمونیوم، دی فسفات آمونیوم، سوپرفسفات تریپل، گوگرد بنتونیت‌دار، گوگرد آلی ۰/۱ درصد، گوگرد کشاورزی، سولفات پتاسیم، کلرور پتاسیم، کود کامل (NPK) و کودهای حیوانی (گاوی، گوسفندی و مرغی) بودند که به وسیله دستگاه کودپاش، همراه با ادوات کاشت یا به صورت دستپاش در

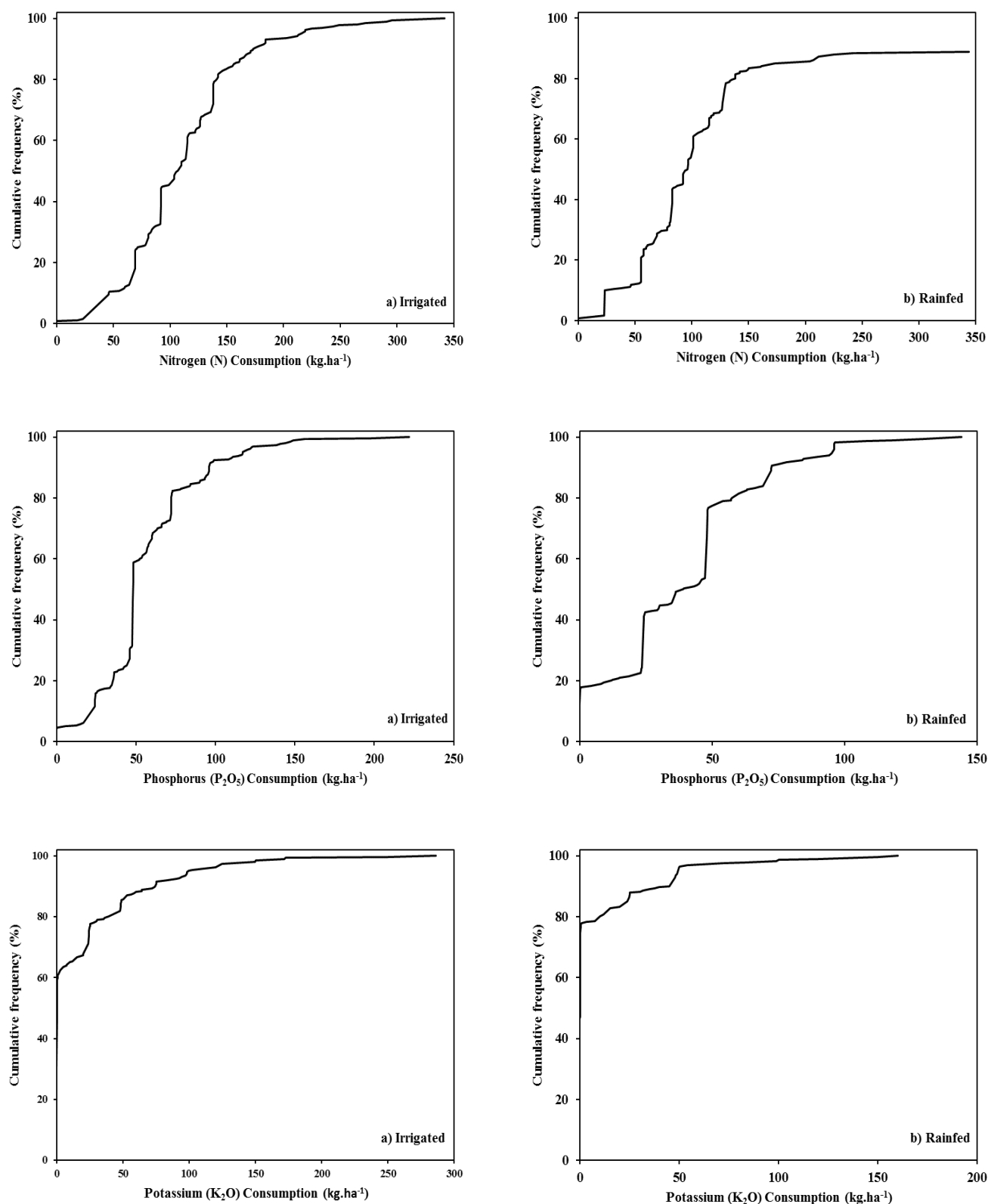
(Zeinali, 2009). در مورد کودهای فسفات‌دار نیز حدود ۹۵ درصد از کشاورزان در بخش آبی و ۸۰ درصد در مزارع دیم از حداقل ۱۲ کیلوگرم فسفات در هکتار استفاده کردند، حداکثر فسفات مصرفی در مزارع دیم ۱۴۴ و در مزارع آبی ۲۲۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱۴). در مزارع آبی ۸۸ درصد از کشاورزان و در مزارع دیم ۶۵ درصد از کشاورزان بیش از ۲۴ کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفات مصرف کردند که معادل ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل می‌باشد. ۳۰ درصد از کشاورزان در مزارع آبی و ۴۶ درصد در مزارع دیم از هیچ‌گونه کود حاوی پتاسیم استفاده نکرده‌اند (شکل ۱۴). این در حالی است که اثرات بالقوه این عنصر برای به‌دست آوردن یک عملکرد مطلوب و مقاومت گیاه در برابر آفات و بیماری‌ها بر کسی پوشیده نیست. در این میان ۲۸ و ۱۵ درصد از کشاورزان آبی و دیم‌خیز نیز به مصرف کودهای گوگرددار در مزارع خود اقدام کردند.

مزارع پخش شدند. در ۲۳ درصد از مزارع آبی و ۱۱ درصد از مزارع دیم نیز کشاورزان از کودهای دامی مانند کود گاوی و کود مرغی، استفاده نمودند. توزیع کودهای نیتروژن‌دار به خصوص اوره بعد از کشت نیز به صورت سرک در بیشتر مزارع انجام شد. در سال‌های اخیر محققان مراکز تحقیقات و کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی مصرف کودهای میکرو را به کشاورزان توصیه می‌کنند. این کودها اثرات فراوانی بر عملکرد به ویژه بر کیفیت گندم تولیدی بر جای می‌گذارد. مصرف کود نیتروژن در زراعت آبی و دیم گندم بین ۰ تا ۳۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار متغیر بود و بیش از ۹۹ درصد از کشاورزان حداقل یک بار از کودهای نیتروژن‌دار استفاده کردند. ۵۰ درصد از مزارع مورد بررسی در بخش آبی و دیم به ترتیب حداقل از ۹۵ و ۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره استفاده کردند (شکل ۱۴) که با توجه به تأثیر بسزای این عنصر کلیدی بر رشد و عملکرد، مصرف آن قابل انتظار می‌باشد.



شکل ۱۳- درصد فراوانی تجمعی تاریخ کاشت گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان

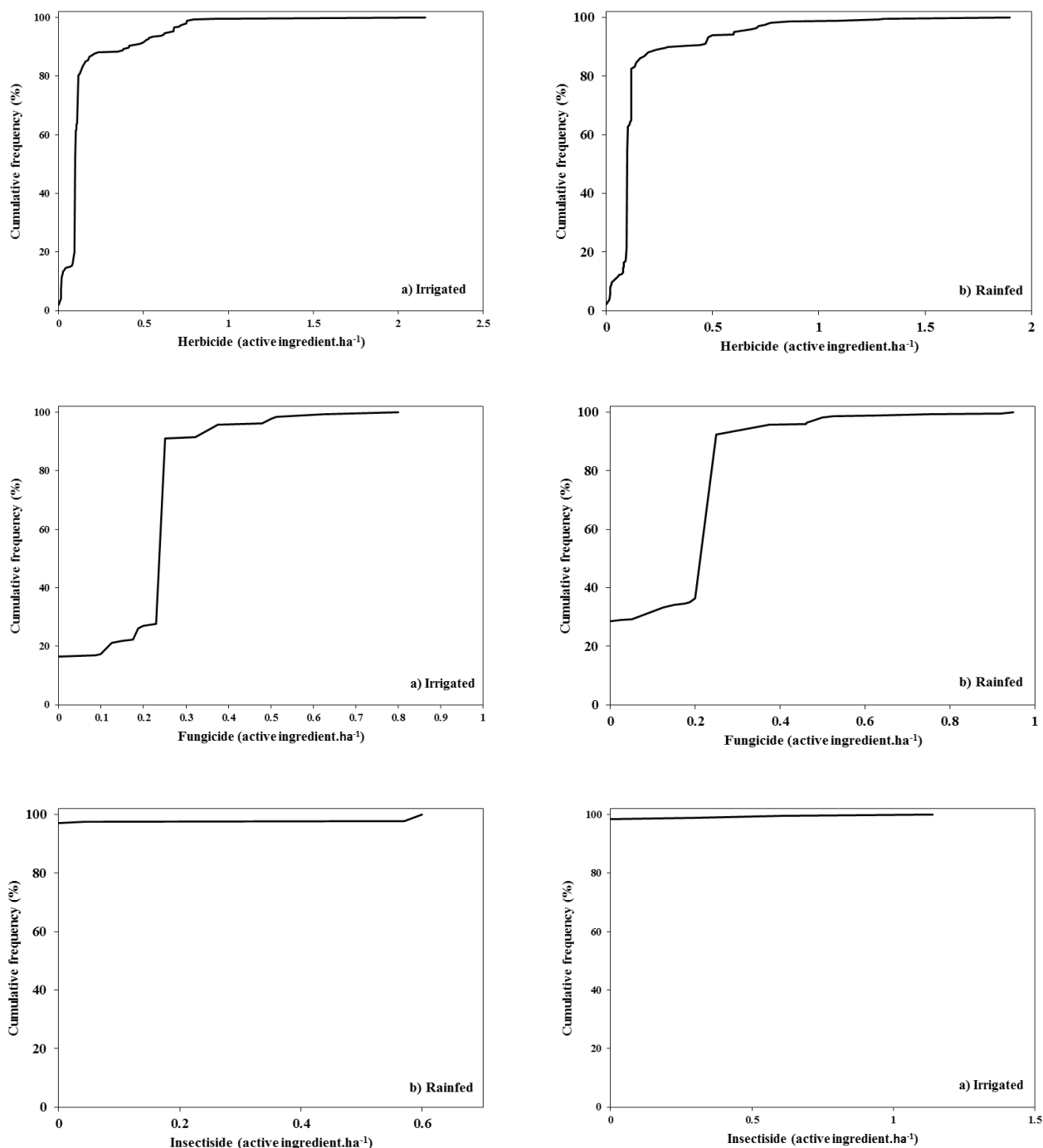
Fig. 13- Cumulative frequency (%) of cultural date in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province



شکل ۱۴- درصد فراوانی تجمعی عناصر ماکروی مصرف شده در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 14- Cumulative frequency (%) of macro elements used in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province

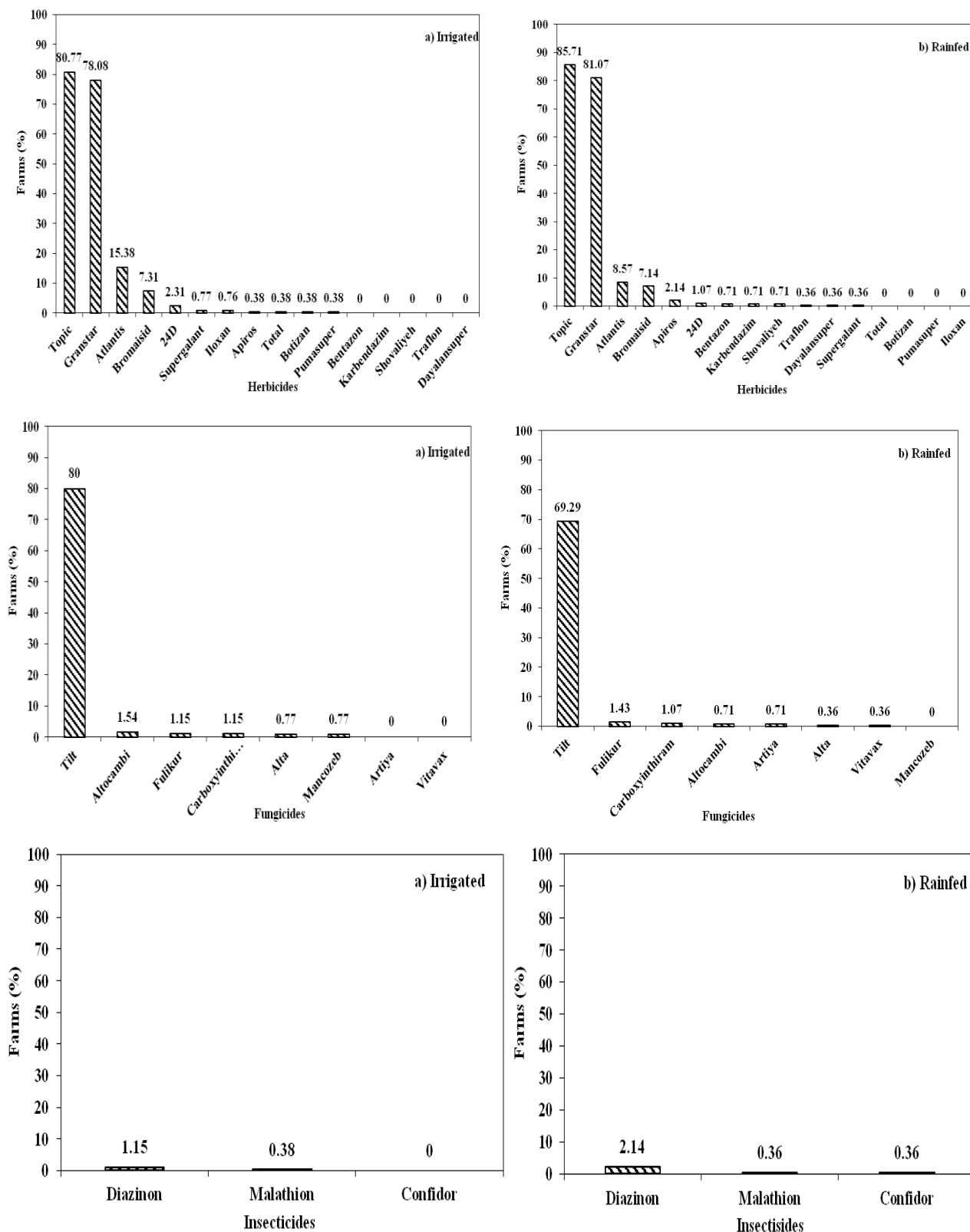
یک بار علف‌کش، در حدود ۷۱ درصد آنها حداقل یک بار از قارچ‌کش و حدود ۳ درصد از آنها از حداقل یک مرحله آفت‌کش استفاده کردند (شکل ۱۵).

حفاظت گیاهی: به‌طور کلی، ۹۸ درصد از کشاورزان در کشت آبی گندم از یک یا دو بار علف‌کش، در حدود ۸۳ درصد آنها یک یا دو بار از قارچ‌کش و حدود ۲ درصد از آنها از یک مرحله آفت‌کش استفاده کردند (شکل ۱۵). همچنین ۹۸ درصد از کشاورزان دیم‌خیز از حداقل



شکل ۱۵- درصد فراوانی تجمعی مصرف علف‌کش، قارچ‌کش و آفت‌کش در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان

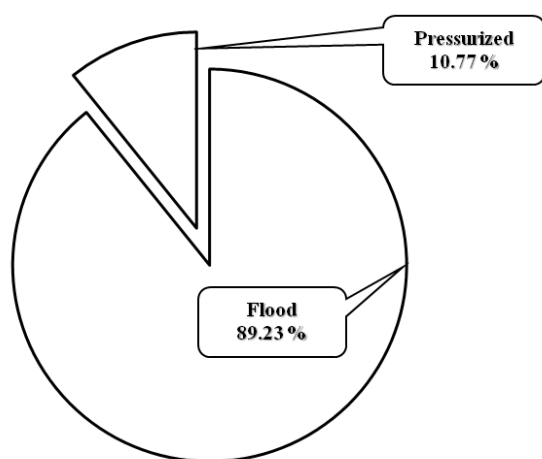
Fig. 15- Cumulative frequency (%) of herbicide, fungicide and insecticide used in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province



شکل ۱۶- درصد مصرف علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و آفت‌کش‌های مختلف در تولید گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
 Fig. 16- Herbicides, fungicides and insecticides used (%) in (a) irrigated and (b) rainfed wheat farms of Golestan province

که قدرت پرواز و فرار از محل مصرف حشره‌کش را دارند. در تولید گندم استفاده از سم‌پاش بوم‌دار که عمدتاً برای مبارزه با علف‌های هرز صورت می‌گیرد مرسوم است. سم‌پاش تراکتوری و توربینی نیز در برخی موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از سم‌پاش‌های پشته‌ای کمتر رواج دارد که کشاورزان یکی از دلایل استقبال کمتر نسبت به این نوع سمپاش را به دلیل زمان‌بر بودن استفاده از آن دانستند. اصلاح ادوات کم هزینه‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای بهبود عملکرد سمپاش‌های موجود است. با توجه به اینکه طبق مصوبه شورای عالی استاندارد، از سال ۱۳۸۸ ماشین‌های کشاورزی مشمول استاندارد اجباری شده است، اهتمام جدی سازندگان به استانداردسازی ادوات و توجه ویژه کشاورزان به این امر در زمان خرید ضروری می‌باشد (Hajjarpoor, 2016).

آبیاری: آبیاری مزارع در استان گلستان به‌خصوص در سال‌های کم باران از اهمیت خاصی برخوردار است. هرگاه توزیع بارندگی به‌گونه‌ای باشد که آب مورد نیاز گیاه را در مراحل حساس رشد تأمین نکند نیاز به آبیاری ضرورت پیدا می‌کند. استفاده از سیستم‌های سنتی و همچنین سیستم‌های تحت فشار در استان گلستان مرسوم می‌باشد (شکل ۱۷).



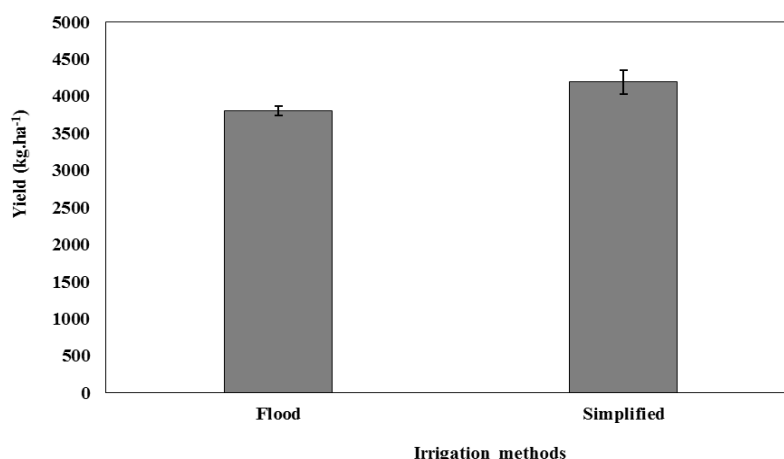
شکل ۱۷- سهم استفاده کشاورزان از هر یک از سیستم‌های غرقابی و تحت فشار در تولید گندم آبی در استان گلستان
Fig. 17- Flood and pressurized systems (%) of irrigated wheat in Golestan province

در این بین سیستم‌های آبیاری تحت فشار به طرز معنی‌داری عملکردی بالاتر از سیستم‌های غرقابی داشتند (شکل ۱۸).

در مجموع ۱۹ نوع سم در مزارع آبی گندم و ۲۲ نوع سم در مزارع دیم مورد استفاده قرار گرفت که شامل سه دسته علف‌کش، قارچ‌کش و آفت‌کش استان جهت مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بودند (شکل ۱۶). در کشت گندم از سموم علف‌کش تایپیک (۸۱ درصد در مزارع آبی و ۸۶ درصد در دیم) و گرانتار (۷۸ درصد در مزارع آبی و ۸۱ درصد در دیم) بیشتر از سایر علف‌کش‌ها استفاده شد (شکل ۱۶). کشاورزان از علف‌کش تایپیک برای از بین بردن علف‌های هرز باریک برگ و از علف‌کش گرانتار برای مدیریت علف‌های هرز پهن‌برگ استفاده نمودند. به جز این دو علف‌کش در کشت آبی ۹ نوع علف‌کش دیگر توسط کشاورزان استفاده شد که عبارتند بودند از: آتلاتیس (۱۵ درصد)، برومیسید (۷ درصد)، توفوردی (۲ درصد)، سوپرگلانت (۰/۸ درصد)، ایلوکسال (۰/۸ درصد)، آپروس (۰/۴ درصد)، توتال (۰/۴ درصد)، بوتیزان (۰/۴ درصد) و پوماسوپر (۰/۴ درصد). سایر علف‌کش‌های مورد استفاده در شرایط دیم نیز عبارت بودند از آتلاتیس (۸ درصد)، برومیسید (۷ درصد)، آپروس (۲ درصد)، توفوردی (۱ درصد)، بنتازون (۰/۷ درصد)، کاربندازیم (۰/۷ درصد)، شوالیه (۰/۷ درصد)، ترافلون (۰/۴ درصد)، دایالان سوپر (۰/۴ درصد) و سوپرگلانت (۰/۴ درصد). سموم علف‌کش معمولاً در زمان پنجه‌زنی گندم و بسته به مرحله رشدی علف‌هرز و تا قبل از ساقه‌روی گندم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

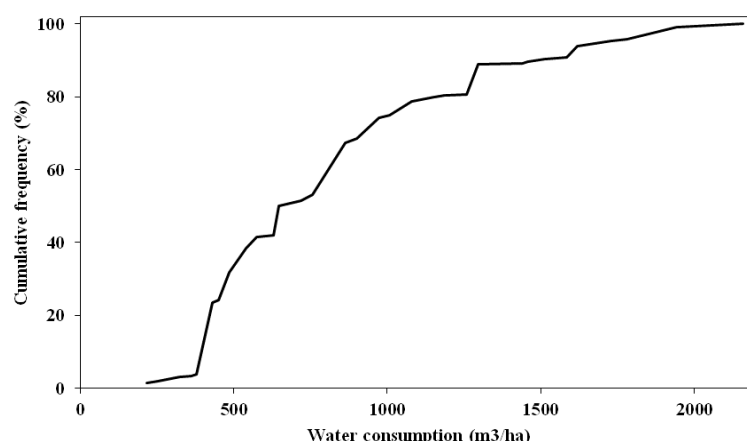
شدت آسیب قارچ‌ها به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. در شمال کشور به دلیل رطوبت نسبتاً بالا شیوع بیماری‌های قارچی تقریباً زیاد است، بنابراین در سال‌های مرطوب استفاده از این قارچ‌کش‌ها افزایش خواهد یافت. مهم‌ترین بیماری این منطقه فوزاریوم است که برای مبارزه با آن از قارچ‌کش تیلت استفاده می‌شود. تولیدکنندگان در بخش آبی از ۶ نوع قارچ‌کش تیلت (۸۰ درصد)، آلتوکمبی (۲ درصد)، فولیکور (۱ درصد)، کاربوکسین (۱ درصد)، آلتا (۰/۸ درصد) و مانکوزب (۰/۸ درصد) جهت مبارزه با بیماری‌های قارچی استفاده کردند. در بخش دیم نیز ۷ قارچ‌کش تیلت (۶۹ درصد)، فولیکور (۱ درصد)، کاربوکسین (۱ درصد)، آلتوکمبی (۰/۷ درصد)، آرتیا (۰/۷ درصد)، آلتا (۰/۴ درصد) و ویتاواکس (۰/۴ درصد) مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۱۶). کشاورزان در دسترس و ارزان بودن قارچ‌کش تیلت را از عوامل اصلی استفاده زیاد از آن ذکر نمودند.

استفاده از دو نوع حشره‌کش شامل دیازینون (۱ درصد) و مالاتیون (۰/۴ درصد) در مزارع آبی و سه نوع حشره‌کش شامل دیازینون (۲ درصد)، مالاتیون (۰/۴ درصد) و کونفیدور (۱۳ درصد) در مزارع دیم مورد بررسی ثبت شدند (شکل ۱۶). بنابراین مصرف حشره‌کش و آفت‌کش در استان گلستان پایین‌تر از سایر سموم بوده و در بیشتر موارد نیز نیاز به مبارزه با آفات وجود ندارد. به نظر می‌رسد استفاده از دشمنان طبیعی راه‌حل بهتری جهت مبارزه با آفاتی باشد



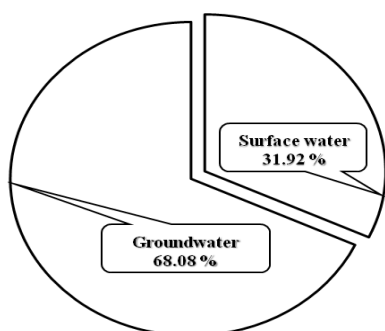
شکل ۱۸- مقایسه میانگین عملکرد گندم در روش‌های مختلف آبیاری
خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین مزارع هستند.

Fig 18- Average yield comparison of wheat in different methods irrigation
The error bars show the standard error (SE) over fields.



شکل ۱۹- درصد فراوانی تجمعی مصرف آب در تولید گندم آبی در استان گلستان

Fig. 19- Cumulative frequency (%) of water used in irrigated wheat production of Golestan Province



شکل ۲۰- سهم منبع تأمین آب جهت آبیاری مزارع گندم آبی در استان گلستان

Fig. 20- Water Sources (%) for irrigation irrigated wheat in Golestan province

میزان آب مصرفی برای آبیاری اراضی توسط کشاورزان منطقه جهت رسیدن به عملکرد مطلوب از ۲۱۶ تا ۲۱۶۰ متر مکعب و به طور میانگین در حدود ۹۹۱ متر مکعب در هکتار بود (شکل ۱۹). اگرچه در برخی مزارع میزان آب مصرف شده توسط کشاورزان بیشتر از میزان آب مورد نیاز می‌باشد، اما علت مصرف این میزان آب احتمالاً به دلایل دیگری نظیر شرایط خاک متفاوت و نامناسب، عدم تهیه بستر مناسب و عدم توجه به نیاز گیاه و زمان مناسب و استفاده از روش‌های سنتی آبیاری می‌باشد.

منابع آب آبیاری نیز متغیر بود و آب مورد نیاز جهت آبیاری از دو منبع آب‌های سطحی (رودخانه، سد و آب‌بند) و زیرزمینی (چاه و قنات) تأمین می‌شد (شکل ۲۰).

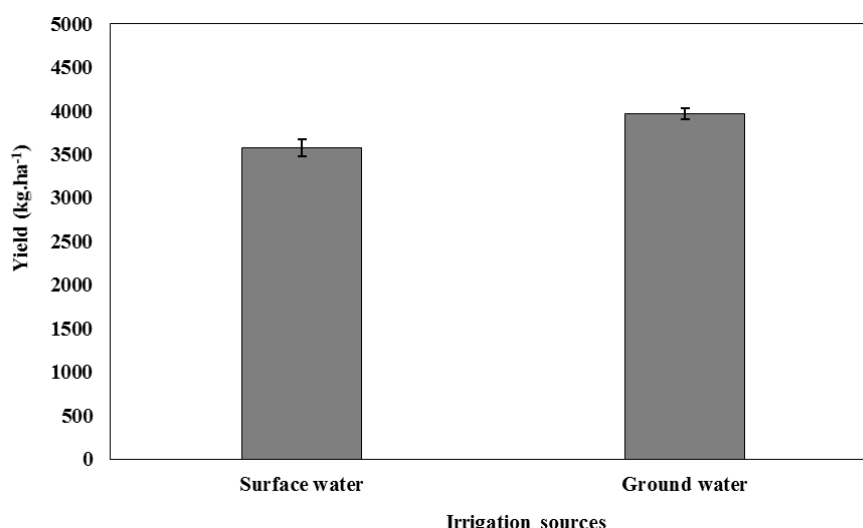
شرایط آبی ۶۸ درصد مزارع در دهه دوم خردادماه اقدام به برداشت محصول گندم خود می‌کنند. آخرین زمان برداشت در شرایط آبی استان نیز دهه سوم خردادماه است (شکل ۲۲).

نتیجه‌گیری

بدون شناخت کامل و جامع از چگونگی نحوه انجام کلیه عملیات زراعی، به دشواری و با صرف زمان زیاد می‌توان در جهت رفع نیازهای کشاورزان و تقویت نقاط قوت تولید محصولات مختلف و برطرف نمودن نقاط ضعف آن گام مؤثری برداشت. بنابراین این تحقیق می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های مؤثر در جهت رفع نیاز کشاورزان، کاهش مصرف نهاده‌ها و کاهش اثرات زیست محیطی با تغییر شیوه مدیریتی مزارع باشد. به طور کلی، در تولید گندم در استان گلستان روند کمی و زمانی اکثر فرآیندهای تولید و نهاده‌های ورودی مانند آبیاری، تغذیه گیاهی، حفاظت گیاهی و استفاده از ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی در عملیات مزرعه‌ای تحت تأثیر اقلیم و همچنین سیستم تولید بود، به نحوی که در سیستم‌های تولید آبی، مقادیر کاربرد نهاده‌ها و ماشین‌آلات افزایش می‌یابد؛ به طبع آن، مزارع آبی از میانگین عملکرد بالاتری برخوردار هستند. در این مطالعه عملکرد دانه مزارع آبی و دیم به ترتیب بین ۱۲۰۰ تا ۶۵۰۰ و ۵۰۰ تا ۶۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. همچنین نوسان مقدار هر یک از نهاده‌ها در سیستم دیم بیش از سیستم آبی بود. بخشی از نوسان مصرف حاصل تفاوت‌های اقلیمی موجود در سطح استان گلستان و در نتیجه مدیریت‌های متفاوت کشاورزان در کاربرد نهاده‌ها می‌باشد.

اختلاف معنی‌داری بین منابع آبیاری وجود داشت، پایین‌ترین عملکرد مربوط به مزارعی بود که از آب‌های سطحی (رودخانه، سد و آب‌بند) جهت آبیاری استفاده کرده بودند (شکل ۲۱). پایین بودن عملکرد مزارعی که از آب‌های سطحی استفاده کرده‌اند، نسبت به مزارعی که از آب‌های زیرزمینی (چاه و قنات) استفاده کرده‌اند، می‌تواند به دلیل عدم دسترسی به موقع آب‌های سطحی برای کشاورز و در نتیجه عدم آبیاری در زمان مناسب و مورد نیاز گیاه باشد. همچنین استفاده از آب‌های سطحی به صورت کنترل نشده و با دبی نامناسب می‌تواند باعث شود که انتهای زمین‌ها غرقاب شده یا در صورت کم آبی، آب به انتهای زمین نرسد و توزیع آن در سطح کشت، نامتعادل خواهد بود.

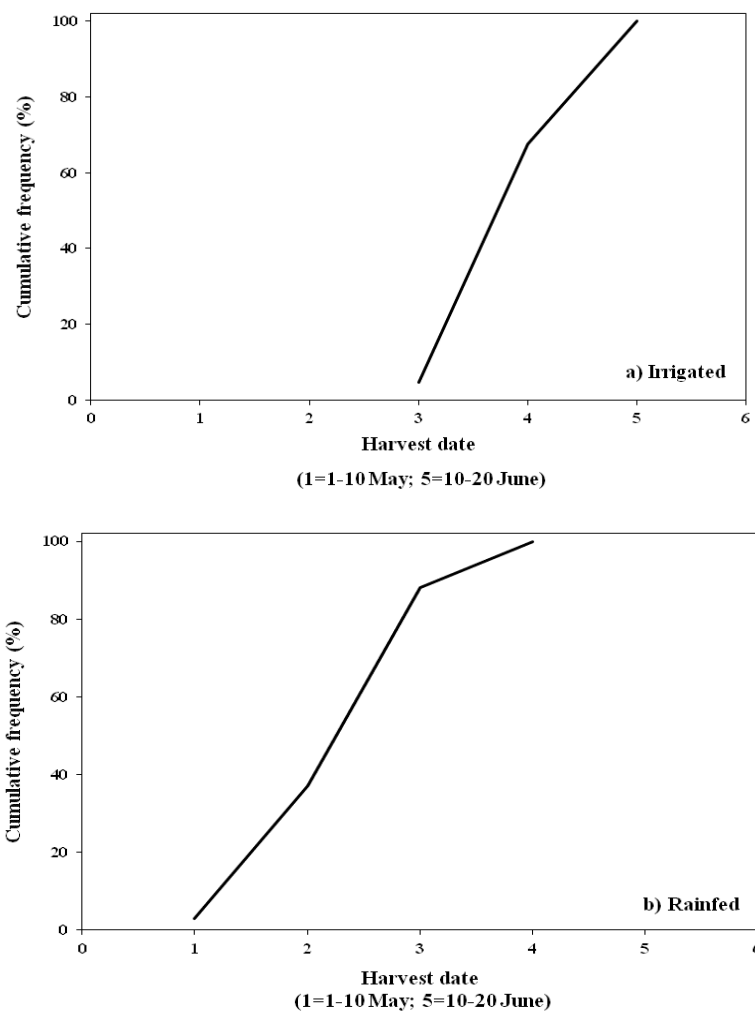
نوع وسیله و تاریخ برداشت: محصول گندم به صورت مکانیزه و به وسیله کمباین برداشت می‌شوند. در بین مزارع مورد بررسی تعداد ۱۷ مزرعه از مزارع شهرستان مینودشت به صورت دستی اقدام به برداشت گندم و خرمکوبی آن کردند. تاریخ برداشت در منطقه به رسیدگی محصول، میزان رطوبت دانه، شرایط آب و هوایی و دستیابی به کمباین دارد. در شرایطی که میزان رطوبت دانه مناسب باشد و هوا آفتابی باشد برداشت گندم به وسیله کمباین به سرعت انجام می‌شود، اما زمانی که هوا بارانی شود به علت افزایش میزان رطوبت دانه‌های گندم و همچنین خیس شدن بوته‌ها کار برداشت با مشکل مواجه شده و تاریخ برداشت به تأخیر می‌افتد. به طور معمول برداشت در شرایط دیم از دهه دوم اردیبهشت‌ماه آغاز می‌شود، اما ۸۸ درصد کشاورزان در دهه اول خردادماه اقدام به برداشت می‌کنند. آخرین زمان برداشت در شرایط دیم دهه دوم خردادماه است. در



شکل ۲۱- مقایسه میانگین عملکرد گندم با استفاده از منابع‌های متفاوت تأمین آب آبیاری

خطوط خطا نشان‌دهنده خطای معیار (SE) بین مزارع هستند.

Fig. 21- Average yield comparison with applied different irrigation sources
The error bars show the standard error (SE) over fields.



شکل ۲۲- درصد فراوانی تجمعی تاریخ کاشت گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 22- Cumulative frequency (%) of harvest date in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province

۲. با ارائه تصویری کلی از فرایندها و توالی انجام آنها و مشخص سازی دقیق مقدار و زمان ورود نهاده‌های مختلف به سیستم تولیدی سبب دستیابی به نگرش یکپارچه به سیستم تولیدی شده و امکان ارزیابی‌های جامع نگر سیستم-های تولید گندم در استان گلستان را از دیدگاه‌های زیست محیطی، اقتصادی و جامعه شناختی میسر سازد. مستندسازی کمک مؤثری به پرهیز از دوباره‌کاری و تجربه‌گرایی در اجرای طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی آتی می‌کند.

۳. با گردآوری منسجم آمار و اطلاعات مرتبط با تولید گندم در استان گلستان علاوه بر تقویت منابع آماری، باعث آشکار کردن نقص‌ها و نیازهای آماری و اطلاعاتی شده و به دست‌اندرکاران بخش کشاورزی جهت برنامه‌ریزی تهیه و توزیع نهاده‌ها در سطح استان کمک کند و امکان تکمیل

عملکرد برداشتی: میانگین عملکرد در مزارع آبی و دیم گندم استان گلستان به ترتیب ۳۸۴۵ و ۳۱۴۵ کیلوگرم در هکتار بود. دامنه عملکرد مزارع آبی و دیم به ترتیب بین ۱۲۰۰ تا ۶۵۰۰ و ۵۰۰ تا ۶۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (شکل ۲۳).

این مطالعه با مستند سازی فرآیند تولید گندم در بخش‌های مختلف تولید می‌تواند:

۱. با آرایه و طبقه‌بندی مقایسه‌ای کلیه فعالیت‌هایی که منتهی به تولید گندم در دو سیستم تولید آبی و دیم می‌شود، امکان بهره‌برداری آموزشی و پژوهشی دانشجویان و محققین بخش کشاورزی در تصمیم‌سازی و اجرای طرح‌های آینده به ویژه در بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، محاسبات مربوط به انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را فراهم آورد.

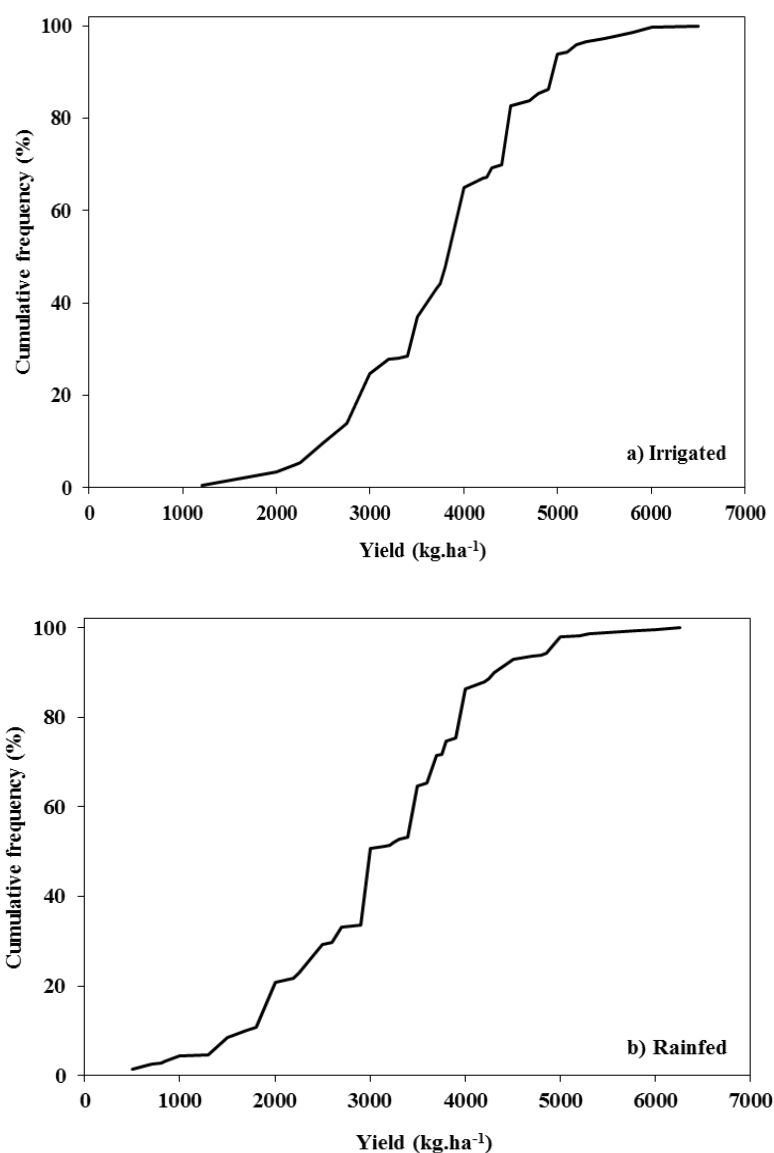
جهت اهداف راهبردی را افزایش دهد.

سیاسگزاری

بدین وسیله از کشاورزان و کارشناسان بخش ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، بویژه جناب آقای دکتر کشیری مدیر محترم بخش ترویج این سازمان جهت همکاری در این مطالعه و نیز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تشکر و قدردانی می‌گردد.

اطلاعات در پژوهش‌های آتی را فراهم آورد. در این صورت علاوه بر رفع نیازهای کشاورزان در هر منطقه می‌تواند باعث مصرف صحیح نهاده‌ها بشود.

۴. با تبیین لایه‌های مختلف مؤثر در دستیابی به هدف افزایش تولید، هماهنگ با کاهش اثرات منفی مرتبط با تولید و بهره‌گیری از کلیه منابع، باعث تسهیل اولویت‌بندی عوامل اصلی شود. بدیهی است که شناخت فرآیندهای اصلی که دارای بیشترین اهمیت بوده و بهبود آنها تأثیر قابل توجهی بر بهبود سیستم تولیدی دارد می‌تواند کارآیی بهبود سیستم در



شکل ۲۳- درصد فراوانی تجمعی عملکرد برداشت شده از مزارع گندم (الف) آبی و (ب) دیم در استان گلستان
Fig. 23- Cumulative frequency (%) of yield in (a) irrigated and (b) rainfed wheat of Golestan Province

منابع

- Akhavan, M. 2002. Evaluate the effectiveness of quality management systems based on ISO 9000 standard series, with a focus on business processes and operations in Iran. A Thesis Submitted for the Degree of M.Sc. Technological Faculty of Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Bazrgar, A.B. 2011. Environmental Assessment of Khorasan Sugar beet Production Systems Using LCA Ph.D. PhD Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Bureau of Statistics and Information Technology. 2015. Department of Plant production improvement, Agriculture Organization of Golestan province. The Ministry of Agriculture verified 5 March 2016. (In Persian)
- Gazor, M.R., and Loghavi, M. 2007. Influence of shallow tines on draft requirement of subsoiler and soil physical conditions. *Pajouhesh and Sazandegi* 73: 111-105. (In Persian with English Summary)
- Hajjarpoor, A. 2016. Yield gap evaluation of wheat in Golestan Province. PhD Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Hajjarpoor, A., Soltani, A., and Torabi, B. 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production* 8: 183-201. (In Persian with English Summary)
- Kalateh Arabi, M., Qujeq, H., Nuriniya, A., Suqhi, H., Sheikh, F., Dehghan, M.A., Kia, S., Jafarbye, J.A., Fallahi, H.A., Sadeqnezhad, H.R., Kiyani, A., Kazemi Talachi, M., Islami, K., Aqhajani, M.A., Mobasheri, M.T., Baqherani, N., Savarinejad, A., and Mohammadi, R. 2013. Technical instructions wheat in Golestan province. Ministry of Agriculture, Food and Natural Resources Research Center of Golestan province, Golestan, Iran. (In Persian)
- Khajehpour, M.R. 2013. Cereals. Isfahan University Press, Isfahan, Iran. 782 pp. (In Persian)
- Latifi, N., Faraji, A., and Seyed, F. 2012. Principles of Agronomy. Written by Yellamanda Reddy, T. and Sankara Reddi, J. H. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. 688 p. (In Persian)
- Moshiri, F., Tehrani, M.M., Shahabi, A.A., Keshavarz, P., Khougar, Z., Feyzi Asl, V., Asadi Rahmani, H., Samavat, S., Sadri, M.H., Rashidi, N., Saadat, S., and Khademi, Z. 2015. Guidelines integrated management of soil fertility and wheat nutrition. *Soil and Water Research Institute* 100 p. (In Persian)
- Rezvantlab, N. 2015. Investigation of factors affecting the fuel consumption of soybean production in the Golestan province. PhD Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Solhjoo, A.A., and Niyazi Ardakani, J. 2001. Effect of subsoiler operations on soil physical specifications and yield of irrigated wheat. *Journal of Agricultural Engineering Research* 2: 78-65. (In Persian with English Summary)
- Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy* 50: 54-61.
- Torabi, B., Soltan, A., Galeshi, S., and Soltani, E. 2012. Documenting the process of wheat production in Gorgan. *Journal of Plant Production* 19(4): 19-42. (In Persian with English Summary)
- Turner, A.R., and Detoro, I.J. 2000. Process Redesign, PH. PTR, USA.
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Research* 143: 4-17.
- Zarei, B., and Zarei, A. 2004. Extensive documentation processes in the government sector: Provide a Strategy. *Journal of Civil Engineering, Bimonthly of Shahed University* 8: 15-30. (In Persian with English Summary)
- Zeinali, E. 2009. Wheat Nitrogen in Gorgan; Agronomical, Physiological and Environmental Aspects. PhD Dissertation, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)



Documenting the Process of Wheat Production in Irrigated and Rain-fed Systems in Golestan Province

M. Tahmasebi¹, M. Ramroudi^{*2}, A. Soltani³, A. Ghanbari⁴ and B.A. Fakheri⁵

Submitted: 08-03-2017

Accepted: 23-08-2017

Tahmasebi, M., Ramroudi, M., Soltani, A., Ghanbari, A., and Fakheri B.A. 2019. Documenting the process of wheat production in irrigated and rain-fed systems in Golestan Province. *Journal of Agroecology*. 10(4): 1177-1202.

Introduction

Documentation is a fundamental and basic step to improve each productive process, which unfortunately does not have a significant place in the agricultural section of Iran. Production process management in agricultural systems have a direct effect on yield, productivity, input use efficiency, energy consumption and the environmental impact of production. Therefore, the need of monitoring and improving the processes leading to the production of agricultural products is inevitable in order to reduce the challenges associated with farm management in agricultural systems. The first and essential step in improving such process is achievement to the specific and integrated vision on how the activities carry out in current situation, so called process documentation. Documenting the production process in agriculture includes providing all information and activities that shows the course of production from seedbed preparation stage to harvest stage. Depending on weather conditions, Golestan, together with Fars, Khuzestan, Kurdistan and Kermanshah, has been one of the most wheat producing provinces in the country in most years (Bureau of Statistics and Information Technology).

Materials and Methods

This study was conducted in the province of Golestan, in the north of the country, which is located between 36°30' N–38°8' N and 53°51' E–56°22' E. Among the crops in the province of Golestan, autumn wheat has the highest growing area, usually grown from the end of November to the end of December, with an average temperature of 14.5 °C and a total rainfall of 420 mm, and harvested during June. In this study, in order to utilize this method to improve wheat production in both irrigated and rainfed systems of Golestan province, all management operations performed from seedbed preparation stage to harvest stage were recorded on 540 farms with different management. Proportions that farmers applying different method of the management operations were determined through relative and cumulative frequency distribution. In this investigation, the variations and methods of doing each management operation were identified. The cumulative or relative frequency distribution was used to analyze the data.

Results and Discussion

Documentation results show that the average area of irrigated farms was more than rainfed farms. Most of irrigated farms were cultivated by two summer crops including soybean and rice before sowing wheat. Most of rainfed farms had

1, 2 and 4- Ph.D Student of Agronomy, Associate Professor and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, respectively.

3- Professor of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, Iran.

5- Professor of Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

(*- Corresponding Author Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.62926

no summer crop but they were cultivated by wheat and barley in the previous year of sowing wheat. Most of producers of irrigated and rainfed wheat have used the moldboard and disks as a primary tillage. In addition, the most type of equipment which used in cultivation of wheat in both systems was grain drill. Morvarid cultivar was the dominant cultivar which used in both irrigated and rainfed wheat systems. Applying more seed rate and extended sowing window in rainfed system comparing with irrigated system were another results of this survey. Half of farmers have used at least 95 and 70 kg Nitrogen fertilizer in the irrigated and rainfed investigated farms, respectively. In both systems, Geranstar and Topic were the most used herbicides, Tilt was the most used fungicide and Diazinon was the most used pesticide. Farmers preferred to use of conventional irrigation for their farms. The harvesting time of wheat was ranged from the early May to middle of June. The average yield of irrigated wheat was 3845 kg.ha⁻¹ and more than rainfed wheat with 3145 kg.ha⁻¹.

Conclusion

The results of this survey provide a broad vision of sub-processes of wheat production in irrigated and rainfed systems and specification of the exact amount and time of using inputs into production process which could allow a holistic assessment of Golestan province with respect to environmental, economic and sociological perspectives.

Acknowledgements

This research is part of the Ph.D thesis of the first author at Zabol University. We are grateful to Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR) and Zabol University. We are also grateful to Dr. H. Kashiri (Director of Agricultural Extension of Golestan province) and the farmers in our study for their patience and support.

Keywords: Assessment, Environmental impact, Herbicide, Using inputs, Yield



ارزیابی اثر عوامل مختلف زراعی و اجتماعی بر عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.):

مطالعه موردی استان کرمانشاه- دهستان سنجابی

ناصر سهرابی^۱، علیرضا باقری^{۲*}، فرزاد مندنی^۲ و ایرج نصرتی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۷

سهرابی، ن.، باقری، ع.، مندنی، ف.، و نصرتی، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی اثر عوامل مختلف زراعی و اجتماعی بر عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.): مطالعه موردی استان کرمانشاه- دهستان سنجابی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۱۶-۱۲۰۳.

چکیده

به منظور بررسی اثر برخی عوامل تأثیرگذار بر عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به صورت پیمایشی با نمونه برداری از ۸۵ مزرعه نخود در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در سه روستا واقع در دهستان سنجابی شهرستان روانسر استان کرمانشاه انجام شد. به منظور جمع‌آوری داده‌ها از دو روش (الف) تکمیل پرسش‌نامه توسط کشاورزان صاحب هر مزرعه و (ب) نمونه‌برداری مستقیم از مزرعه، استفاده شد. اطلاعات مستخرج از پرسشنامه شامل روش خاکورزی، تاریخ کاشت، روش کاشت، تراکم کاشت، نوع رقم، تناوب زراعی، مدیریت علف‌های هرز، تاریخ برداشت همچنین عوامل اجتماعی شامل سن، سطح سواد، مساحت اراضی کشاورز و نوع روستا بودند. نمونه‌برداری از مزارع نیز قبل از برداشت به صورت تصادفی در شش نقطه از هر مزرعه با استفاده از کوادرات به ابعاد ۱×۱ متر انجام شد. نتایج نشان داد که عملکرد نخود بسته به نوع مدیریتی زراعی و عوامل اجتماعی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بر این اساس، انجام دو بار خاکورزی قبل از کشت، استفاده روش‌های مکانیزه کاشت، مدیریت علف‌های هرز و همچنین انتخاب تاریخ کاشت و برداشت مناسب، به ترتیب ۲۱/۷، ۱۷/۳، ۲۰/۱، ۱۶/۷ و ۱۵/۰ درصد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نخود در منطقه مورد مطالعه شد. علاوه بر این، دو عامل سطح سواد و سابقه کشاورز نیز به عنوان عوامل مهم در افزایش عملکرد محصول و کاهش علف‌های هرز مطرح بودند. به طوری که با افزایش تجربه کشاورزان عملکرد نخود نیز ۲۵/۲ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین کشاورزان با سطح سواد بالا و پائین در مقایسه با کشاورزان با سطح سواد متوسط، ۹ درصد عملکرد بیشتری را برداشت کردند که به نظر می‌رسد علت این امر عدم تمرکز کشاورزان با سطح سواد متوسط بر فعالیت‌های کشاورزی باشد. همچنین سکونت در مقایسه با عدم سکونت در روستا نیز با افزایش احتمال توجه کشاورز به عملیات داشت، افزایش ۲۱ درصدی عملکرد نخود را به دنبال داشت. بطور کلی می‌توان بیان داشت که بررسی عوامل مؤثر بر تولید محصولات زراعی در شرایط واقعی، می‌تواند با افزایش آگاهی در مورد اثر هر یک از این عوامل، مدیریت بهتر بخش کشاورزی را به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بررسی پیمایشی، خاکورزی، عوامل اجتماعی، مدیریت زراعی

مقدمه

از این گیاه به عنوان یکی از گیاهان مقاوم به گرما نیز نام برده می‌شود (Aghaei sarbarze & Kanooni, 2004). همچنین به دلیل داشتن همزیستی با باکتری جنس ریزوبیوم^۲ و در نتیجه تثبیت نیتروژن اتمسفر در خاک، نخود یکی از مهم‌ترین گیاهان مکمل کشت غلات بخصوص گندم و جو بوده و در مناطق مدیترانه‌ای مانند ایران به طور گسترده‌ای به صورت بهاره کشت می‌شود (Strand & Fribourg, 1973; Taliei & Sayyadian, 2000). ۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود در ایران به صورت دیم می‌باشد. کشت نخود در مناطق دیم‌خیز

گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان یکی از منابع مهم پروتئینی افراد گیاهخوار و اقشار کم‌درآمد مطرح است. این گیاه در بین حبوبات فصل سرد، مقاوم‌ترین گیاه به خشکی است. علاوه بر این

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی، استادیار و

دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی

(*)- نویسنده مسئول: Email: a.bagheri@razi.ac.ir

DOI:10.22067/jag.v10i4.63057

حالی بود که تأخیر در کاشت باعث افزایش زیست‌توده علف‌های هرز و تولید بذر به ویژه در سیستم‌های بدون شخم شد.

در ایران کشت نخود به دو روش دستی و استفاده از بذرکار انجام می‌شود. در صورت یکسان بودن میزان رطوبت خاک، درصد جوانه‌زنی در کشت دستی (دست‌پاش) نخود در مقایسه با کشت مکانیزه آن، کمتر است. در کشت دست‌پاش بذرهای دارای عمق یکسان نیستند، این در حالی است که در کشت با ردیف کار به دلیل اینکه بذرهای در عمق مناسب مستقر می‌شوند، عملکرد بیشتری نسبت به روش دست‌پاش حاصل می‌آید (Aghaei Sarbarze & Kanooni, 2004). در حقیقت کشت مکانیزه باعث حصول الگو و تراکم کاشت مناسب گیاه زراعی می‌شوند. تراکم و الگوی کاشت ساختار کانوپی گیاهی را تنظیم می‌کند و به این ترتیب توانایی فرونشانی علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. استقرار یک گیاه زراعی با توزیع یکنواخت و متراکم می‌تواند منجر به استفاده بهتر از منابع رشدی مانند نور و رطوبت شده و در نتیجه افزایش توان رقابتی گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز شود (Singh et al., 2015). در آزمایشی افزایش تراکم کاشت برنج باعث افزایش شاخص سطح برگ (LAI)^۱ و در نتیجه کاهش تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)^۲ رسیده به زیر کانوپی برنج شد (Ghuman et al., 2008).

انتخاب نوع رقم نیز می‌تواند تأثیر زیادی روی عملکرد نخود داشته باشد (Khan & Khan, 2015). معمولاً وزن دانه در بوته ارقام پابلند کمتر از ارقام پاکوتاه می‌باشد. علاوه بر وجود تفاوت مربوط به وزن دانه و عملکرد در بین ارقام مختلف، قدرت رقابت گونه‌ها و ارقام گیاهی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. عموماً قدرت رقابت گیاهان زراعی با رشد نیرومند^۳ و در نتیجه کاهش کیفیت و کمیت نور در زیر تاج پوشش گیاه زراعی بهبود می‌یابد (Buhler, 2002). با این حال، همیشه همه صفات تأمین کننده قدرت رقابت گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز نمی‌توانند در بهره‌دهی گیاه زراعی مفید باشند. به عنوان مثال ارتفاع گیاه که معمولاً با فرونشانی علف‌های هرز همبستگی دارد اغلب با عملکرد گیاه زراعی همبستگی منفی و با مواردی مثل خوابیدگی ارتباط مثبت دارد (Singh et al., 2015).

از آنجائی که زراعت نخود به اندازه زراعت غلات برای کشاورزان منفعت ندارد، زارعین به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تمایل به کشت پیوسته غلات دارند که این کار افزایش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را در پی خواهد داشت (Aghaei Sarbarze & Kanooni, 2004). تناوب زراعی موجب ایجاد اختلال در ساختار جوامع علف‌های هرز و جلوگیری از افزایش گونه‌های علف‌های هرز در محصولات با نیازهای رشدی مشابه می‌شود. گیاهان مختلف به

به‌خصوص نیمه غربی ایران نقش بسیار مهمی در حفظ کشاورزی این مناطق دارد (Bagheri et al., 1997). در استان کرمانشاه طی سال زراعی ۹۳-۹۴ بیش از ۱۳۰ هزار هکتار (در حدود ۱۹ درصد کل اراضی) زیر کشت نخود رفته که عمدتاً دیم بوده و تنها ۴۶۳ هکتار آن را کشت آبی به خود اختصاص داد (Yavari & Jahangiri, 2016). عوامل مختلفی در طی عملیات کاشت و داشت بر عملکرد نخود تأثیرگذار هستند که از آن جمله می‌توان به روش آماده‌سازی بستر، تاریخ کاشت، روش کاشت، تراکم کاشت، نوع رقم مورد استفاده، تناوب زراعی، مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تاریخ برداشت و همچنین عوامل اجتماعی از قبیل تجربه، سطح سواد و امکانات کشاورز، اشاره کرد که در ادامه به اختصار بیان شده است.

نخود در خاک‌های مختلف کشت می‌شود، ولی چون دارای ریشه‌های عمیق بیش از ۱۵۰ سانتی‌متری است، به خاک‌های عمیق نیاز دارد. میزان pH بین ۶/۵ تا ۸/۵ برای نخود ایده‌آل است (Smithson et al., 1985). در غرب ایران جهت آماده‌سازی بستر، معمولاً یک شخم با گاوآهن برگردان‌دار و سپس هرس زدن در دستور کار کشاورزان قرار دارد. یکی از اهداف تهیه بستر، کنترل علف‌های هرز است. شخم قبل از کاشت می‌تواند کاهش تراکم علف‌های هرز را به دنبال داشته باشد. به همین دلیل است که بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که تراکم علف‌های هرز در سیستم‌های بدون شخم عموماً بیشتر از سیستم‌های شخم خورده با گاوآهن برگردان‌دار است (Cardina et al., 1991; Spandl et al., 1998; Mishra & Singh, 2012).

انتخاب تاریخ کاشت مناسب موجب می‌شود که گیاه به سرعت سطح برگ خود را توسعه داده و حداکثر نور را جذب کرده و مواد فتوسنتزی تولیدی را به دانه‌ها انتقال و تخصیص دهد (López-Bellido, 2008). تاریخ کاشت مناسب موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی نظیر درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطبیق زمان گل‌دهی با دمای مناسب می‌شود. با تعیین زمان کاشت مناسب می‌توان گیاهان را از مواجه شدن با تنش‌های محیطی حفظ نمود (López-Bellido et al., 2008; Kaya et al., 2010). عملکرد گیاهان نخود کاشته شده در پائیز بیشتر از عملکرد نخود کاشته شده در بهار گزارش شده است (Hedley & Ambrose, 1981). بررسی آنها همچنین نشان داد افزایش عملکرد تا حد زیادی به دلیل بیشتر بودن تعداد گره‌های بارور در کاشت پاییزه بود. علاوه بر این زمان کاشت می‌تواند بر ظهور و شدت آلودگی علف‌های هرز تأثیرگذار باشد. از این رو زمان کاشت باید به گونه‌ای تنظیم شود که شرایط اکولوژیکی جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز مهیا نشود (Singh et al., 2015). لنسن (Lenssen, 2008) بیان داشت که کاشت زود هنگام جو منجر به کاهش تجمع ماده خشک و تولید بذر در علف‌های هرز شد این در

1- Leaf area index

2- Photosynthetically active radiation

3- Vigorous growth

منطقه مورد مطالعه، بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در شهرستان روانسر از توابع استان کرمانشاه به اجرا درآمد. شهرستان روانسر با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی در شمال غرب استان کرمانشاه و در فاصله ۵۷ کیلومتری شهر کرمانشاه واقع شده است. این آزمایش در سه روستا به نام‌های کرده وند، شوربلاغ و لاجین در شمال دهستان سنجابی از دهستان‌های توابع این شهرستان به فاصله ۲۵ کیلومتر از شهرستان انجام شد. ارتفاع این روستاها از سطح دریا تقریباً ۱۳۳۶ متر و بر اساس آمار هواشناسی میانگین دمای بلندمدت این شهرستان ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه بلندمدت حدود ۵۲۱/۳ میلی‌متر است (جدول ۱).

جدول ۱- آمار بارندگی ماهیانه شهرستان روانسر طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (منبع: اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه)

Table 1- Statistics of monthly precipitation during the growing season of 2014-2015 in the Rawansar district (reference: Meteorological Organization of Kermanshah)

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
Year	Mar.- Apr.	Apr.- May	May- Jun.	Jun.- Jul.	Jul.- Aug.	Aug.- Sep.	Sep.- Oct.	Oct.- Nov.	Nov.- Dec.	Dec.- Jan.	Jan.- Feb.	Feb.- Mar.
2014-15	17.7	10.5	4.7	0	0	0	55.2	53.4	53.7	18.7	32.4	49.8
2015-16	57.6	13.3	0.6	0	0	3.9	315	68.6	58.5	57.8	89.9	94.4

اراضی در شهرستان‌های اطراف ساکن می‌باشند. با توجه به بومی بودن نگارنده، شناخت اراضی، آشنایی با کشاورزان و احتمال اعتماد دو طرفه در پاسخ‌گویی به سؤالات، این روستاها جهت انجام این تحقیق انتخاب شدند.

قبل از انجام آزمایش ابتدا با انجام مصاحبه با کشاورزان با سابقه منطقه، مزارعی که قرار بود در آن سال نخود دیم کشت شوند، شناسایی شدند. سپس طی دو مرحله بازدید میدانی از زمین‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه قبل از انجام نمونه‌برداری، مواردی از قبیل شخم پاییزه و یا بهاره مزارع قبل از کاشت، تراکم علف‌های هرز (در مزارعی که در پاییز شخم نخورده بودند)، ابعاد زمین‌های کشاورزی و موقعیت آنها، موقعیت جغرافیایی از قبیل شیب زمین‌ها جهت آگاهی اولیه و کمک به انتخاب یکنواخت واحدهای نمونه‌برداری (زمین‌های کشت نخود) ثبت شدند. این آزمایش با انتخاب ۸۵ مزرعه نخود دیم در شرایط زراعی با مساحت‌های بین یک تا هفت هکتار انجام شد. در این مطالعه جهت کسب اطلاعات از دو روش الف) تکمیل پرسش‌نامه توسط کشاورزان صاحب هر مزرعه و ب) نمونه‌برداری مستقیم از مزرعه، استفاده شد.

فعالیت‌های مدیریتی متفاوتی نیاز دارند که این امر می‌تواند در تخریب چرخه زندگی علف‌های هرز و جلوگیری از غالبیت هر گونه‌ای از علف‌های هرز کمک کند (Eslami, 2014; Singh et al., 2015). با قرار دادن نخود در تناوب با غلات می‌تواند علاوه بر ایجاد اختلال در چرخه آفات و بیماری‌ها افزایش تولید را نیز به همراه داشت.

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مدیریت صحیح آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز افزایش بازدهی گیاه زراعی را به همراه خواهد داشت (Ahmed & Awan, 2013; Chauhan, 2013; Eslami, 2014) که انجام درست این مدیریت به همراه سایر فعالیت‌های مدیریتی تأثیرگذار بر عملکرد گیاهان زراعی به عواملی از قبیل دانش، تجربه، امکانات و شرایط زندگی کشاورزان بستگی خواهد داشت. به‌منظور ارزیابی تأثیر عوامل مختلف رایج بر تولید نخود در منطقه سنجابی استان کرمانشاه، این آزمایش در شرایط واقعی به صورت پیمایشی طرح‌ریزی شد. در این تحقیق سعی شده است که مهم‌ترین عوامل زراعی و اجتماعی تأثیرگذار بر عملکرد نخود در

روستاها مورد مطالعه دارای ۲۲۰ خانوار کشاورز صاحب زمین بوده که شغل کشاورزی از جمله مهمترین مشاغل ساکنین بوده و به ندرت مشغول به دامپروری می‌باشند. با توجه به عدم نقشه‌برداری و یکپارچه‌سازی اراضی روستا، مقدار واقعی اراضی مشخص نشده است. با این حال، بر اساس عرف محلی جمع اراضی بیش از هزار هکتار برآورد می‌شود که کوچک‌ترین و بزرگترین قطعات بین کمتر از یک هکتار تا بیست هکتار می‌باشد. اراضی این سه روستا در مجاور یکدیگر واقع شده‌اند که اکثراً به صورت دیم کشت شده و مهمترین گیاهان زراعی شامل گندم آبی و دیم (*Triticum aestivum* L.)، نخود دیم، جو دیم (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) و به مقدار خیلی کم محصولات جالیزی نظیر هندوانه (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) و طالبی (*Cucumis melo* L.) می‌باشند. منابع آبی روستاهای مورد مطالعه نیز شامل رودخانه قره سو (به صورت فصلی در بهار) و چند حلقه چاه عمیق (سه حلقه اشتراکی و حلقه به صورت خصوصی) هستند. از نظر سکونت، روستای کردوند خالی از سکنه است، در حالی که روستاهای شوربلاغ و لاجین دارای سکنه هستند، هرچند که تعدادی از مالکین

شد (جدول ۲ و ۳). در بخش دوم نیز، با نمونه برداری در مرحله رسید فیزیولوژیک نخود توسط شش کوآدرات ۱*۱ متری برای ۸۵ مزرعه مورد مطالعه، عملکرد ثبت و با استفاده از تناسب بندی به مساحت مزرعه تعمیم داده شد.

در بخش اول آزمایش، کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل سابقه تناوبی مزرعه، روش خاکورزی، تاریخ کاشت، روش کاشت، تراکم کاشت، نوع رقم، مدیریت علف های هرز، تاریخ برداشت همچنین عوامل اجتماعی شامل سن، سطح سواد، مساحت اراضی کشاورز و نام روستا در قالب پرسشنامه از کشاورزان جمع آوری و ثبت

جدول ۲- عوامل مدیریت زراعی، حاصل از تکمیل پرسشنامه های مربوط به هر یک از مزارع نخود مورد بررسی
Table 2- Agronomic management factor extracted from each chickpea studied field Questionnaires

عوامل مدیریت زراعی Agronomic management factors	توضیحات Description
زمان عملیات خاکورزی Tillage date	پاییز و بهار- یا بهار ^۱ Fall and spring- Spring
تاریخ کاشت Sowing date	اواخر اسفند- اواسط فروردین ^۲ Mid March- Early April
روش کاشت Sowing method	دستپاش- استفاده از ردیف کار دیم ذرت Hand spreading- Corn row crop planter
محل تهیه بذر Source of seeds	خود مصرفی- تهیه از بنکدار Self consumption, or preparation of the wholesaler
رقم بذر Seed varieties	محلی- بیونج Local- Bivani
مقدار بذر مصرف شده Seed rate (kg.ha ⁻¹)	30 or 45
مبارزه با علف های هرز Weed management	کنترل- عدم کنترل Control- Without control
تاریخ برداشت Harvesting date	اواخر خرداد، اواسط تیر و اواخر تیر Mid June- Late June- Mid July
تناوب زراعی Crop rotation	تناوب دو محصول (گندم- نخود)، یا سه محصول (گندم- نخود- جو- نخود) Two crop rotation (Wheat- chickpea) and three crop rotation (wheat- chickpea- barley - chickpea)

۱- شخم پاییزه طی ماه آبان و نیمه اول آذر ماه و شخم بهاره طی نیمه دوم اسفند ماه و نیمه اول فروردین ماه انجام شد. ۵۷ مزرعه، هم در پائیز و هم در بهار شخم خورده و ۲۸ مزرعه نیز تنها در بهار شخم زده شدند.

۲- تاریخ کاشت ۳۴ مزرعه در نیمه دوم اسفند ماه و ۵۱ مزرعه در بازه زمانی نیمه اول فروردین ماه بود.

1- The autumn tillage was done during the second half of October to entire November and the spring tillage was done during the March to the first half of April. 57 farms were plowed both in the fall and spring, and 28 fields were plowed only in the spring.

2- Planting date of 34 fields was in the mid-March and 51 fields in early April.

جدول ۳- عوامل اجتماعی، حاصل از تکمیل پرسشنامه‌های مربوط به هر یک از مزارع نخود مورد بررسی
Table 3- Social factor extracted from owner of each chickpea studied field Questionnaires

عوامل اجتماعی Social factors	توضیحات Descriptions
سن و سابقه کشاورز (سال) Farmer age and experience	Age groups, 20 to 39, 40 to 49, 50 to 59 and 60 and above
سطح سواد Education level	بی‌سواد، ابتدایی، سیکل و راهنمایی، دیپلم، لیسانس و بالاتر از لیسانس Illiterate, elementary, middle, high school, bachelor and above
مساحت اراضی (هکتار) Area of field of the farmers	1 to 2, 2 to 3, 3 to 4, 4 to 5, 5 to 6 and 6 to 7
روستاها Villages	کرده وند، شوربلاغ و لچین Kordevand, Shoorbolagh and Lachin

هکتار تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. به‌نظر می‌رسد با افزایش تعداد شخم، علف‌های هرزی که در پاییز و بهار جوانه می‌زنند مانند گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacantha* M.Bieb.) و شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) در فصل پاییز و بعد از آن تا قبل از کاشت جوانه‌زده و سبز شده‌اند از بین رفته، در نتیجه جذب مواد غذایی و رطوبت توسط علف‌های هرز کاهش یافته است. گزارش شده است که کاهش دفعات شخم قبل از کاشت باعث افزایش فراوانی علف‌های هرز و کاهش عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به دلیل غلبه علف‌های هرز بر لوبیا می‌گردد (Velykis & Satkus, 2010).

تاریخ کاشت: داده‌های حاصل از دو تاریخ کاشت متفاوت نشان دادند که کشت در اواخر اسفند ماه در مقایسه با کشت در اواسط فروردین ماه عملکرد بیشتری را به همراه داشت (به ترتیب ۲۸۵/۲ و ۲۴۴/۳ کیلوگرم در هکتار). به‌نظر می‌رسد وجود رطوبت بیشتر در خاک در نتیجه بارندگی اواخر زمستان باعث جوانه زدن زودتر بذر نخود و افزایش طول دوره رویشی آن شده است. افزایش عملکرد نخود با کشت زودتر در زمستان گزارش شده است (Iliadis, 2001). کشت در زمستان به دلیل فرصت بیشتر برای رشد رویشی و زایشی می‌تواند تا صد درصد افزایش عملکرد نسبت به کشت در بهار داشته باشد (Keatinge & Cooper, 1983). همچنین فرار از تنش خشکی انتهای فصل در شرایط کاشت زودهنگام می‌تواند منجر به افزایش عملکرد نخود شود (Hajjarpoor et al., 2016). علاوه بر این کاشت زودهنگام گیاه زراعی می‌تواند با به جلو انداختن مراحل فنولوژیکی گیاه، منجر به برتری آن در رقابت با علف‌های هرز گردد. لنسن (Lenssen, 2008) بیان داشت که کاشت زود هنگام جو منجر به کاهش تجمع ماده خشک در علف‌های هرز و تولید بذر شد این در حالی بود که تأخیر در کاشت باعث افزایش بیوماس علف‌های هرز و تولید دانه به‌ویژه در سیستم‌های بدون شخم شد. تأخیر در کاشت

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا از نرمال بودن توزیع صفت عملکرد نخود اطمینان حاصل شد. جهت مقایسه بین عوامل مربوط به مدیریت زراعی، در صورتی که دو گروه مورد مقایسه قرار می‌گرفتند (زمان آماده‌سازی بستر، زمان کاشت، روش کاشت، محل تهیه بذر، رقم بذر، مبارزه با علف‌های هرز، و تناوب زراعی) از آزمون تی با نمونه‌های مستقل^۱ با فرض واریانس برابر (پس از انجام آزمون برابری واریانس در مورد تمامی صفات ذکر شده، فرض صفر رد نشد) استفاده شد. این در حالی بود که در صورت مقایسه بیش از دو گروه (تاریخ کاشت، سابقه کشاورز، سواد کشاورز، مساحت اراضی و روستای مورد بررسی) از روش تجزیه واریانس و جهت مقایسه میانگین‌ها، خطای معیار^۲ محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از برنامه‌های Excel 2007، SPSS Statistic Data Editor v. 20 استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر عوامل مدیریت زراعی بر عملکرد نخود

بررسی عوامل مدیریتی بر میزان عملکرد نخود نشان داد که عملیات خاک‌ورزی، تاریخ کاشت، روش کاشت، مقدار بذر و مبارزه با علف‌های هرز در سطح احتمال $p \leq 0.01$ و تاریخ برداشت در سطح احتمال $p \leq 0.05$ اثرات معنی‌داری را بر عملکرد نخود داشتند. محل تهیه بذر، رقم بذر و تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری را بر عملکرد نخود به همراه نداشتند (جدول ۴).

زمان عملیات خاک‌ورزی: نتایج آزمایش نشان داد که مزارع نخودی که دو بار شخم خورده بودند (یک‌بار در پاییز و یک بار قبل از کاشت) نسبت به مزارعی که تنها یک‌بار شخم خورده بودند (شخم قبل از کاشت) به ترتیب با میانگین عملکرد ۲۷۷/۲ و ۲۲۷/۷ کیلوگرم در

1- Independent samples T-test

2- Standard error

باعث کاهش کلیه صفات مورفولوژی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف، فاصله غلاف‌ها از سطح خاک و تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود (Leport et al., 2006). با توجه به تغییر شرایط اقلیمی و افزایش دمای هوا به نظر می‌رسد که در آینده محدودیت‌های کشت زود هنگام مانند بارندگی و یخ‌زدگی زمین کاهش خواهد یافت، از این رو کاشت زود هنگام می‌تواند در آینده مزایای بیشتری را به همراه داشته باشد (Luo et al., 2009).

روش کاشت: میانگین عملکرد نخود در مزارعی که به صورت مکانیزه کشت شده بودند معادل ۲۸۷/۶ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین عملکرد در روش کشت دست‌پاش به مقدار ۲۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار بود. قرار گرفتن بذر در عمق مناسب و جوانه‌زنی به موقع را می‌توان از دلایل این امر دانست. در آزمایشی روی دو روش کشت مکانیزه و دست‌پاش نخود دیم در ایستگاه

تحقیقات دیم مراغه و سرارود کرمانشاه، کشت مکانیزه (کشت با بذرکار) نسبت به کشت دست‌پاش عملکرد بیشتری را به همراه داشت (Javadi et al., 2004). علاوه بر مطالب ذکر شده، کشت مکانیزه امکان کنترل علف‌های هرز را فراهم می‌آورد (Diekmann et al., 1994). تحقیقات انجام شده در ایکاردا نشان می‌دهد که استفاده از خطی کارهای غلات جهت کاشت نخود امکان استفاده از کولتیواتور جهت کنترل علف‌های هرز را امکان‌پذیر می‌سازد. نتایج به دست آمده از ۲۲ طرح تحقیقاتی پیمایشی (تحقیقات اجرا شده در مزرعه زارعین) در طی سه سال در سوریه نشان داد که کشت با بذرکار عملکرد محصول نخود را به طور محسوسی نسبت به روش دست‌پاش افزایش داد. در این تحقیقات بر اهمیت تاریخ کاشت در خاک‌های سنگین و همچنین تأثیر مثبت استفاده از بذرکار بر عملکرد دانه تأکید شده است (Pala & Mazid, 1992).

جدول ۴- تأثیر عوامل مربوط به مدیریت زراعی مورد مطالعه بر عملکرد نخود
Table 4- Impact of the studied agronomic factors on the yield of chickpea

متغیر Variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	احتمال P value
زمان عملیات خاک‌ورزی Tillage date	1	43210	0.001
تاریخ کاشت Sowing date	1	5262	0.002
روش کاشت Sowing method	1	38113	0.001
محل تهیه بذر Source of seeds	1	2201	0.133
رقم بذر Seed varieties	1	31184	0.325
مقدار بذر مصرف شده Seed rate	1	36086	0.001
مبارزه با علف‌های هرز Weed management	1	25583	0.00
تاریخ برداشت Harvesting date	2	6443	0.025
تناوب زراعی Crop rotation	1	398	0.63

محل تهیه بذر: کشاورزانی که از بذر خود مصرفی جهت کشت استفاده کرده بودند دارای ۲۸۴/۶ عملکرد کیلوگرم و کسانی که بذر کشت شده را از بنکداران خریداری کرده بودند میانگین تولید ۲۹۱/۷ کیلوگرم در هکتار را داشتند که اختلاف چندانی را نشان نمی‌دهند. در بنکداری‌ها دقت لازم جهت حفظ خلوص و قوه نامیه بذر وجود ندارند

و بنکداران فقط محصول خریداری شده از سایر کشاورزان سال قبل را بدون رعایت شرایط یک بذر مناسب باهم مخلوط کرده و فقط با تمیز کردن جزئی به کشاورزان متقاضی می‌فروشد. به نظر می‌رسد علت عدم تفاوت معنی‌داری در محل تهیه بذر نیز همین امر باشد. میانگین عملکرد رقم بیونیچ و محلی به ترتیب معادل ۲۹۷/۷ و ۲۷۸/۹

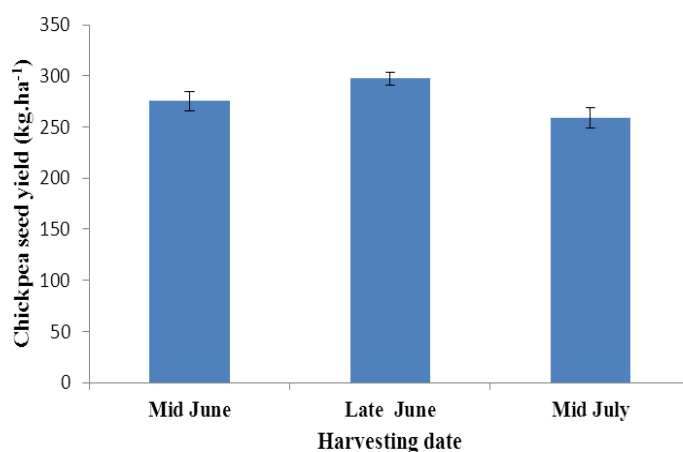
کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت معنی داری را نشان ندادند.

مقدار مصرف بذر: در مزارع مورد مطالعه مقدار مصرف بذر معادل ۳۰ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب عملکردی معادل ۵۸/۲۳۵ و ۶۴/۲۷۷ کیلوگرم در هکتار را به همراه داشت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار بذر در واحد سطح میزان عملکرد به طور معنی داری افزایش یافته است که دلیل آن را می توان افزایش تعداد بوته در واحد سطح و به تبع آن تعداد غلاف و تعداد دانه دانست. محققین اظهار داشتند که تراکم بالا به طور معنی داری عملکرد دانه بیشتری نسبت به تراکم های کم تولید می کند (Khan, 2002). همچنین ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه گزارش شده است (Regan et al., 2003). آنها به این نتیجه رسیدند که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد تک بوته کاهش می یابد ولی عملکرد در واحد سطح افزایش می یابد (Regan et al., 2003). از سوی دیگر، افزایش تراکم و انتخاب آرایش کشت مناسب گیاه زراعی باعث کاهش رشد علف های هرز و افزایش قدرت گیاه زراعی و عملکرد آن می شود (Saxena & Singh, 1984). در حقیقت، افزایش تراکم گیاه زراعی تا جایی که باعث شروع رقابت درون گونه ای نشود می تواند در تولید عملکرد مناسب، مؤثر باشد (Saito, 2010).

مبارزه با علف های هرز: بررسی اثر عملیات کنترل علف های هرز در مزارع مورد مطالعه نشان داد که در مزارعی که عملیات مبارزه با علف های هرز در آنها چه به صورت وجین دستی و چه با کولتیواتور انجام شده بود میانگین عملکرد معادل ۸/۲۹۸ کیلوگرم در هکتار و در اراضی که هیچ گونه عملیاتی جهت مبارزه با علف های هرز انجام نشده بود میانگین عملکرد معادل ۷/۲۴۸ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف معنی داری را در سطح $p \leq 0.01$ بین این مزارع نشان می داد. قدرت

رقابتی نخود در مقابل سایر گونه ها کم است، بطوری که نتایج برخی آزمایشات نشان داده است که حتی کشت مخلوط با آرایش کاشت منظم آن با گندم نیز منجر به کاهش شدید عملکرد آن شد (Mohammadi et al., 2013; Mashhadi et al., 2015). کاهش عملکرد در نخود به علت وجود علف های هرز ۸۷-۴۰ درصد گزارش شده است (Saxena et al., 1976). بر اساس تحقیقات انجام شده در ایستگاه کشاورزی مراغه اعلام شده است که میزان خسارت علف های هرز به محصول نخود بین ۴۳ تا ۴۸ درصد می باشد (Bazzazi, 1993). موسوی (Mousavi, 2004) در پژوهشی دو ساله، افزایش عملکرد ناشی از کنترل علف های هرز را ۹۲٪ اعلام کرد. در مطالعه ای دیگر وجین علف های هرز در مقایسه با شاهد بدون کنترل، سبب افزایش ۱۰۷ درصدی عملکرد دانه نخود شد (Ahlawat et al., 1981).

تاریخ برداشت: برداشت نخود در منطقه مورد مطالعه در سه زمان اواخر خرداد، اوایل و اواخر تیر انجام می شود. میانگین عملکرد بین سه تاریخ برداشت نشان داد که عملکرد نخود در اواخر خرداد، اوایل تیر و اواخر تیر ماه به ترتیب ۵/۲۷۵، ۳/۲۹۷ و ۶/۲۵۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). به این ترتیب بهترین زمان برداشت اوایل تیرماه بود. برداشت در ماه خرداد به دلیل عدم رسیدگی کامل غلاف ها و سبز بودن دانه ها باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می شود و برداشت در اواخر تیرماه نیز به دلیل خشک شدن بیش از حد غلاف های نخود و شکوفا شدن و ریزش دانه ها کاهش عملکرد را به دنبال داشت. آفایی و کانونی (Aghaei Sarbarze & Kanooni, 2004) اعلام کردند تأخیر در برداشت ممکن است باعث ریزش برگ ها و غلاف شده و سبب کاهش عملکرد دانه و کاه در نخود شود.



شکل ۱- اثر زمان برداشت بر عملکرد نخود

میله های عمودی بر روی ستون ها نشان دهنده خطای معیار (Standard error) می باشند. در صورت همپوشانی خطای معیار، تفاوت ها معنی دار نخواهند بود.

Fig. 1- The effect of harvesting date on the yield of chickpea

Vertical bars indicate Standard Error. In case of overlapping of Standard Error, the differences will not be significant.

اثر عوامل اجتماعی بر عملکرد نخود

بررسی تأثیر عوامل اجتماعی بر عملکرد نخود نشان داد که عملکرد نخود بین کشاورزان با سطح سواد مختلف و همچنین کشاورزان با سن و سابقه متفاوت، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال $p \leq 0.05$ داشت. علاوه بر این بین روستاهای مختلف مورد بررسی نیز از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری در سطح $p \leq 0.01$ مشاهده شد. این در حالی بود که مساحت اراضی تفاوت معنی‌داری را روی عملکرد ایجاد نکرد (جدول ۵).

تناوب زراعی: در این تحقیق تناوب رعایت شده در مزارع مورد

مطالعه شامل تناوب دو محصول گندم- نخود و تناوب سه محصول گندم- جو- نخود بودند. میانگین عملکرد در تناوب های دو محصول و سه محصول به ترتیب معادل $286/8$ و $284/6$ کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. به نظر می‌رسد تشابه دوره رشدی و همچنین شرایط مختلف زراعی گندم و جو باعث شده است که عملاً تناوب دو محصول با سه محصول تفاوت چندانی را از نظر عملکرد نخود با یکدیگر نداشته باشد.

جدول ۵- تأثیر متغیرهای اجتماعی مورد مطالعه بر عملکرد نخود

Table 5- Impact of the studied social variables on the yield of chickpea

متغیر Variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square	احتمال P value
سن و سابقه کشاورز (سال) Farmer age and experience	5	2238	0.023
سواد کشاورز Farmer education level	4	3061	0.011
مساحت اراضی (هکتار) Area of field of the farmers	7	1049	0.38
روستاهای مورد بررسی Studied village	2	14239	0.001

هکتار اختصاص داشت. کشاورزان با سطح سواد راهنمایی با مقدار $273/4$ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند و کشاورزان با سطح سواد ابتدایی و دیپلم به ترتیب عملکرد با مقادیر $289/2$ و $285/6$ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص دادند (شکل ۳). به نظر می‌رسد زمان صرف شده برای انجام عملیات کشاورزی عامل ایجاد این اختلاف معنی‌دار در بین کشاورزان با سطح سواد مختلف شده است. با توجه به اطلاعات به دست آمده، ۸۸ درصد از مالکین بی سواد و کم سواد ساکن روستا بوده و به غیر از کشاورزی به شغل دیگر اشتغال نداشتند، این در حالی بود که ۹۱ درصد از افرادی که دارای مدرک متوسطه و یا دیپلم بودند عمدتاً دارای مشاغل آزاد غیررسمی بودند. وجود وقت و تمرکز بیشتر در گروه مالکین بی سواد و کم سواد نسبت به مالکین با مدرک متوسطه و دیپلم در انجام فعالیت‌های کشاورزی ممکن است منجر به حصول این نتایج شده باشد. گروه بعدی، افرادی بودند که دارای مدرک لیسانس و یا بالاتر بوده که ۸۰ درصد دارای مشاغل دولتی بودند. به نظر می‌رسد افراد این گروه به دلیل داشتن مشاغل ثابت وقت بیشتری را در اختیار دارند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد سطح تحصیلات بالاتر امکان مدیریت بهتر مزرعه را برای آنها در مقایسه با افراد با سطح تحصیلات متوسطه و

سن و سابقه کشاورز: در این تحقیق هفت گروه سنی شامل

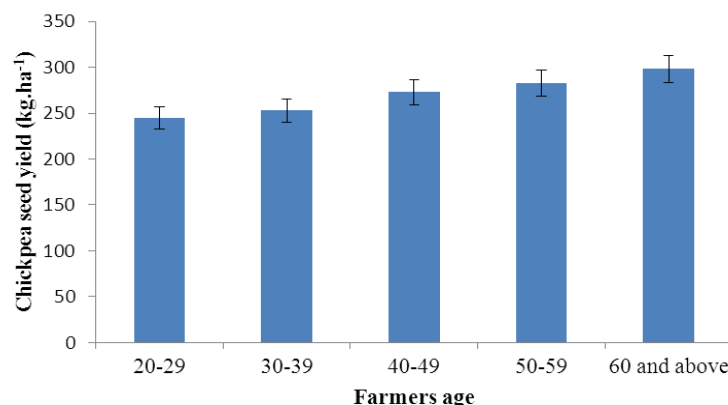
۲۰ تا ۲۹، ۳۰ تا ۳۹، ۴۰ تا ۴۹، ۵۰ تا ۵۹ و ۶۰ به بالا (مسن‌ترین کشاورز ۷۴ سال سن داشت) بر اساس اطلاعات پرسشنامه دسته‌بندی شدند. بیشترین عملکرد نخود با میانگین $307/2$ کیلوگرم در هکتار در مزارع کشاورزان با سن ۶۰ به بالا و کمترین عملکرد با میانگین $245/3$ کیلوگرم در هکتار به کشاورزانی که دارای سن ۲۰ تا ۳۰ سال بودند تعلق داشت (شکل ۲). این امر نشان‌دهنده نقش تجربه در عملیات کشاورزی می‌باشد، به‌طوری‌که کشاورزانی که دارای سابقه بیشتری بودند با استفاده از تجربیات گذشته عملکرد بیشتری برداشت کردند. فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2015) در تحقیقی روی نقش سابقه در عملکرد چغندر قند به این نتیجه رسیدند که بین کشاورزان مورد مطالعه، کسانی که دارای سن و سابقه بیشتر بودند عملکرد بیشتر و معنی‌داری را نسبت به کشاورزان کم سن و سابقه برداشت کردند.

سواد کشاورز: بررسی میزان عملکرد نخود برداشت شده در بین

کشاورزان با سطح سواد متفاوت نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد نخود به کشاورزان بی‌سواد با مقدار $298/4$ کیلوگرم در هکتار و همچنین دارای مدرک لیسانس و بالاتر با مقدار $296/8$ کیلوگرم در

مشابه رسیدند که میزان تحصيلات و شغل فرعی با میزان توليد چغندر رابطه معنی دار دارد.

ديپلم به ارمغان آورده باشد. در تحقيقي که فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2015) جهت بررسی چالش‌های توليد چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شهرستان هرسين استان کرمانشاه به نتیجه

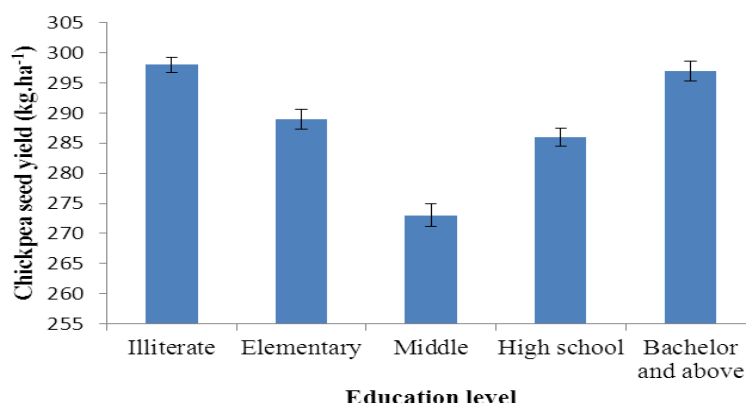


شکل ۲- اثر سن (سابقه) کشاورزان بر عملکرد نخود

میله‌های عمودی بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای معیار (Standard error) می‌باشند. در صورت همپوشانی خطای معیار، تفاوت‌ها معنی دار نخواهند بود.

Fig. 2- The effect of farmer experience on the yield of chickpea

Vertical bars indicate Standard Error. In case of overlapping of Standard Error, the differences will not be significant.



شکل ۳- اثر میزان سواد کشاورز بر عملکرد نخود

میله‌های عمودی بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای معیار (Standard error) می‌باشند. در صورت همپوشانی خطای معیار، تفاوت‌ها معنی دار نخواهند بود.

Fig. 3- The effect of farmer education level on the yield of chickpea

Vertical bars indicate Standard Error. In case of overlapping of Standard Error, the differences will not be significant.

روستای مورد مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد در روستای لاجین با مقدار ۳۰۴/۳ کیلوگرم در هکتار و پس از آن در روستاهای شوربلاغ و کرده وند به ترتیب با مقدار ۲۷۵/۲ و ۲۵۱/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۴). بررسی وضعیت روستاها نشان داد که مهم‌ترین دلیل اختلاف عملکرد بین این روستاها می‌تواند مربوط به سکونت و یا عدم سکونت کشاورزان باشد. به این صورت که روستای لاجین دارای سکنه بوده و کشاورزی توسط ساکنان انجام می‌شود، در

مساحت اراضی: مقایسه عملکرد نخود بین هفت سطح مختلف اراضی (۱ تا ۲، ۲ تا ۳، ۳ تا ۴، ۴ تا ۵، ۵ تا ۶ و ۶ تا ۷ هکتار) تفاوت معنی‌داری را در عملکرد نخود نشان نداد. نتایج آزمایش فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2015) در خصوص محصول چغندر قند در شهرستان هرسين استان کرمانشاه نیز با نتایج بدست آمده همخوانی داشت.

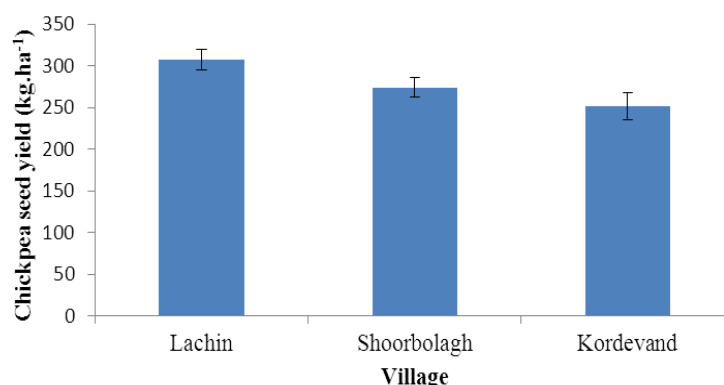
روستای مورد مطالعه: ارزیابی میزان عملکرد نخود در بین سه

به روش‌های مکانیزه کاشت (استفاده از خطی کار دیم)، مدیریت علف‌های هرز و همچنین انتخاب تاریخ کاشت و برداشت مناسب (کاشت در در اواخر اسفند ماه و برداشت در اوایل تیر ماه) می‌تواند باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نخود در منطقه مورد مطالعه شود. علاوه بر این دو عامل سطح سواد و تجربه کشاورز نیز به عنوان عوامل مهم در افزایش عملکرد محصول مطرح بودند. همچنین پدیده مهاجرت از روستاها نیز منجر به کاهش عملکرد نخود شد. به طور کلی ارزیابی عملکرد محصول در شرایط واقعی مزرعه می‌تواند با کسب اطلاعات مربوط به مدیریت و شرایط رایج و عرف منطقه، منجر به افزایش آگاهی مدیران و در نتیجه اتخاذ تصمیمات منطبق با واقعیت شود.

حالی که در روستاهای شوربالغ تعداد کمی از کشاورزان ساکن هستند و روستای کرده وند کاملاً خالی از سکنه بوده و مالکین زمین‌ها در شهرهای اطراف ساکن و تنها جهت انجام امور مربوط به زمین‌های کشت شده به روستا تردد دارند. به نظر می‌رسد حضور کشاورز و توجه بیشتر در روستای لاچین عملکرد بالاتر و عدم رسیدگی مناسب در زمین‌های روستاهای شوربالغ و کرده وند منجر به کاهش عملکرد زمین‌های این روستاها نسبت به روستای لاچین شده است.

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج بدست آمده نشان داد که دو بار عملیات خاک‌ورزی قبل از کاشت (خاک‌ورزی در پائیز و بهار)، همچنین توجه



شکل ۴- تفاوت عملکرد بین روستاها از نظر عملکرد نخود

میله‌های عمودی بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای معیار (Standard error) می‌باشند. در صورت همپوشانی خطای معیار، تفاوت‌ها معنی‌دار نخواهند بود.

Fig. 4- The effect of studied village differences on the yield of chickpea

Vertical bars indicate Standard Error. In case of overlapping of Standard Error, the differences will not be significant.

منابع

- Aghaei Sarbarze, M., and Kanooni, H. 2004. Chickpea (Translation). Tagh e Bostan press, Kermanshah, Iran p. 140. (In Persian)
- Ahlawat, I., Singh, A., and Saroj, C. 1981. It pays to control weeds in pulses [India]. Indian Farming.
- Ahmed, K., and Awan, M.S. 2013. Integrated management of insect pests of chickpea *Cicer arietinum* (L. Walp) in South Asian countries: present status and future strategies- A review. Pakistan Journal of Zoology 45: 1125-1145.
- Bagheri, A., Zand, E., and Parsa, M. 1997. Bean bottlenecks and strategies. Jahad daneshgahi, Mashhad, Iran p. 94. (In Persian)
- Bazzazi, D. 1993. The final report of the research project comparing the effects of herbicides on weeds in chickpea. Dryland Research Institute, Maragheh, East Azarbayjan, p. 52. (In Persian)
- Buhler, D.D. 2002. 50th Anniversary-invited article: Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science 50: 273-280.
- Cardina, J., Regnier, E., and Harrison, K. 1991. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. Weed Science 186-194.
- Chauhan, B. 2013. Effect of tillage systems, seeding rates, and herbicides on weed growth and grain yield in dry-seeded rice systems in the Philippines. Crop Protection 54: 244-250.
- Diekmann, J., Bansal, R., and Monroe, G. 1994. Developing and delivering mechanization for cool season food legumes. Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes. Springer pp. 517-528.

- Eslami, S.V. 2014. Weed management in conservation agriculture systems. In: B. S. Chauhan and G. Mahajan, editors, Recent advances in weed management. Springer Science and Business Media, New York. p. 87-124.
- Fattahi, S., Binaeian, A., and Rezvanfar, A. 2015. Factor analysis of the challenges influencing sugar beet producers in Harsin city. Sugarbeet 31: 93-107.
- Ghuman, R., Brar, L., and Walia, U. 2008. Role of variety and plant geometry on weed management in transplanted rice (*Oryza sativa* L.). Indian Journal of Weed Science 40: 137-141.
- Hajjarpoor, A., Meghdadi, N., Soltani, A., and Kamkar, B. 2016. Assessment of the adaptation strategies in rainfed chickpea in response to future climate change in Zanjan province. Journal of Agroecology 8: 169-181. (In Persian with English Summary)
- Hedley, C., and Ambrose, M. 1981. Designing "leafless" plants for improving yields of the dried pea crop. Advances in Agronomy 34: 225-277.
- Iliadis, C. 2001. Evaluation of six chickpea varieties for seed yield under autumn and spring sowing. The Journal of Agricultural Science 137: 439-444.
- Javadi, A., Rahimzadeh, R., and Yavari, I. 2004. Comparison of traditional and mechanized planting methods at different levels of seed density and its effect on the yield of rainfed chickpea. Iranian Journal of Agricultural Engineering Research 5: 59-78. (In Persian with English Summary)
- Kaya, M., Sanli, A., and Tonguc, M. 2010. Effect of sowing dates and seed treatments on yield, some yield parameters and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 9: 3833-3839.
- Keatinge, J., and Cooper, P. 1983. Kabuli chickpea as a winter-sown crop in northern Syria: moisture relations and crop productivity. Journal of agricultural science, Cambridge 100: 667-680.
- Khan, M.A. 2002. Production efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by inoculation, phosphorus levels and intercropping. University of Agriculture, Faisalabad.
- Khan, R., and Khan, I.A. 2015. Varietal response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) towards the allelopathy of different weeds. Sains Malaysiana 44: 25-30.
- Lenssen, A.W. 2008. Planting date and preplant weed management influence yield, water use, and weed seed production in herbicide-free forage barley. Weed Technology 22: 486-492.
- Leport, L., Turner, N.C., Davies, S., and Siddique, K. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
- López-Bellido, F.J., López-Bellido, R.J., Khalil, S.K., and López-Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal 100: 957-964.
- López-Bellido, F.J., R.J. López-Bellido, S.K. Khali and L. López-Bellido. 2008. Effect of planting date on winter kabuli chickpea growth and yield under rainfed mediterranean conditions. Agronomy Journal 100: 957-964.
- Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., and Wang, E. 2009. Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: analysis of management and breeding strategies. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 261-267.
- Mashhadi, T., Nakhzari Moghaddam, A., and Sabouri, H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. Journal of Agroecology 7: 344-355. (In Persian with English Summary)
- Mishra, J., and Singh, V. 2012. Tillage and weed control effects on productivity of a dry seeded rice-wheat system on a Vertisol in Central India. Soil and Tillage Research 123: 11-20.
- Mohammadi, E., Asghari, H., and Gholami, A. 2013. Effects of Inoculation with mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on plant growth indices of Hashem cultivar of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Journal of Agroecology 5: 263-271. (In Persian with English Summary)
- Mousavi, S.K. 2004. Evaluate the effects of planting date and cultivars on weed interference in rainfed chickpea. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran, p. 43. (In Persian with English Summary)
- Pala, M., and Mazid, A. 1992. On-farm assessment of improved crop production practices in Northwest Syria. I. Chickpea. Experimental Agriculture 28: 175-184.
- Regan, K., Siddique, K., and Martin, L. 2003. Response of kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) to sowing rate in Mediterranean-type environments of south-western Australia. Animal Production Science 43: 87-97.
- Saito, K. 2010. Weed pressure level and the correlation between weed competitiveness and rice yield without weed competition: An analysis of empirical data. Field Crops Research 117: 1-8.
- Saxena, M., Subramanyam, K., and Yadav, D. 1976. Chemical and mechanical control of weeds in gram (*Cicer arietinum* L.). Pantnagar Journal of Research, 1: 112-116.
- Saxena, M.C., and Singh, K. 1984. Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas. Springer Science and Business Media, Syria, p. 288.
- Singh, V., Barman, K., Singh, R., and Sharma, A. 2015. Weed Management in Conservation Agriculture Systems. Conservation Agriculture. Springer, pp. 39-77.
- Smithson, J., J. Thompson and R. Summerfield. 1985. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: R. J. Summerfield and E. H. Roberts, editors, Grain legume crops. Collins, London. p. 312-391.

- Spandl, E., Durgan, B.R., and Forcella, F. 1998. Tillage and planting date influence foxtail (*Setaria* spp.) emergence in continuous spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* 223-229.
- Strand, R.H., and Fribourg, H.A. 1973. Relationships Between Seeding Dates and Environmental Variables, Seeding Methods, and Establishment of Small-seeded Legumes. *Agronomy Journal* 65: 807-810.
- Taliei, A., and Sayyadian, K. 2000. Effect of supplementary irrigation and nutrition requirement of chickpea in dryland condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 2: 63-70. (In Persian with English Summary)
- Velykis, A., and Satkus, A. 2010. Weed infestation and changes in field pea (*Pisum sativum* L.) yield as affected by reduced tillage of a clay loam soil. *Zemdirbystė (Agriculture)* 97: 73-82.
- Yavari, A., and Jahangiri, A. 2016. Land preparation and planting rain-fed crops. In: 1 (Ed.). Kermanshah province Jihad Keshavarzi Organization Press, Kermanshah, Iran, p. 85. (In Persian)



Assessment of Various Agronomic and Social Factors Impacts on the Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.): A Case Study, Kermanshah Province, Sanjabi Rural District

N. Sohrabi¹, A. Bagheri^{2*}, F. Mondani² and I. Nosrati³

Submitted: 09-03-2017

Accepted: 08-10-2017

Sohrabi, N., Bagheri, A., Mondani, F., and Nosrati, I. 2019. Assessment of various agronomic and social factors impacts on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A Case Study, Kermanshah Province, Sanjabi Rural district. Journal of Agroecology. 10(4):1203-1216.

Introduction

Yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as the most important bean crops of Iran affected by various factors, including tillage for soil preparationsowing date, sowing method, sowing density, the type of crop varieties, crop rotation, management of pests, diseases and weeds, harvesting date, as well as social factors such as experience, education level of farmers and agricultural facilities. In order to assess the impact of common various factors on chickpea yield production, the study was conducted as field survey in Sanjabi rural district, Kermanshah, Iran. In this study, we tried to consider the most important agronomic and social factors affecting yield production of pea in the study area.

Materials and Methods

An experimental survey was conducted in three villages located in Sanjabi Rural district in the Kermanshah province in 2015 with a sampling of 85 chickpea fields. Data collection was done by two ways including completing the questionnaire by farmers and direct sampling of the farm. Information extracted from the questionnaire covers tillage, sowing date, sowing method, seed rate, seed varieties, crop rotation, weed management, harvesting date, and also social factor including experience, education level and the area of land owned by farmers, and village type. Sampling of farms was done randomly in six points of each farm using quadrat size 1m*1m and yield of chickpea were recorded.

Results and Discussion

The results showed that applying twice tillage before planting, using mechanized sowing techniques, weed management and selection of appropriate planting and harvesting date significantly increased the yield of chickpea in the study area. Accordingly, twice plowing in winter and before sowing in comparison with once plowing before sowing, with the average yield of 277.2 and 227.7 kg.ha⁻¹, respectively, sowing in March in comparison with April, the average yield of 285.2 and 244.3 kg.ha⁻¹, respectively, mechanized sowing in comparison with hand spreading sowing, with the average yield of 287.2 and 245.2 kg.ha⁻¹, respectively, seed rate of 45 in comparison with 35 kg.ha⁻¹ for sowing, with the average yield of 277.6 and 235.5 kg.ha⁻¹, respectively, mechanical weed control in comparison with without weed control with the average yield of 298.8 and 248.7 kg.ha⁻¹, respectively, and harvesting date in late June (297.3 kg.ha⁻¹) in comparison with harvesting date in mid-June and mid-July (275.5 and 258.5 kg.ha⁻¹, respectively) had significant differences in average grain yield of chickpea. In addition, two social factors of experience of farmers and education level are important factors in increasing crop yield. So, enhancing the experience of farmers resulted in high chickpea yield. Thus, that the highest and lowest chickpea yield was observed in the farms belonging to farmers over the age of 60 years and farmers aged 20 to 30 years, respectively. Farmers with high and low educational level

1, 2 and 3- Graduate student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: a.bagheri@razi.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.63057

harvested more grain yield of chickpea compared to the farmers with mean educational level as well. . It seems that lack of farmers with average education level to agricultural activities is the reason of it. Moreover, the results showed that the village residence status had significant effects on chickpea yield. Residence in village with increasing the probability of the farmer's attention, led to an increase in the chickpea yield.

Conclusion

This data would be helpful in understanding the effective agronomic activities and the farmer's attributes on chickpea yield in the studied area. Evaluation the crop production using real information of the fields could lead to increase the awareness of managers and thus taking proper decisions.

Keywords: Chickpea production, Crop Management, Farmer characteristics, Field survey



ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی برخی گونه‌های آویشن (*Thymus spp.*) جهت کشت در فضای سبز

حسن ملکی لجایر^۱، هدایت زکی زاده^{۲*}، یوسف حمیداوغلی^۳، اسماعیل چمنی^۴ و محمد حسن بیگلویی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۳

ملکی لجایر، ح.، زکی زاده، ه.، حمیداوغلی، ی.، چمنی، ا.، و بیگلویی، م.ح. ۱۳۹۷. ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی برخی گونه‌های آویشن (*Thymus spp.*) جهت کشت در فضای سبز. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۱۷-۱۲۲۷.

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی گونه‌های مختلف آویشن (*Thymus spp.*) دو آزمایش جداگانه در شرایط هوای آزاد و اتاقک انجماد در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. این آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط اتاقک انجماد و فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط هوای آزاد اجرا شد. فاکتور اول شامل دما (۱۰-، ۲۰- و ۳۰- درجه سانتی‌گراد) در شرایط اتاقک انجماد و زمان نمونه‌برداری (آخر خرداد، آخر آذر و آخر بهمن ماه) و فاکتور دوم گونه‌های آویشن (*Thymus kotschyanus* Boiss. and Hohen)، *T. pubescence* Boiss & Kotschy ex Celak و *T. vulgaris* L. بود. درصد زنده‌مانی در شرایط اتاقک انجماد یک ماه بعد از قرار گرفتن در گلخانه و در هوای آزاد در ۱۵ فروردین هر سال اندازه‌گیری شد. در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد زنده‌مانی به ترتیب در گونه‌های *T. vulgaris* و *T. sepyllum* و کمترین آن در گونه *T. pubescence* مشاهده شد، ولی در ۱۰- و ۳۰- درجه سانتی‌گراد و شرایط هوای آزاد اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده نشد. همچنین گونه‌های *T. kotschyanus*، *T. vulgaris* و *T. sepyllum* میزان نشت الکترولیت کمتر و گونه‌های *T. vulgaris* و *T. kotschyanus* میزان کلروفیل و پرولین برگ بیشتری را در بین گونه‌ها داشتند. از لحاظ فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دسموتاز و آسکوربات پراکسیداز تفاوت معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده نشد، درحالی‌که بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در گونه‌های *T. kotschyanus* و *T. sepyllum* مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان استنباط کرد که گونه‌های *T. vulgaris*، *T. sepyllum* و *T. kotschyanus* تحمل بیشتری نسبت به تنش یخ‌زدگی دارند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین، کلروفیل، گیاهان بومی، نشت الکترولیت

مقدمه *

کشور به‌طور طبیعی وجود دارد که چهار گونه آن انحصاری ایران هستند (Pirbaluti et al., 2016). گونه‌های مختلف آویشن به‌عنوان مطبوع‌کننده، طعم‌دهنده، ضد سرفه، ضد نفخ، ضد میکروب و دهان‌شویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zsuzsanna et al., 2016). اخیراً به دلیل افزایش تنوع گیاهی در فضای سبز، حفظ ژرمپلاسم گیاهان دارویی، جبران بخشی از هزینه‌های نگهداری فضای سبز و تأمین اهداف آموزشی و تحقیقاتی استفاده از گیاهان دارویی و بومی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. تحقیقات زیادی در زمینه بررسی سازگاری گیاهان دارویی و بومی در فضای سبز انجام شده است. سازگاری شش گونه بومادران (*Achillea spp.*) جهت کشت در فضای سبز بر اساس خصوصیات فنولوژیکی و مورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد که گونه *A. mellifolium* L.

جنس آویشن (*Thymus spp.*) دارای ۲۱۵ گونه علفی چندساله است و منطقه مدیترانه مرکز تنوع این جنس معرفی شده است. گفته می‌شود در کشور ایران ۱۴ گونه از این جنس در بخش‌های جغرافیایی

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه گیلان و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
 - ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه گیلان
 - ۴- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
 - ۵- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
- (*)- نویسنده مسئول: Email: Zakizadeh55@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v10i4.63381

(Li et al., 2010).

پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان ۵ ماهه سرخارگل (*Echinea Purpurea* L.) نسبت به تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده تحت شرایط محدوده دماهای ۴- تا ۲۰- سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت و دمای ۷- سانتی‌گراد به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی معرفی شد (Asadi-Sanam et al., 2015). در ارزیابی مقاومت به یخ‌زدگی اکوتیپ‌های گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill. از دماهای مختلف یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده استفاده شد و گیاهان در معرض دماهای ۵-، ۷-، ۱۱-، ۱۴- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، نتایج نشان داد که در دمای ۱۷- سانتی‌گراد هیچ گیاهی زنده نمانده ولی در دماهای ۵- و ۷- درجه سانتی‌گراد همه گیاهان زنده ماندند و در دمای ۱۱- درجه سانتی‌گراد فقط ۳۲ درصد گیاهان زنده ماندند، لذا از این تیمار برای مقایسه اکوتیپ‌ها استفاده شد (Rashed et al., 2009).

با توجه به این که تاکنون واکنش گونه‌های مختلف گیاه دارویی و بومی آویشن به دمای پایین در کشور گزارش نشده است و اطلاعاتی در مورد تغییرات بیوشیمیایی آن در شرایط تنش سرما وجود ندارد؛ پژوهش حاضر باهدف بررسی اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تنش دمای پایین در مرحله رشد و نمو گیاه آویشن طراحی و اجرا شد تا گونه‌های سازگارتر این جنس جهت کاشت در فضای سبز معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

موقعیت و محل آزمایش

این آزمایش از اوایل سال ۱۳۹۳ تا اواسط سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد (جدول ۱).

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه هواشناسی اردبیل در ماه‌های

سرد در طی اجرای آزمایش

Table 1- Meteorological data of Ardabil station in cold months during the experiment

ماه Month	سال Years	تعداد روز یخبندان Freezing days No.	حدافل مطلق دما Absolute min. temp (°C)
نوامبر November	2014	18	-5.8
	2015	22	-10
دسامبر December	2014	18	-13.8
	2015	21	-11
ژانویه January	2015	21	-8.8
	2016	26	-16
فوریه February	2015	26	-18.8
	2016	14	-13.2

می‌توانند گونه سازگار جهت کشت در فضای سبز باشند (Ghani et al., 2008). در مطالعه دیگری پتانسیل زینتی و کاربرد ۱۹ گونه پوششی بومی در فضای سبز ترکیه مورد ارزیابی قرار گرفت و گونه‌های سدوم (*Sedum spurium* Bieb.) و نوعی آویشن (*Thymus praecox*) به عنوان گونه‌های مناسب معرفی شدند (Acar et al., 2001). در مطالعه دیگری سازگاری ۱۰ گونه گیاه پوششی بومی جهت معرفی به مناطق مختلف جزیره کیش خصوصیات ویژگی‌های مرفولوژیکی مانند ارتفاع، سطح پوشش، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تازه و خشک کل بوته، امتیازدهی دیداری و ویژگی‌های فیزیولوژیک آن‌ها یعنی میزان پرولین و کلروفیل اندازه‌گیری شد و گونه‌های دم‌عقربی (*Carpobroyus acinaciformis* L.)، فرانکنیا (*Ferankenia thymifolia* Dsef.) و ناز رونده (*Lampranthus spectabilis* Haw. برای مناطق چهارگانه آن جزیره معرفی شدند (Shoostarian et al., 2011). همچنین در بررسی سازگاری شش گونه پوششی در فضای سبز کویت از لحاظ تحمل تنش خشکی مشخص شد که گونه‌های بیابانرو (*Furcraea gigantea* K. Koch) و اسفناج خاردار (*Rhagodia spinescens* R.Br.) گونه‌های سازگارتر هستند (Khalili et al., 2006).

از عوامل زیادی که در گزینش گیاهان برای فضای سبز مؤثر هستند، می‌توان به تحمل تنش‌ها، زیبایی، راحتی تکثیر و خواسته‌های افراد اشاره کرد. تنش یخ‌زدگی از جمله تنش‌های غیر زیستی است که گسترش گیاهان را محدود می‌کند و مدارک مستدل زیادی مبنی بر وجود تفاوت بین گونه‌های گیاهی در مقاومت به تنش‌ها وجود دارد (Jeannine, 2007). آزمون تحمل به یخ‌زدگی هم در شرایط کنترل شده و هم در شرایط هوای آزاد انجام می‌شود. در آزمایشی تحمل به یخ‌زدگی ۶۹ جمعیت گندم (*Triticum aestivum* L.) با روش‌های مستقیم (قرار دادن بوته‌ها در دماهای مختلف) و غیرمستقیم (اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل در برگ‌های جدا شده) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج با نتایج درصد زنده‌مانی بوته‌ها در شرایط هوای آزاد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های غربالگری تحمل به یخ‌زدگی نتایج مشابهی دارند ولی روش سازگاری کردن گونه‌ها بیشتر در تحمل به یخ‌زدگی مؤثر هستند و سازگاری در شرایط هوای آزاد بهتر از سازگاری در شرایط کنترل شده است (Rapacz et al., 2015).

در تحقیقی تحمل به سرما و یخ‌زدگی ارقام مختلف نوعی چمن گرمسیری (*Stenotaphrum secundatum* Walter)، گیاهان حاصل از کشت کالوس ابتدا به مدت یک هفته در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد و یک هفته در دمای سه درجه سانتی‌گراد سازگار شدند و سپس در دمای ۳- و ۵- درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت نگهداری شدند و نتایج نشان داد که از بین کلون‌های بررسی شده، کلون Elm4 متحمل‌ترین ژرمپلاسما در برابر تنش سرما و یخ‌زدگی است

تهیه بذر

بذر گونه‌های آویشن (*Thymus kotschyanus* Boiss. and *T. pubescence* Hohen, *T. fedtschenkoi* Ronniger and *T. daenensis* Jalas) از بانک ژن مؤسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی تبریز، بذر گونه آویشن باغی (*T. vulgaris* L.) و گونه دنائی (*T. daenensis* Jalas) از شرکت مهر کاشت زاگرس و بذر گونه آویشن خزنده (*T. sepyllum* L.) از شرکت توسعه طبیعت سبز آینده تهیه شد.

آزمایش تحمل به تنش یخ‌زدگی در شرایط هوای آزاد

بذر گونه‌های مختلف ابتدا در ظروفی با بستر با نسبت حجمی ۱:۱:۱ از خاک باغچه: کود دامی: ماسه در اواسط اسفند تحت شرایط گلخانه با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد گلخانه کشت شدند. بعد از مساعد شدن شرایط محیطی (۱۵ فروردین) گیاهچه‌ها در شرایط هوای آزاد در کرت‌های با اندازه مساوی (۱/۵×۱/۵ متر) کشت شدند. برای این منظور قبل از کاشت، زمین تا عمق ۳۰ سانتی‌متری شخم زده شد و تمام اندام‌های تکثیر علف‌های هرز از خاک خارج شدند. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد. عملیات آبیاری هر هفته یکبار و کوددهی موقع کشت بوته‌ها در زمین اصلی به مقدار ۹۰-۶۰-۹۰ کیلوگرم در هکتار با استفاده از کود N-P-K انجام شد. خاک مزرعه لومی- شنی و دارای pH برابر با ۷/۸ بود.

جهت بررسی تحمل به یخ‌زدگی در هوای آزاد به گیاهان اجازه داده شد در شرایط هوای آزاد شهر اردبیل (جدول ۱) رشد کنند. درصد زنده‌مانی در سال اول و دوم آزمایش در ۱۵ فروردین مورد ارزیابی قرار گرفت. در سال دوم علاوه بر درصد زنده‌مانی، میزان کلروفیل، میزان پروکلین و فعالیت آنزیم‌ها در ۳ مرحله (آخر خرداد، آخر آذر و آخر بهمن ماه) اندازه‌گیری شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار انجام شد. فاکتور اول گونه‌های مختلف آویشن و فاکتور دوم زمان‌های نمونه‌برداری بود.

آزمایش تحمل به تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده

جهت اعمال تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده بذر گونه‌ها در اول تیرماه در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد کشت و در ۱۵ مرداد در شرایط مزرعه‌ای کشت شدند و به گیاهان اجازه داده شد تا به طور طبیعی نسبت به سرما سازش یابند. بعد از ریزش اولین برف همان سال (اواسط آبان ماه) گیاهان همراه با خاک اطراف به گلدان منتقل شده و در اتاقک انجماد، ۱۲ ساعت در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس‌از آن هر ساعت دما ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد و در دماهای مورد نظر (۱۰-، ۲۰- و ۳۰-)

درجه سانتی‌گراد) ۲ ساعت نگهداری شدند. سپس گلدان‌ها ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد به گلخانه منتقل شد. نشت الکتروولیت، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پروکلین و درصد زنده‌مانی اندازه‌گیری شد (Folwer et al., 1981). نشت الکتروولیت، فعالیت آنزیم‌ها و محتوی پروکلین بلافاصله بعد از اعمال تنش ولی درصد زنده‌مانی یک ماه بعد از اعمال تنش و نگهداری گیاهان در گلخانه اندازه‌گیری شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول گونه‌های مختلف آویشن و فاکتور دوم دما (۱۰-، ۲۰- و ۳۰- سانتی‌گراد) بود.

اندازه‌گیری شاخص‌ها

اندازه‌گیری کلروفیل: برای تعیین محتوی کلروفیل ۱۰۰ میلی‌گرم بافت برگ در داخل میکروتیوب ریخته و به آن ۱۲۰۰ مایکرولیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد و به خوبی تکان داده شد بعد از قرار دادن در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه با دور ۵۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۳۰۰ مایکرولیتر از فاز بالایی محلول را برداشته و به آن ۲۷۰۰ مایکرولیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد و میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ با اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کلروفیل کل با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۳ محاسبه شد (Minguez-Mosquera & Perez-Galvez, 1998).

$$\text{Chl a} = 12.25 A_{663.2} - 2.79 A_{646.8} \quad (۱)$$

$$\text{Chl b} = 21.5 A_{646.6} - 5.1 A_{663.2} \quad (۲)$$

$$\text{T Chl} = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad (۳)$$

در این معادله، Chl a، Chl b و TChl؛ به‌ترتیب کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل می‌باشد.

اندازه‌گیری نشت الکتروولیت (EL): برای اندازه‌گیری پایداری غشای سیتوپلاسمی از روش اندازه‌گیری نشت الکتروولیت استفاده شد. برای این منظور ده عدد برگ از بوته‌های هر گلدان جدا و در داخل فالتون قرار داده شدند. مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل آن ریخته شده و ۱۲ ساعت بعد از تهیه نمونه هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_1) اندازه‌گیری شد. بعد از اندازه‌گیری نمونه‌ها نیم ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شده و پس از سرد شدن هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_2) اندازه‌گیری شد. میزان نشت الکتروولیت از تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر هدایت الکتریکی سلول‌های مرده (EC_1/EC_2) محاسبه شد (John, 1999).

اندازه‌گیری درصد زنده‌مانی: درصد زنده‌مانی (S) از تقسیم تعداد بوته‌های زنده مانده بعد از تنش (N_2) به تعداد بوته‌های کشت شده (N_1) ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد (معادله ۴):

(Nakano, Asada, 1981). سنجش فعالیت آنزیم APX از طریق اندازه‌گیری اکسید شدن آسکوربات توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر برای مدت زمان ۱ دقیقه انجام شد، سرعت واکنش آنزیمی به صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/min) ثبت گردید (Chance & Mahley, 2008). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در شرایط تنش یخ‌زدگی کنترل شده در اتاقک انجماد بین گونه‌ها از لحاظ میزان پرولین، میزان نشت الکترولیت، فعالیت آنزیم POD و درصد زنده‌مانی تفاوت معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین تیمارهای دمایی مختلف (تنش) نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد در تمام صفات مورد مطالعه وجود داشت، اثر متقابل گونه در تنش فقط در فعالیت آنزیم POD و درصد زنده‌مانی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

در شرایط هوای آزاد نیز بین گونه‌های مورد مطالعه از لحاظ نشت الکترولیت، فعالیت آنزیم POD و نشت الکترولیت و محتوی کلروفیل اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در بین زمان نمونه‌برداری (خرداد، آذر و بهمن) نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد از لحاظ نشت الکترولیت، کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های POD، APX و SOD وجود داشت. اثر متقابل تنش در گونه، از لحاظ فعالیت آنزیم POD و نشت الکترولیت معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بود (جدول ۳).

درصد زنده‌مانی: در شرایط آب و هوایی اردبیل همه گونه‌ها به میزان ۱۰۰ درصد زنده ماندند و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها از لحاظ درصد زنده‌مانی مشاهده نشد. در شرایط تنش یخ‌زدگی در اتاقک انجماد، بیشترین درصد زنده‌مانی در گیاهان تیمار شده با دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که همه گونه‌ها به‌طور کامل زنده ماندند، درحالی‌که در گیاهان تیمار شده با دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد هیچ یک از گونه‌ها زنده نماندند. در شرایط تیمار دمایی ۲۰- درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده شد و گونه‌های *T. vulgaris* و *T. sepyllum* با ۷۰ درصد زنده‌مانی بیشترین و گونه *T. pubescence* با ۵۰ درصد، کمترین درصد زنده‌مانی را داشتند. درصد زنده‌مانی سایر گونه‌ها حدود ۶۰ درصد بود (جدول ۴). آزمون تحمل به یخ‌زدگی اکوتیپ‌های بارهنگ سرنیزه‌ای در شرایط کنترل شده نیز نشان داد که اکوتیپ‌های مشهد بیشترین و اکوتیپ بیرجند کمترین درصد بقا را دارند. درصد زنده‌مانی از شاخص‌های مهم ارزیابی تحمل به تنش یخ‌زدگی بعد از قرار گرفتن در شرایط تنش می

$$S = \frac{N2}{N1} \times 100$$

معادله (۴)

اندازه‌گیری پرولین: برای این منظور ۰/۵ گرم بافت با نیتروژن صایع در داخل هاون آسیاب گردید و به آن ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۱۰ درصد اضافه گردید. این مخلوط از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شد. سپس به ۲ میلی‌لیتر از محلول صاف شده ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین (حاوی ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین در ۳۰ میلی‌لیتر استیک اسید و ۳۰ میلی‌لیتر فسفریک اسید ۶ مولار) و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید اضافه گردید. و به مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. واکنش با گذاشتن داخل یخ متوقف شد. سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید و به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه ورتکس شد. جذب نوری محلول قرمز رنگ فاز رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکترومتر قرائت گردید. تولوئن به عنوان بلانک استفاده شد (Bates., 1973).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز SOD^۱، پراکسیداز POD^۲ و آسکوربات پراکسیداز APX^۳: به‌منظور استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌ها، برگ‌های منجمد شده در هاون چینی ریخته و ازت صایع به آن اضافه گردید. سپس برگ‌ها به‌خوبی کوبیده شده تا کاملاً خرد شوند. به مقدار ۰/۵ گرم از پودر برگ آسیاب‌شده به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شد و با افزودن یک میلی‌لیتر از بافر استخراج نخست ورتکس شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام سانتریفیوژ عصاره رویی با استفاده از سمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری منتقل شدند و دوباره به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام سانتریفیوژ عصاره رویی با استفاده از سمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های با همان حجم منتقل شدند؛ و از این عصاره برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها استفاده شد. فعالیت آنزیم SOD با اندازه‌گیری توانایی‌اش در جلوگیری از کاهش فتوشیمیایی نیترو بلو تترازولیوم (NBT^۴) تعیین می‌شود. مخلوط واکنش حاوی NBT، ریبوفلاوین، متیونین، اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA^۵)، بافر فسفات و عصاره آنزیمی بود. میزان جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Giannopolitis, 1977). مخلوط واکنش برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم POD حاوی بافر فسفات، EDTA، پراکسید هیدروژن و عصاره آنزیمی بود و فعالیت آنزیم در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد

- 1- Super oxide dismutase
- 2- Peroxidase
- 3- Ascorbate peroxidase
- 4- Nitroblue tetrazolium
- 5- Ethylene diamine tetra acetic acid

باشد (Ganalizadeh et al., 2013).

نشت الکترولیت: بیشترین درصد نشت الکترولیت در اتاقک انجماد در گونه‌های *T. pubescence* و کمترین میزان آن در گونه‌های *T. vulgaris* و *T. sepyllum* مشاهده شد (شکل ۱) و با افزایش شدت تنش از ۱۰- به ۳۰- درجه سانتی‌گراد میزان نشت الکترولیت افزایش یافت. درحالی‌که در شرایط هوای آزاد بیشترین میزان نشت الکترولیت در نمونه‌های برداشت شده در خرداد ماه مشاهده شد. در همه گونه‌های مورد مطالعه میزان نشت الکترولیت در خرداد ماه حدود دو برابر نمونه‌های برداشت شده در آذر و بهمن ماه بود (جدول ۴)، حتی EC اولیه نمونه‌های خرداد ماه بیش از دوبرابر EC ثانویه نمونه‌های بهمن ماه بود. بالا بودن میزان نشت الکترولیت در خرداد ماه نسبت به آذر و بهمن ماه را می‌توان به رشد فعال گیاه و در نتیجه جذب یون‌های بیشتر توسط ریشه یا شستشوی یون‌ها از برگ در اثر بارندگی زیاد در آذر و بهمن و همچنین انتقال یون‌ها از برگ‌ها به قسمت‌های پایین گیاه جهت خوگیری به سرما نسبت داد. در خرداد ماه که گیاهان در شرایط رشدی نرمال و بدون تنش بودند بیشترین نشت الکترولیت (۷۰ درصد) در گونه *T. fedtschenkoi* L. و کمترین میزان نشت الکترولیت (۵۷ درصد) در گونه *T. L.*

T. fedtschenkoi L. با داشتن بیشترین میزان نشت الکترولیت با سایر گونه‌ها به‌جز گونه *T. pubescence* L. اختلاف معنی‌داری داشت. در بهمن ماه گونه‌های *T. pubescence* L. و *T. fedtschenkoi* L. دارای بیشترین میزان نشت الکترولیت بودند و با همه گونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۵). نشت الکترولیت بالا نشان‌دهنده عدم توانایی دیواره سلول در حفظ ترکیبات درون سلولی، اختلال در فعالیت دیواره سلول و خروج بیشتر یون‌ها از دیواره سلول می‌شود (Hana et al., 2004). دمای کم سبب تغییر در سیالیت اسیدهای چرب غیراشباع موجود در دیواره سلول می‌شود و به دنبال آن، فعالیت دیواره مختل شده و مقدار نشت یون‌ها از دیواره افزایش می‌یابد. لذا گونه‌هایی که در مقابل این تغییرات پایداری نشان می‌دهند، نشت الکترولیت کمتری داشته و نسبت به یخ‌زدگی متحمل‌تر هستند. افزایش نشت الکترولیت در شرایط تنش یخ‌زدگی در گیاهان منداب (*Eruca sativa* Mill.) (Nezami et al., 2007)، زیتون (*Olea sp.*) (Barranco & Ruiz, 2005) و چغندر قند (Haj-Mohammadnia et al., 2010) نیز گزارش شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر گونه‌های آویشن، تنش یخ‌زدگی و گونه بر برخی صفات در اتاقک انجماد.

Table 2- Analysis of variance of the effect of thyme species, freezing stress and species × stress on some traits in freezing chamber

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	زنده‌مانی Survival	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	پراکسیداز Peroxidase	سوپراکسید دسموتاز Superoxide dismutase	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	پرولین Proline
گونه (G)	5	94.4*	8.2 ^{ns}	165**	13.56 ^{ns}	12**	0.77*
Species (G)							
تنش (S)	2	76361**	57**	39*	2851**	44.9**	11.2**
Stress (S)							
گونه × تنش	10	94.4**	2.8 ^{ns}	35.4**	8.6 ^{ns}	1.9 ^{ns}	0.31 ^{ns}
G × S							
خطا	54	16.6	1.6	7	7.56	0.83	0.13
Error							
ضریب تغییرات		7.43	19.3	25	23.6	13.3	23.5
C.V (%)							

^{ns}, * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.
ns, * and **: Non-significant and significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر گونه‌های آویشن، تنش یخ‌زدگی (زمان نمونه‌برداری) و گونه در تنش بر برخی صفات در شرایط هوای آزاد

Table 3- Analysis of variance of the effect of thyme species, freezing stress (sampling time) and species $\times$ stress on some traits under outdoor condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	پراکسیداز Peroxidase	کلروفیل Chlorophyll	سوپراکسید دسموتاز SOD	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	پرولین Proline
بلوک Block	4	0.2 ^{ns}	1.9 ^{ns}	9 ^{ns}	17 ^{ns}	37.9 ^{ns}	0.17 ^{ns}
گونه (G) Species(G)	5	1.97 ^{ns}	159 ^{**}	8.9 [*]	22.7 ^{ns}	430 ^{**}	0.53 ^{ns}
تنش (S) Stress (S)	2	48 ^{**}	707.7 [*]	803 ^{**}	375.5 ^{**}	12508 ^{**}	1.55 ^{ns}
گونه $\times$ تنش G $\times$ S	10	5 ^{ns}	46 ^{**}	4.3 ^{ns}	24.5 ^{ns}	111 [*]	0.47 ^{ns}
خطا Error	68	1.35	5	3.35	10	50.4	0.19
ضرب تغییرات C.V (%)		19.8	28.8	19	28	17.3	25

ns, * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.
ns, * and **: Non-significant and significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

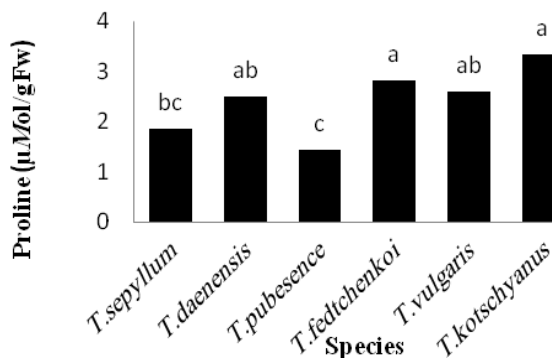
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمار دمایی و زمان نمونه‌برداری بر برخی صفات در شرایط اتاقک انجماد و هوای آزاد

Table 4- Mean comparison of the effects of temperature and sampling time on some traits under freezing chamber and outdoor condition

تیمار Treatment	کلروفیل (میلی گرم در میلی لیتر) Chlorophyll (mg.ml ⁻¹)	زنده‌مانی (درصد) Survival (%)	آسکوربات پراکسیداز (میکرومول در گرم وزن تر) APX (μ Mol/g FW.min)	سوپراکسید دسموتاز (میکرومول در گرم وزن تر) SOD (μ Mol/g FW.min)	پراکسیداز (میکرومول در گرم وزن تر) POD (μ Mol/g FW.min)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر) Proline (μ Mol/g FW)	نشت الکترولیت (درصد) Electrolyte leakage (%)
اتاقک انجماد							
Freezing chamber							
درجه حرارت (°C) Temperature (°C)							
-10		100a*	4.9b	5.5c	7.4ab	0.86c	25c
-20		62b	7.83a	9b	8.7a	2a	36b
-30		0c	7.22a	20.2a	6.15b	1.72b	54.7a
هوای آزاد							
Outdoor							
زمان نمونه برداری Sampling time							
ژانویه June	15.4a	100a	4.24b	15.8a	1.96c	1.66b	64a
دسامبر December	7.6b	100a	6.4a	12.5b	8.8b	2a	28.3b
فوریه February	5.6c	100a	6.9a	8.6b	12.7a	1.58b	28.5b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.
* Means with same letters in each column and each sections have no significant difference at 5% based on Duncan multiple range test.

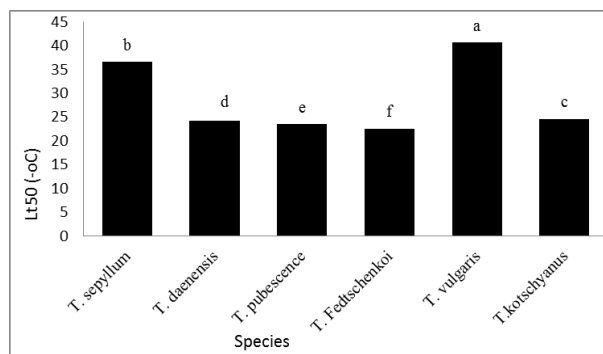
یافت ولی در دمای -30°C درجه سانتی‌گراد روند نزولی از خود نشان داد، هرچند میزان پرولین در این دما نیز بیشتر از دمای -10°C درجه سانتی‌گراد بود. در شرایط هوای آزاد نیز بیشترین میزان تجمع پرولین در آذر ماه مشاهده شد (جدول ۴). بین گونه‌های مورد مطالعه و بین زمان نمونه‌برداری از لحاظ میزان تجمع اسید آمینه پرولین در شرایط هوای آزاد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط اتاقک انجماد گونه‌های *T. fedtschenkoi* L. و *T. kotschyanus* L. بیشترین مقدار پرولین را داشتند و با گونه *T. pubescence* L. اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (شکل ۳). پرولین می‌تواند سلامت پروتئین‌ها را حفظ کرده و فعالیت آنزیم‌های مختلف را افزایش دهد. مطالعات همچنین نشان داده‌اند که این ماده به‌عنوان جمع‌آوری‌کننده ROS نیز عمل می‌کند (Szabados, Savoure, 2009). لذا گونه‌هایی که پرولین بیشتری را در شرایط تنش تولید می‌کنند، تحمل بیشتری نسبت به تنش‌ها خواهند داشت.



شکل ۳- مقایسه میانگین محتوی پرولین در گونه‌های مختلف آویشن در شرایط تنش یخزدگی در اتاقک انجماد

Fig. 3-Mean comparison of proline content in different thyme species under freezing stress in freezing chamber

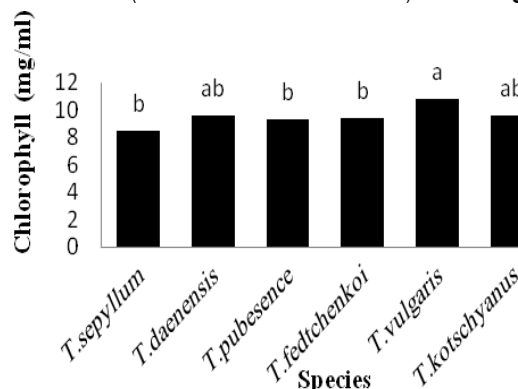
فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: در شرایط اتاقک انجماد و هوای آزاد بین گونه‌ها از لحاظ فعالیت آنزیم‌های SOD و APX اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در شرایط کنترل شده بیشترین میزان فعالیت آنزیم POD در گونه‌های *T. pubescence* L. و *T. fedtschenkoi* L. در دمای -20°C درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در شرایط هوای آزاد در خرداد ماه بین گونه‌ها از لحاظ فعالیت آنزیم POD اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که بیشترین فعالیت آنزیم POD در گونه‌های *T. sepyllum* L. و *T. kotschyanus* L. در بهمن ماه و در سایر گونه‌ها در آذر ماه مشاهده شد (جدول ۵). این روند نشان می‌دهد که گونه‌های *T. sepyllum* L. و *T. kotschyanus* L. در شرایط تنش شدید نیز دارای رشد و فعال و فعالیت آنزیمی بالایی هستند. بین تیمارهای دمایی (-10°C ، -20°C و



شکل ۱- مقایسه میانگین میزان نشت الکترولیت گونه‌های مختلف آویشن در شرایط تنش یخزدگی در اتاقک انجماد

Fig. 1- Mean comparison of electrolyte leakage of different thyme species under freezing stress in freezing chamber

کلروفیل: با سرد شدن هوا از میزان کلروفیل گونه‌ها کاسته شد و میزان کلروفیل در خرداد ماه حدود ۲ برابر آذر ماه و ۳ برابر بهمن ماه بود (جدول ۴). گونه *T. vulgaris* L. داشتن میزان کلروفیل بالا اختلاف معنی‌داری با گونه‌های *T. sepyllum* L.، *T. fedtschenkoi* L. و *T. pubescence* L. در شرایط هوای آزاد داشت (شکل ۲). برگ‌های این گونه نسبت به سایر گونه‌ها کوچک‌تر و خیلی در مقابل تنش‌ها مقاوم است به‌طوری‌که در فصول سرد و خشک سال ریزش برگ در طی ۲ سال مشاهده نشد، درحالی‌که سایر گونه‌ها با آمدن فصل خشک و سرد قسمتی از برگ‌های خود را می‌ریزند. کاهش محتوی کلروفیل برگ در شرایط تنش یخزدگی در گیاه سرخارگل نیز گزارش شده است (Asadi-Sanam et al., 2015).



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوی کلروفیل گونه‌های مختلف آویشن در شرایط تنش یخزدگی در هوای آزاد

Fig. 2- Mean comparison and chlorophyll content of different thyme species under outdoor freezing condition

پرولین: در شرایط اتاقک انجماد با افزایش شدت تنش یخزدگی تا -20°C درجه سانتی‌گراد میزان پرولین در گونه‌های آویشن افزایش

APX نیز در شرایط کنترل شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد و در شرایط هوای آزاد در آذر و بهمن اتفاق افتاد (جدول ۴). این نتایج با نتایج برخی از محققین مبنی بر افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها در شرایط تنش متوسط و کاهش فعالیت آن‌ها در تنش‌های خیلی شدید همخوانی دارد (Asadi-Sanam et al., 2015; Jing-Hua et al., 2008).

۳۰- درجه سانتی‌گراد) و همچنین بین زمانه‌ای نمونه‌برداری (خرداد، آذر و بهمن ماه) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین فعالیت آنزیم POD در شرایط کنترل شده و هوای آزاد به ترتیب در ۲۰- درجه سانتی‌گراد و بهمن ماه مشاهده شد، میزان فعالیت این آنزیم تا دمای ۲۰- درجه افزایش و با کاهش دما تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. فعالیت آنزیم SOD با افزایش شدت تنش تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد روند صعودی داشت ولی در شرایط مزرعه در خرداد ماه بیشترین فعالیت آنزیمی مشاهده شد. بیشترین فعالیت آنزیم

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر میزان نشت الکترولیت و فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) در شرایط تنش یخ‌زدگی در هوای آزاد و اثر دماهای یخ‌زدگی بر زنده‌مانی و فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) در اتاقک انجماد در گونه‌های مختلف آویشن

Table 5- Mean comparisons of sampling time on electrolyte leakage and POD enzyme activity under outdoor freezing condition and freezing temperatures on survival rate and POD enzyme activity in freezing chamber in different thyme species

گونه	زمان نمونه برداری	نشت الکترولیت (درصد)	پراکسیداز (میکرومول در گرم وزن تر)	دما (سانتی-گراد)	زنده‌مانی (درصد)	پراکسیداز (میکرومول در گرم وزن تر)	
Species	Sampling Time	Electrolyte leakage (%)	POD (μMol/g FW.min)	Temp. (°C)	Survival (%)	POD (μMol/g W.min)	
هوای آزاد Outdoor	<i>T. sepyllum</i> L.	June	60ab	2.4e	-10	100a	3.5hg
		December	26de	5.8d	-20	70b	3.4fgh
		February	19.7e	6.4d	-30	0e	3.6fgh
		June	63.6ab	1.2e	-10	100a	11.7abc
	<i>T. daenensis</i> Jalas.	December	22.8de	3.6de	-20	62bc	9.21cde
		February	28.6de	10.5c	-30	0e	11.4bcd
		June	63ab	2e	-10	100a	10.2b-e
	<i>T. pubescence</i> Boiss & Kotschy ex Celak.	December	33dc	10.8c	-20	50d	14.2ab
		February	41c	10.6c	-30	0e	2.8gh
		June	70a	2.2e	-10	100a	6.9efg
	<i>T. fedtschenkoi</i> Ronniger.	December	40c	17ab	-20	60c	14.9a
		February	34c	17.8a	-30	0e	9.8cde
اتاقک انجماد Freezing Chamber		June	57b	1.7e	-10	100a	1.9h
	<i>T. vulgaris</i> L.	December	26de	10c	-20	70b	2h
		February	27de	10c	-30	0e	2.1h
		June	64ab	2.1e	-10	100a	10b-e
	<i>T. kotschyanus</i> Boiss. and Hohen	December	23.2de	3.8de	-20	60c	8.4cde
		February	24.5de	10c	-30	0e	7.17def

*: میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و جزء تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Means with same letters in each column and sections have no significant difference at 5% based on Duncan multiple range test.

نتیجه‌گیری

خود را در شرایط اردبیل توانستند حفظ کنند و همچنین در داخل گلدان در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد زنده ماندند همه این گونه‌ها می‌توانند به‌عنوان گیاه زینتی متحمل در فضای سبز اردبیل مورد استفاده قرار گیرند هرچند نیازمند تحقیقات بعدی در مورد قابلیت زینتی و تحمل به سایر تنش‌ها است.

در این تحقیق تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات مورد مطالعه جهت ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی مطالعه وجود داشت. به‌طوری‌که گونه‌های *T. L.*، *T. vulgaris* L. و *T. sepyllum* و *T. kotschyanus* L. نسبت به گونه‌های *T. daenensis* L. و *T. pubescence* L.، *T. fedtschenkoi* L. متحمل‌تر بودند. البته با توجه به اینکه تمام گونه‌ها قابلیت زنده‌مانی

منابع

- Acar, C., and Var, M. 2001. A study on the adaptations of some natural ground cover plants and on their implications in landscape architecture in the ecological conditions of Trabzon. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 25: 235-245.
- Asadi-Sanam, S., Zavareh, M., Pirdashti, H., Sefidkon, F., and Nematzadeh, G. 2015. Biochemical and physiological response of *Echinacea purpurea* to freezing stress. *Russina Journal of Plant Physiology* 62: 515-523.
- Barranco, D., and Ruiz, N. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. *Hortscience* 40: 558-560.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress study. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Chance, B., and Maehly, C. 1955. Assay of catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology* 21: 764-775.
- Folwer, D.B., Gusta, L., and Tyler, N.J. 1981. Selection for winter hardiness in wheat. Identification of genotypic variability. *Crop Science* 21: 896-901.
- Ganalizadeh, M., Nezami, A., Izadi, A., and Parsa, M. 2013. Evaluation of freeze tolerance in Planation under controlled condition. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13: 754-765. (In Persian with English Summery)
- Ghani, A., Azizi, M., and Tehranifar, A. 2008. Evaluation of ornamental potential of *Achilea* Spp. In Mashhad Climate. *Journal of Horticultural Science* 23: 21-25. (In Persian with English Summery)
- Giannopolitis, C.N., and Reis, S.K. 1997. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology* 59: 309-314.
- Haj-Mohammadnia, K., Nezami, A., and Kamandi, A. 2010. Evaluation the possibility of using electrolyte leakage in assessment of beet root plant tolerance to low temperature. *Iranian Journal of Field Crop Research* 8: 135-141. (In Persian with English Summery)
- Hana, B., and Bischofa, J.C. 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. *Cryobiology* 48: 8-21.
- Jing-Hua, Y., Gao, Y., Li, Y.M., Qi, X.H., and Zhang, M.F. 2008. Salicylic acid-induced enhancement of cold tolerance through activation of antioxidative capacity in watermelon. *Scientia Horticulturae* 118: 200-205.
- Jeannine, C. 2007. Chilling and freezing stress in live oaks intra- and inter-specific variation in PS II sensitivity corresponds to latitude of origin. DOI 10.1007/s11120-007-9215-8.
- John, C. 1999. Low temperature tolerance of blackcurrant flower. *Hort Science* 34: 855-859.
- Khalil, M., Bhat, N.R., Abdal, M.S., Grina, R., Al-Mula, L., Aldusary, S., Bellen, R., Cruz, R., D' Cruz, G., George, J., and Christopher, A. 2006. Evaluating the suitability of groundcovers in the arid environment of Kuwait. *European Journal of Scientific Research* 15: 412-419.
- Li, R., Qu, R., Bauneau, A., and Livingston, H. 2010. Selection for freezing tolerance in St. *Agostingrass* through somacolonal variation germplasm evaluation. *Plant Breeding* 129: 417-421.
- Minguez-Mosquera, M.I., and Perez-Galvez, A. 1998. Color quality in *Paprika oleoresins*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 5124-5127.
- Nakano, Y., and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology* 22: 867-880.
- Nezami, A., Borzooei, A., Jahani, M., Azizi, M., and Sharif, A. 2007. Electrolyte leakage as an indicator of freezing damage to Rapeseed. *Iranian Journal of Field Crop Research* 5: 167-175. (In Persian with English Summery)
- Pirbalouti, A.G., Bistghani, Z.E., and Malekpoor F. 2015. An overview on genus *Thymus*. *Journal of Herbal Drug* 6: 93-100.
- Rapacz, M., Sasal, M., and Wo'jcik-Jagła, M. 2015. Direct and indirect measurements of freezing tolerance: advantages and limitations. *Acta Physiology Plant* 37: 157-165.
- Rashed, M.H., Nezami, A., Bagheri, A., Hajmohammadnia, K., and Bannayan, M. 2009. M Evaluation of freezing Tolerance of Two Fennel (*Foeniculum vulgar L.*) Ecotypes under Controlled Conditions. *Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants* 15: 131-140.
- Shooshtarian, S., Salehi, H., and Tehranifar, A. 2011. Investigation of growth and development of 10 ground cover plant in Kish landscape during hot weather. *Journal of Agroecology* 3: 514-524. (In Persian with English Summery)
- Szabados, L., and Savoure, A. 2009. Proline: a multifunctional amino acid. *Trend in Plant Science* 15: 89-97.
- Zsuzsanna, P., and Dora, S. 2016. Effects of different factors influencing the essential oil properties of *Thymus vulgaris*. *Plant Science Today* 3: 312-326.



Evaluation of Freezing Tolerance of Some Thyme (*Thymus* spp.) Species in Green Space

H. Maleki Lajayer¹, H. Zakizadeh^{*2}, Y. Hamidoghli³,
E. Chamani⁴, M.H. Biglouei⁵

Submitted: 20-03-2017

Accepted: 14-12-2017

Maleki Lajayer, H., Zakizadeh, H., Hamidoghli, Y., Chamani, E., and Biglouei, M.H. 2019. Evaluation of freezing tolerance of some Thyme (*Thymus* spp.) species in green space. Journal of Agroecology. 10(4):1217-1227.

Introduction

Only one-third of the total land area on earth is free of ice and 42% of land experiences temperatures below -20°C . Plants may or may not establish in extreme cold or hot temperatures, prolonged dry or wet soil conditions. For this reason, there is a growing demand for native plants in the landscape. Factors influencing plant selection include assessments of hardiness and aesthetics, ease of propagation and culture, naturalization potential. There is a high genetic variation in the flora of Iran, about 1810 of 8000 recorded taxons in Iran are native. So there is a great potential for using native plant in regions with harsh climates. The genus *Thymus* L. belongs to the Lamiaceae family, consist of about 215 species of herbaceous perennials and small shrubs in the world. They originated from Mediterranean region. This genus is presented in Iranian flora by 14 species. Overall, cold acclimation results in protection and stabilization of the integrity of cellular membranes, enhancement of the antioxidative mechanisms, increased intercellular sugar levels as well as accumulation of other cryoprotectants including polyamines that protect the intracellular proteins by inducing the genes encoding molecular chaperones. So, the aim of this study was to assess the freezing stress tolerance of some thyme species as ground covering species in landscaping projects

Material and Methods

Seeds of Thyme species were sown in containers filled with sand, manure, field soil mixture and maintained in glasshouse. Then, the plants transferred to outdoor condition until the late May. At 24 hours before the end of the acclimation period, the plants irrigated and transferred in their containers to a freezing chamber with 3°C for subjection to freezing temperatures (-10 , -20 and -30°C). The temperature reduced at the rate of 2°C per h, and after 1 hour at exposure to the freezing temperature, the containers with plants immediately transferred to growth chamber at 4°C for 24 hours to reduce the speed of ice melting and then returned to the glass. Survival rates, proline accumulation, electrolyte leakage, antioxidant enzymes activity were used to evaluate the freezing tolerance of species. For field experiment germinated seeds in container maintained in greenhouse until the environmental conditions were not limiting factor. After that, seedling planted in outdoor condition and subjected to Ardabil city freezing weather in 2 years. In early spring survival rate recorded. Moreover physiological and biochemical and physical responses of species were evaluated in 3 different times (June, December, February).

Results and Discussion

Results showed that freezing stress adversely affects growth of theme species. There were 100% survival in all species under Ardebil outdoor condition (during two years), but under freezing chamber condition plant treated with -10°C and -30°C showed 100% and 0% survival, respectively. While in -20°C the highest survival rate were shown in *T.*

1- Ph.D Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

2 and 3- Assistant and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

4- Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

5- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

(*- Corresponding Author Email: Zakizadeh55@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.63381

vulgaris and *T. sepyllum*, but *T. daenensis* had the lowest. The lowest values of electrolyte leakage were related to *T. sepyllum*, *T. kotschyanus*, and *T. vulgaris*. The highest chlorophyll and proline content achieved in *T. vulgaris* and *T. kotschyanus*, respectively. Peroxidase antioxidant enzyme activity in *T. kotschyanus* and *T. sepyllum* were higher than other species. While there were no significant differences among the species in superoxide dismutase and ascorbate peroxidase enzyme activity. According to the results, it can be deduced that *T. kotschyanus*, *T. vulgaris*, and *T. sepyllum* are more frost tolerant than others. However, because of high survival percent in Ardabil climate and under -20°C , all species can be used as frost tolerant ground cover in landscapes.

Conclusion

According to the results all of the studied thyme species are frost tolerant but *T. sepyllum*, *T. kotschyanus*, and *T. vulgaris* have the ability to withstand the harsh weather condition without a considerable loss in their ornamental potential.

Keywords: Antioxidant enzymes, chlorophyll, electrolyte leakage, native plants, proline



اثر همزیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح تنش خشکی

عبدالحسین عسکری^۱، محمدرضا اردکانی^{۲*}، سعید وزان^۳، فرزاد پاک نژاد^۴ و یعقوب حسینی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۸

عسکری، ع.، اردکانی، م. ر.، وزان، س.، پاک نژاد، ف.، و حسینی، ی. ۱۳۹۷. اثر همزیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح تنش خشکی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰ (۴): ۱۲۲۹-۱۲۴۴.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی، پرایمینگ بذر و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی آباد هرمزگان اجرا گردید. فاکتور اصلی تنش خشکی شامل: آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد (آبیاری نرمال)، ۷۰ درصد (تنش ملایم) و ۵۰ درصد نیازآبی (تنش شدید)، فاکتور فرعی پرایمینگ در سه سطح: بدون پرایمینگ (شاهد)، هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ و دیگر فاکتور فرعی شامل سطوح قارچ میکوریزا بدون استفاده از قارچ میکوریزا (شاهد)، استفاده از گونه‌های *Glomus mosseae* و *G. intraradices* بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده تنش خشکی تأثیری معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر کلیه صفات مورد بررسی داشت. اثر تلقیح میکوریزا بر تمامی پاسخ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده ($p \leq 0.01$) و تیمار پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($p \leq 0.01$) و همچنین بر صفات وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارای تأثیری معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. اثرات برهمکنش آبیاری $\times$ میکوریزا فقط بر صفت عملکرد دانه ($p \leq 0.05$)، اثرات برهمکنش میکوریزا $\times$ پرایمینگ بر صفات تعداد دانه در هر کپسول و عملکرد بیولوژیک ($p \leq 0.01$) و بر صفت وزن هزاردانه ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و تمامی صفات اندازه‌گیری شده، مربوط به آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (آبیاری نرمال) به دست آمد. افزایش مقدار آبیاری از ۵۰ درصد نیازآبی گیاه به ۱۰۰ درصد نیازآبی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به میزان‌های ۳۹/۴ و ۲۶/۷ درصد بهبود بخشید. تلقیح با قارچ میکوریزا گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان‌های ۱۰/۴ و ۴/۷ درصد بهبود داد. پرایمینگ بذر نسبت به عدم پرایم بذر، عملکرد دانه را ۲ درصد افزایش داد. هر چند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد کنجد شد، ولی استفاده از قارچ میکوریزا شدت اثر آن را کاهش داد. همچنین، تأثیر دو گونه میکوریزا بر عملکرد کنجد و اثر آن‌ها بر کاهش خسارت تنش متفاوت بود، به‌طوری‌که قارچ میکوریزا *G. mosseae* دارای قدرت همزیستی بیشتری در مقایسه با *G. intraradices* بود و از کاهش شدید عملکرد کنجد در شرایط تنش خشکی جلوگیری نمود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، نیازآبی، همزیستی میکوریزایی، هیدروپرایمینگ

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش و همچنین مدیریت مزرعه دارد (Good & Zaplachinski, 1994). تنش خشکی تأثیر زیادی بر عملکرد گیاهان زراعی دارد، این تأثیر به‌طور عمده با کاهش فتوسنتز

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استاد و دانشیاران دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
(* نویسنده مسئول: Email: mreza.ardakani@gmail.com)

افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد. این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی تحت تنش خشکی می‌شود (Elwan, 2001).

روش‌های پیش تیمار کردن بذرها می‌تواند در بهبود کیفیت تولید و تحمل گیاه به تنش خشکی مؤثر باشد. بذور پراریم شده زودتر جوانه زده و مراحل مختلف رشد و نمو خود را نیز سریع‌تر طی می‌نمایند که به‌موجب آن تطابق طبیعی عوامل زنده تنش‌زا با مراحل فنولوژیک گیاه تغییر و خسارتی که به هنگام هجوم عوامل بیماری‌زا به بذرها می‌پرایم شده و گیاهان حاصل از آنها وارد می‌شود، کاهش خواهد یافت. پرایمینگ قدرت جوانه‌زنی و رویش بذر را در شرایط برخورد با تنش افزایش می‌دهد (Bradford et al., 1990). علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته است، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه کنجد با این قارچ‌ها در شرایط تنش خشکی به هنگام استفاده از بذرها می‌پرایم شده وجود دارد.

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزایی و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی در هرمزگان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثرات قارچ‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد در سطوح مختلف تنش خشکی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد هرمزگان در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، اجرا گردید. طول جغرافیایی محل آزمایش ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۲۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۹۲۰ متر، میانگین بارندگی سالانه ۲۲۶/۷ و میانگین تبخیر در سال ۳۲۰۰ میلی‌متر (جدول ۲) و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک به-شمار می‌رود.

نتایج تجزیه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت، در جدول ۱ ارائه شده است.

فاکتور اصلی تنش خشکی شامل آبیاری بر اساس تأمین ۱۰۰ درصد (آبیاری نرمال، معادل ۶۳۷۶/۷۷ مترمکعب آب در هکتار)، ۷۰ درصد (تنش ملایم، معادل ۴۴۶۳/۷۴ مترمکعب آب در هکتار) و ۵۰ درصد نیازآبی گیاه (تنش شدید، معادل ۳۱۸۸/۳۸ مترمکعب آب در هکتار) و فاکتور فرعی پرایمینگ در سه سطح بدون پرایمینگ (شاهد)، هیدروپرایمینگ (۲۴ ساعت در آب مقطر و بعد در هوای آزاد

صورت می‌گیرد. در این شرایط، تنش خشکی با عامل‌های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای بر شدت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. از آنجا که برای انجام فتوسنتز و تبادل‌های گازی باز بودن روزنه‌ها لازم است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها، تبادل‌های گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کمتری توسط گیاه جذب و در نتیجه مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد در گیاه خواهد بود (Reddy et al., 2004).

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که در بیشتر مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود، در ایران کشت کنجد در استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، فارس و سمنان متداول است. به‌دلیل نیازآبی کم، کنجد به صورت زراعت اصلی یا کشت همراه با پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در بهار و همچنین به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت غلات کشت می‌شود (Bagheri et al., 2012). در بین گیاهان زراعی کنجد به‌دلیل مقاومت به خشکی و گرما اهمیت زیادی در توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به-عنوان کشت تابستانه دارد، اما این گیاه در مرحله استقرار گیاهچه و همچنین در طول دوره گلدهی تا پُر شدن دانه به تنش خشکی حساس است (Weiss, 2000). فواصل طولانی دور آبیاری باعث کاهش رشد و کاهش عملکرد دانه کنجد به‌دلیل تأثیر بر مراحل مختلف فتوسنتز می‌شود (Al-Palsan et al., 2001; Mensah et al., 2006). برای غلبه بر تنش خشکی، راهکار زیستی یکی از راهکارهای اساسی است که باید مورد توجه قرار گیرد، در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریزا، اشاره کرد.

یکی از مهم‌ترین انواع میکوریزا، میکوریزای آربوسکولار می‌باشد که از نظر کشاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا اغلب گیاهان زراعی و باغی توانایی همزیستی با این نوع میکوریزا را دارند (Azcon et al., 1997). در بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد گزارش گردید که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد زیستی به‌ترتیب برابر با ۵۲ و ۱۱۸ درصد بهبود یافت و تلقیح با *G. mosseae* در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد عملکرد دانه را به‌ترتیب برابر با ۷ و ۱۲ درصد بهبود بخشید (Koocheki et al., 2015). نتایج تحقیقات بر روی گیاه میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزایی می‌باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه ۳-۲ برابر افزایش نشان می‌دهد (Troehza loynachan, 2003). قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را به‌وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک،

به مدت ۲۴ ساعت جهت خشک شدن قرار داده شد) و اسموپرایمینگ (با استفاده از محلول PEG 6000، ۰/۲ مگاپاسکال و قرار دادن بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول و بعد ۲۴ ساعت در هوای آزاد خشک شد) و تیمار فرعی دیگر شامل سطوح مختلف استفاده از میکوریزا: بدون کاربرد میکوریزا (شاهد)، استفاده از گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بودند. مایه تلقیح مورد استفاده که با روش کشت گلدانی گیاه ذرت توسط کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک اسداباد همدان بدست آمده بود، شامل قطعات ریز ریشه ذرت همزیست، حاوی ریشه‌ها، وزیکول‌ها، آربوسکول‌ها، اسپورهای قارچ و خاک چسبیده به آن‌ها بود. به‌هنگام کاشت، مقدار ۱۰ گرم از هر گونه میکوریزا به‌ازای هر بذر در عمق ۳-۴ سانتی‌متری خاک قرار داده شد، سپس بذرها کاشته و حدود دو سانتی‌متر خاک بر روی بذرها داده شد. عملیات تهیه بسترکاشت شامل شخم، دیسک و تسطیح در خرداد ماه و عملیات کاشت در نیمه اول تیر ماه برای هر دو سال آزمایش انجام شد. هر کرت شامل شش ردیف به طول پنج متر و فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بوته بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور

جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فاصله تیمارهای فرعی از یکدیگر ۱/۵ متر و تیمارهای اصلی دو متر و فاصله بین تکرارها نیز سه متر بود. تا مرحله ۳-۲ برگی و استقرار کامل گیاه همه تیمارها به‌طور یکسان آبیاری شدند و بعد از این مرحله سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شد. برای تعیین مقدار آبیاری در سطوح آبیاری مورد نظر، از نتایج پژوهش تعیین نیازآبی گیاه مرجع چمن (ET_o) در منطقه حاجی‌آباد که به‌وسیله مرادی‌دالینی (Moradi-Dalini, 2012) تعیین شده بود و مقدار ضریب گیاهی (K_c) کنجد در مراحل مختلف رشد (Farshi et al., 1998)، استفاده گردید. در نهایت، با در نظر گرفتن باران مؤثر، مقدار آب آبیاری کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش، معادل ۶۳۷۶/۷۷ متر مکعب آب در هکتار) محاسبه و با توجه به آن مقدار، آب مورد استفاده در هر سطح تنش خشکی محاسبه گردید. این مقادیر محاسبه شده با کمک کنتور حجمی آب به فاصله هر پنج روز یک‌بار و به‌طور جداگانه برای هر سطح تنش خشکی اعمال گردید. روش آبیاری به صورت قطره‌ای-نواری (تیپ) بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical soil properties of the experimental site

سال Year	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	واکنش pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available K (mg.kg ⁻¹)
2014	0-30	لومی شنی Sandy loam	2.43	8.01	0.63	6.3	185
2015	0-30	لومی شنی Sandy loam	2.22	7.98	0.77	5.9	203

نمونه صدتایی که به‌طور تصادفی از هر تیمار شمارش شدند، استفاده گردید.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و برای رسم نمودارها از برنامه کامپیوتری Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون LSD ($p \leq 0.05$) انجام گرفت.

در هنگام برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از ردیف‌های سوم و چهارم پس از حذف نیم‌متر از هر دو انتهای خطوط کاشت و به مساحت ۳/۲ مترمربع بدست آمد. برای تعیین اجزای عملکرد از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و متوسط تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد شاخه جانبی در هر بوته و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه از ۱۰

جدول ۲- داده‌های هواشناسی مربوط به ماه‌های رشد کنگد در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴

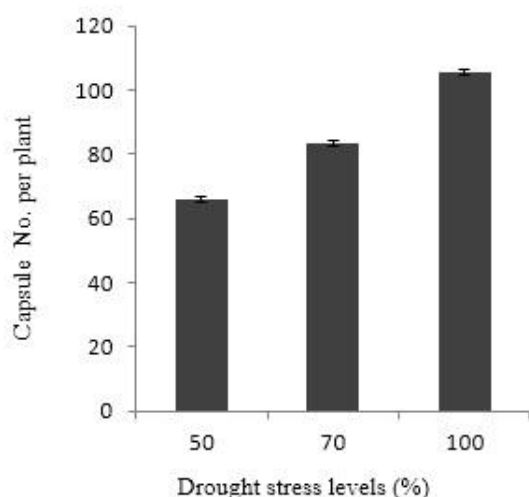
Table 2- Meteorological data for sesame-growing seasons in 2014 and 2015

داده‌های هواشناسی Meteorological parameters	ماه Month									
	تیر July		مرداد August		شهریور September		مهر October		آبان November	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	42.2	41.9	42.3	41.7	39.4	43.9	35	35.3	26.4	26.7
دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	25.4	25.6	25.5	26.9	22.3	17.7	17.3	18.1	9	12.6
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	35.1	33.8	35	34.3	30.9	31.1	26.2	26.7	18	19.7
میزان بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)	1.3	9.3	0	0	0	2.7	0	1.5	0.2	11.4
تبخیر کل (میلی‌متر) Total evaporation (mm)	522.3	506.4	490.5	510.1	409.4	424.7	312.7	339.2	202.8	189
متوسط رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity (%)	24	31	29	26	33	31	32	33	32	56

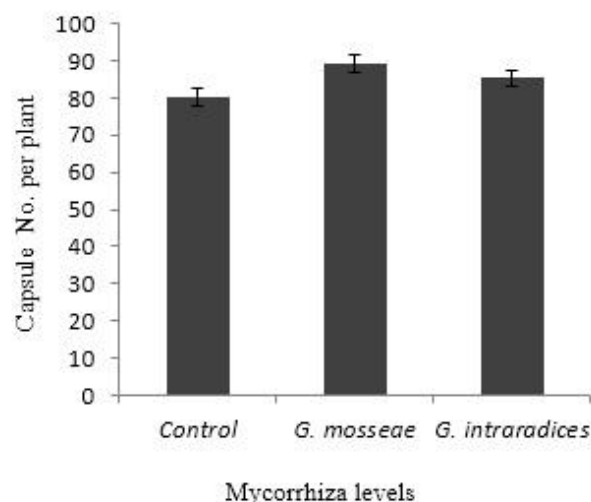
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده تنش خشکی و میکوریزا بر تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. تیمار پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($p \leq 0.01$) و همچنین بر صفات وزن

هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی دارای تأثیری معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. برهمکنش آبیاری $\times$ میکوریزا فقط بر صفت عملکرد دانه ($p \leq 0.05$)، برهمکنش میکوریزا $\times$ پرایمینگ بر صفات تعداد دانه در هر کپسول و عملکرد بیولوژیکی ($p \leq 0.01$) و بر صفت وزن هزاردانه ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۳).



شکل ۲- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد کپسول در بوته کنگد
Fig. 2- Effect of drought stress levels on number of capsules per plant of sesame (LSD=1.905)



شکل ۱- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد کپسول در بوته کنگد
Fig. 1- Effect of mycorrhiza inoculation on the number of capsules per plant of sesame (LSD=1.594)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، پرایمینگ بذر و تلقیح با میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد
Table 3- Analysis of variance for the effects of irrigation levels, seed priming and mycorrhiza inoculation on yield and yield components of sesame

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		تعداد کیسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کیسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of lateral branches per plant	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
سال (Y) Year (Y)	1	204.47*	244.45*	0.002 ^{ns}	0.029 ^{ns}	45.65 ^{ns}	34818.67*	437008.62*
خطای سال Year error	4	2.006	17.48	0.039	0.015	9.67	3093.08	58471.49
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	21348.09**	8488.02**	6.132**	5.789**	2823.04**	8661268.56**	46920532.91**
Y×I	2	0.49 ^{ns}	75.12**	0.005 ^{ns}	0.045 ^{ns}	9.37 ^{ns}	5162.15 ^{ns}	50575.56 ^{ns}
R×I	8	32.73	13.34	0.017	0.024	22.16	1435.84	8096.73
پرایمینگ (P) Priming (P)	2	36.72 ^{ns}	257.02**	0.066*	0.036 ^{ns}	32.15 ^{ns}	17226.78*	163463.72*
میکوریزا (M) Mycorrhizal (M)	2	1128.66**	725.17**	0.488**	0.282**	914.71**	434858.97**	4603237.85**
Y×P	2	3.08 ^{ns}	1.67 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.009 ^{ns}	1.86 ^{ns}	5519.27 ^{ns}	4712.34 ^{ns}
Y×M	2	27.95 ^{ns}	4.19 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.007 ^{ns}	161.48**	599.19 ^{ns}	10264.47 ^{ns}
Y×I×P	4	5.35 ^{ns}	6.45 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.004 ^{ns}	17.08 ^{ns}	2319.64 ^{ns}	24169.51 ^{ns}
Y×I×M	4	2.97 ^{ns}	19.8 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	6.15 ^{ns}	1576.65 ^{ns}	18037.52 ^{ns}
Y×P×M	4	8.14 ^{ns}	2.35 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.011 ^{ns}	21.99 ^{ns}	268.62 ^{ns}	9005.41 ^{ns}
I×P	4	32.82 ^{ns}	4.81 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.008 ^{ns}	15.82 ^{ns}	4416.52 ^{ns}	62839.19 ^{ns}
I×M	4	8.79 ^{ns}	12.41 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.023 ^{ns}	24.09 ^{ns}	9947.79*	121463.09 ^{ns}
P×M	4	13.91 ^{ns}	74.18**	0.046*	0.017 ^{ns}	38.68 ^{ns}	1905.21 ^{ns}	17339.69**
I×P×M	8	34.27 ^{ns}	4.13 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.007 ^{ns}	48.09 ^{ns}	2882.3 ^{ns}	42290.31 ^{ns}
Y×I×P×M	8	2.75 ^{ns}	2.79 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.003 ^{ns}	4.49 ^{ns}	1781.58 ^{ns}	32599.19 ^{ns}
خطا Error	96	17.41	10.78	0.016	0.020	32.72	3997.26	50407.00
ضریب تغییرات (%) CV (%)		4.84	4.95	3.81	3.51	4.07	3.87	3.72

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.
*, ** and ns: are significant at 5 and 1 percent probability levels, and non-significant, respectively.

تعداد کیسول در هر بوته

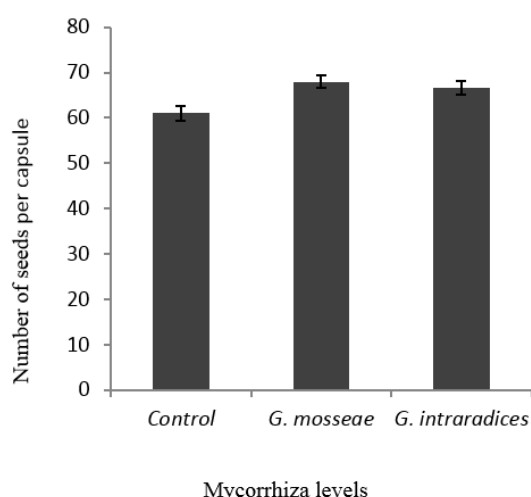
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد کیسول در هر بوته کاسته شد، به‌طوری که بیشترین و کمترین تعداد کیسول در هر بوته به ترتیب در تیمار آبیاری مطلوب و ۱۰۵/۴۳ و تنش شدید خشکی ۶۵/۷۴ بدست آمد. در واقع سطح آبیاری ۵۰ درصد نیازآبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۳۷/۶ درصد کاهش در تعداد کیسول در هر بوته نسبت به آبیاری معادل نیازآبی گیاه (شاهد) گردید (شکل ۲). در تیمار میکوریزا، بیشترین تعداد کیسول در هر بوته ۸۹/۱۸ مربوط به گونه *G. mosseae* و کمترین تعداد کیسول در هر بوته ۸۰/۰۷ مربوط تیمار بدون میکوریزا بود (شکل ۱). کاربرد قارچ *G. mosseae* در واقع باعث افزایش ۱۰/۲ درصد تعداد کیسول در هر بوته نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) شد. در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد در تیمارهای مختلف رطوبتی خاک بیان شد که در شرایط تنش خشکی، تعداد کیسول در هر بوته به میزان ۴۲ درصد کاهش یافت و همچنین کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش تعداد کیسول در هر بوته شد و بیشترین تعداد کیسول در هر بوته در تلقیح با قارچ *G. mosseae* مشاهده شد (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2011). ساینز و همکاران

(Sainz et al., 1998) بیان کردند که قارچ‌های میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده، سبب بهبود رشد و اجزای عملکرد گیاه میزبان می‌شوند.

تعداد دانه در هر کیسول

اثر متقابل میکوریزا و پرایمینگ بر تعداد دانه در کیسول ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در کیسول با ۶۸/۸ دانه مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ و قارچ گونه *G. mosseae* و کمترین آن با ۵۵/۹۴ دانه در کیسول مربوط به تیمارهای بدون پرایمینگ و بدون قارچ میکوریزا (شاهد) بود (شکل ۶). در نتیجه این تحقیق به-وضوح مشاهده می‌شد که در تیمارهای پرایمینگ در اثر بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه‌زنی در مراحل ابتدایی رشد و گسترش بهتر و سریع‌تر تاج پوشش گیاهی اثر مثبتی بر اجزای عملکرد دانه (تعداد دانه در کیسول و وزن هزار دانه) طی مراحل مختلف رشدی داشتند که در انتهای فصل رشد موجب حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارها گردید. کاربرد تیمارهای اسموپرایمینگ، هاردنینگ و ماتریک پرایمینگ در مورد کلزا (*Brassica napus* L.) سبب افزایش عملکرد

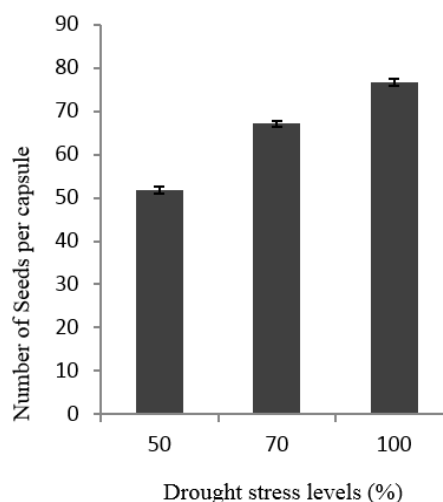
(شاهد) گردید (شکل ۳). کاهش در تعداد دانه در هر کپسول در اثر بروز تنش، با یافته‌های (Hassanzadeh et al., 2009) مطابقت داشت. بیشترین تعداد دانه در هر کپسول در شرایط آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* به میزان ۶۷/۹۲ مشاهده شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، تعداد دانه در هر کپسول را به میزان ۷/۶ درصد افزایش داد، درحالی‌که در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، تعداد دانه در هر کپسول را به ترتیب به میزان‌های ۱۵/۸ و ۸/۴ درصد افزایش داد که نشان می‌دهد در شرایط کمبود آب، استفاده از قارچ میکوریزا تا حدودی اثر نامطلوب کمبود آب را جبران و از کاهش بیشتر تعداد دانه در هر کپسول جلوگیری می‌نماید (شکل ۴). در یک تحقیق در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گزارش شد که کاربرد میکوریزا باعث افزایش تعداد دانه در طبق شد (Raei et al., 2016).



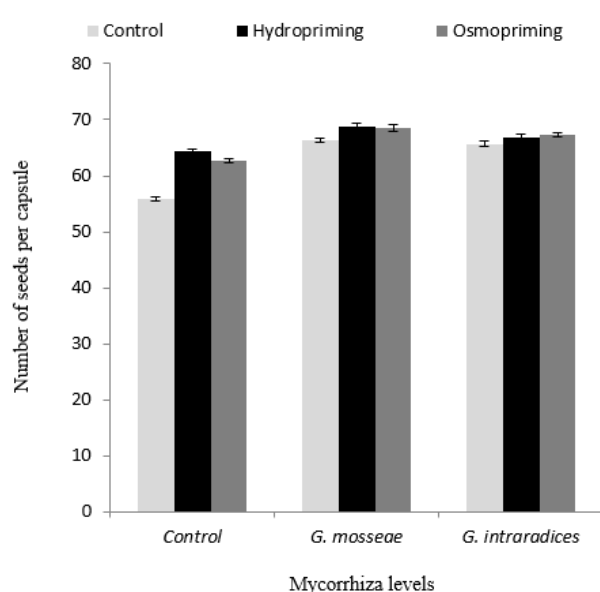
شکل ۴- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در کپسول
Fig. 4- Effect of mycorrhiza inoculation on number of seeds per capsule of sesame (LSD=1.254)

از طریق بهبود شاخص‌هایی چون تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه گردید (Afzal et al., 2004).

قارچ‌های میکوریزا به‌واسطه شبکه هیف‌های تولیدی باعث دسترسی به حجم بیشتری از خاک و جذب بیشتر آب و مواد غذایی و در نتیجه باعث افزایش مقاومت به خشکی و افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. نتایج تحقیقات نشان داده است که اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچ‌های میکوریزا می‌تواند به‌واسطه افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق، اثر هورمونی و تعادل هورمونی، افزایش سریع جذب آب و رساندن پتانسیل گیاه به حد تعادل باشد (Manafi, 2010). مقایسات میانگین بین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در هر کپسول همانند تعداد کپسول در هر بوته کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد دانه در هر کپسول به‌ترتیب به-میزان‌های ۷۶/۶۷ و ۵۱/۸۱ دانه در هر کپسول در تیمارهای آبیاری مطلوب (شاهد) و تنش شدید خشکی بدست آمد. در واقع سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۳۲/۴ درصد کاهش در تعداد دانه در هر کپسول نسبت به سطح آبیاری معادل نیاز آبی گیاه

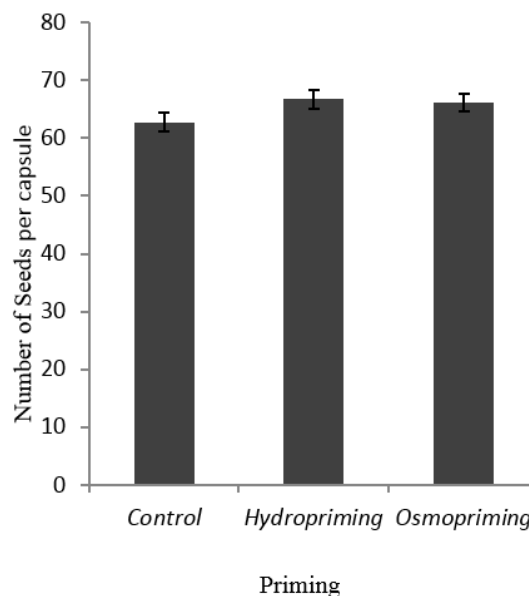


شکل ۳- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد دانه در کپسول کتجد
Fig. 3- Effect of drought stress levels on number of seeds per capsule of sesame (LSD=1.225)



شکل ۶- اثر متقابل همزیستی با قارچ میکوریزا و پرایمینگ بر تعداد دانه در کپسول کنجد

Fig. 6- Interaction of mycorrhiza inoculation and priming on number of seeds per capsule of sesame (LSD=7.34)



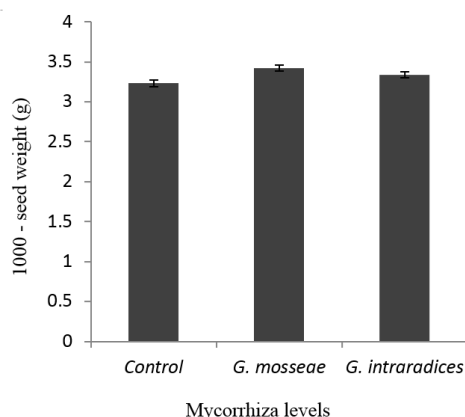
شکل ۵- اثر سطوح پرایمینگ بر تعداد دانه در کپسول کنجد

Fig. 5- Effect of priming levels on number of seeds per capsule of sesame (LSD=1.254)

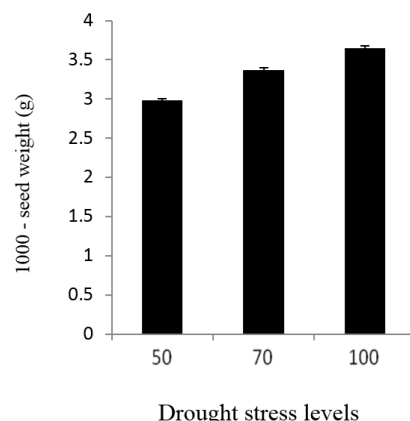
وزن هزار دانه

اثر متقابل میکوریزا و پرایمینگ بر وزن هزار دانه ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود. بیشترین وزن هزار دانه با $3/42$ گرم مربوط به هیدرو پرایمینگ و قارچ *G. mosseae* و کمترین آن با $3/13$ گرم مربوط به تیمارهای بدون پرایمینگ و بدون قارچ میکوریزا (شاهد) بود (شکل ۱۰). به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت پیری زودرس و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه باشد. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2009) بیان داشتند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش وزن هزار دانه شده و از این طریق عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی و نرمال افزایش می‌یابد. نتایج مقایسه ساده تیمارها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن هزار دانه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه را به ترتیب به میزان‌های $18/3$ و $7/7$ درصد کاهش دادند (شکل ۷). به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت زودرسی و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه باشد. این نتایج با یافته‌های (Ferreles & Soriano, 2007) مطابقت داشت. کاهش وزن دانه در تنش کمبود آب بیشتر به دلیل کاهش دوره پر شدن دانه می‌باشد (Nesmith & Ritchie, 1992). در آزمایش

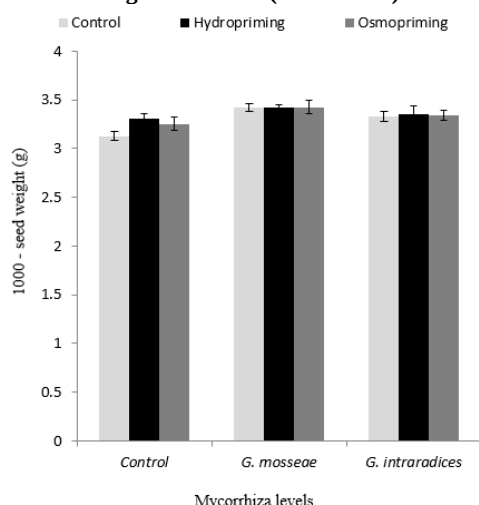
دیگری نیز مشاهده شد که در تنش خشکی به علت کاهش آب قابل دسترس گیاه، مدت زمان پر شدن دانه کاهش می‌یابد و دانه‌ها نمی‌توانند به طور کامل پر شوند (Fischer et al., 1981). تلقیح با قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی شدید، سبب گردید تا کاهش وزن هزار دانه تا حدودی جبران گردد، به طوری که همزیستی با قارچ‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* در مقایسه با عدم تلقیح، وزن هزار دانه را به ترتیب $5/5$ و $3/2$ درصد بهبود بخشیدند. در شرایط تنش ملایم این قارچ‌ها به ترتیب با 3 و $0/7$ درصد وزن دانه را بهبود دادند و در شرایط آبیاری مطلوب تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم تلقیح، وزن هزار دانه را حدود $2/9$ درصد افزایش داد (شکل ۸). به نظر می‌رسد تلقیح با قارچ میکوریزا هرچند در هر سه شرایط مختلف آبیاری، وزن هزار دانه را افزایش داد، ولی در شرایط تنش خشکی شدید تلقیح موثرتر بوده است. در یک تحقیق گزارش شد که کاربرد میکوریزا باعث افزایش وزن هزار دانه شد و از این طریق عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و نرمال افزایش یافت (Jamshidi et al., 2009). در همین راستا محققین دیگر نیز به کاهش وزن هزار دانه با اعمال تنش رطوبتی در گیاه آفتابگردان و گلرنگ اذعان داشته‌اند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Haidari & Karami, 2014; Kargar, 2014).



شکل ۸- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 8- Effect of mycorrhiza inoculation on 1000-seed weight of sesame (LSD=1.049)

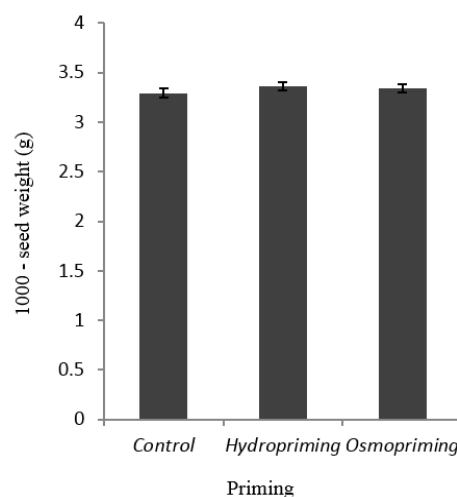


شکل ۷- اثر سطوح تنش خشکی بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 7- Effect of drought stress levels on 1000- seed weight of sesame (LSD=1.056)



شکل ۱۰- اثر متقابل همزیستی با قارچ میکوریزا و پرایمینگ بر وزن هزار دانه کنجد

Fig. 10- Interaction of mycorrhiza inoculation and priming on 1000-seed weight of sesame (LSD=0.204)

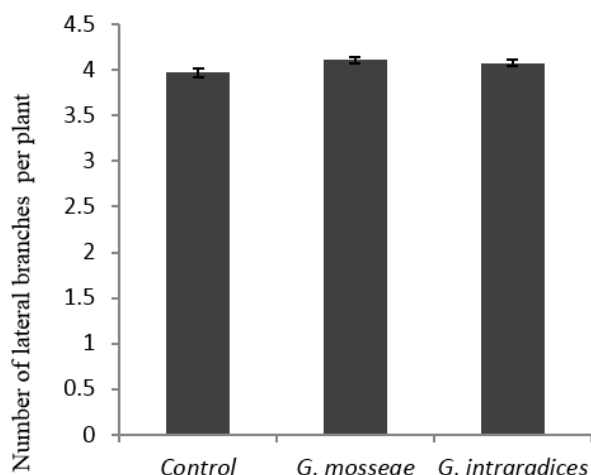


شکل ۹- اثر سطوح پرایمینگ بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 9- Effect of priming levels on 1000-seed weight of sesame (LSD=0.049)

افزایش فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی کنجد کاهش یافت. همچنین شیرانی‌راد و همکاران (Shirani-Rad et al., 2010) گزارش دادند که تنش خشکی بخصوص قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین‌دهی به بعد در کلزا توانست تعداد شاخه فرعی را کاهش دهد. در تیمار میکوریزا بیشترین تعداد شاخه فرعی با ۴/۱۲ شاخه فرعی مربوط به گونه *G. mosseae* و کمترین آن با ۳/۹۷ شاخه فرعی مربوط به تیمار بدون میکوریزا بود. تیمار میکوریزا باعث افزایش ۳/۴ درصد شاخه فرعی نسبت به تیمار بدون میکوریزا گردید (شکل ۱۲).

تعداد شاخه فرعی

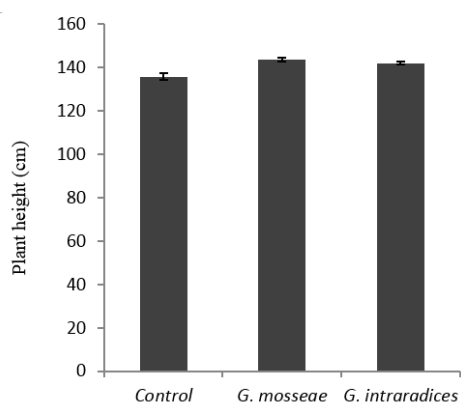
مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد شاخه فرعی کاهش پیدا کرد؛ به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب در تیمار آبیاری مطلوب ۴/۳۱ و تنش شدید خشکی ۳/۶۹ بدست آمد. در واقع، سطح آبیاری ۵۰ درصد نیازآبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۱۴/۴ درصد کاهش در تعداد شاخه فرعی نسبت به سطح آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد) گردید (شکل ۱۱). بررسی انجام شده توسط رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2005) نیز نشان داد که با



Mycorrhiza levels

شکل ۱۲- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد شاخه فرعی در بوته کنجد

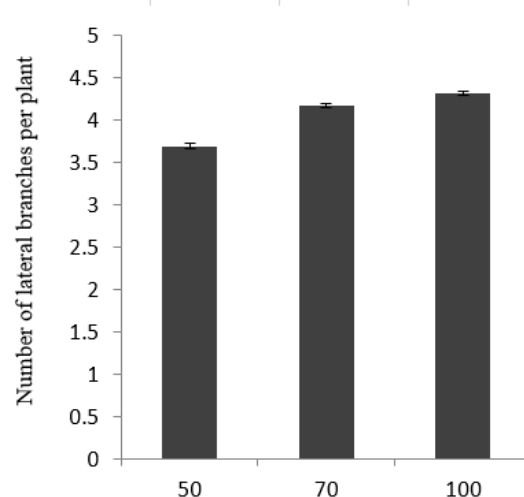
Fig. 12- Effect of mycorrhiza inoculation on number of lateral branches per plant of sesame (LSD=1.054)



Mycorrhiza levels

شکل ۱۴- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر ارتفاع گیاه کنجد

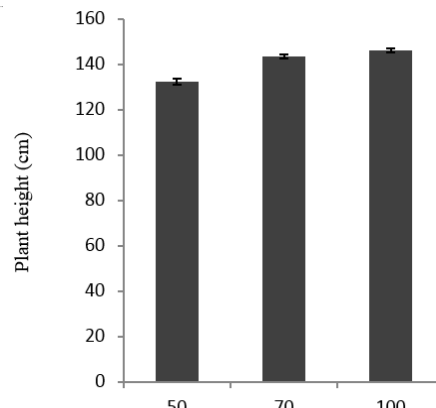
Fig. 14- Effect of mycorrhiza inoculation on plant height of sesame (LSD=2.185)



Drought stress levels

شکل ۱۱- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد شاخه فرعی کنجد

Fig. 11- Effect of drought stress levels on number of lateral branches of sesame (LSD=1.074)



Drought stress levels (%)

شکل ۱۳- اثر سطوح تنش خشکی بر ارتفاع گیاه کنجد

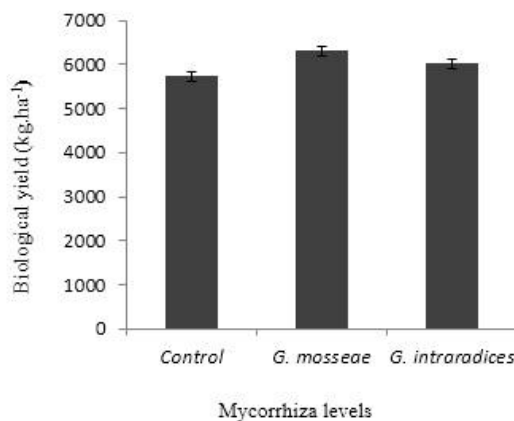
Fig. 13- Effect of drought stress levels on plant height of sesame (LSD=2.282)

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در تمامی تیمارهای تنش نسبت به شاهد کاهش نشان داد. بیشترین کاهش به میزان ۹/۴ درصد مربوط به تیمار تنش شدید (۵۰ درصد نیازآبی گیاه) بود (شکل ۱۳). تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه، موجب کاهش ارتفاع می‌شود (Rostami et al., 2004). تعدادی از محققین گزارش نمودند که با افزایش دور آبیاری و افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته کنجد کاهش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2005; Eskandari et al., 2010). در یک تحقیق گزارش شد که تنش خشکی در مرحله

گلدهی کنجد باعث کاهش ارتفاع بوته شد (Jain et al., 2010). در شرایط اعمال تنش خشکی جریان آسمیلات‌ها به اندام‌های در حال رشد کاهش یافته و از توسعه سلولی ممانعت به عمل می‌آید، این امر منجر به کاهش سطح برگ و سپس کاهش ارتفاع گیاه می‌شود که حتی با کاهش تنش نیز اندام‌های تحت تأثیر قرار گرفته دیگر به توسعه کامل سلولی نمی‌رسند (Banziger et al., 2000). مقایسه میانگین تیمار میکوریزا بر ارتفاع بوته نشان داد که قارچ گونه *G. mosseae* بر ارتفاع بوته نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) ۵/۴ درصد برتری داشت، ولی بین دو گونه قارچ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱۴). در یک تحقیق در گیاه آفتابگردان بر خلاف نتایج

منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌شود. این نتایج با نتایج (Gholinezhad et al., 2010) نیز مطابقت داشت. در آزمایشی مشاهده گردید که در ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز، حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب حاصل شد و با اعمال تنش‌های رطوبتی، کاهش این صفات معنی‌دار بود (Mojdam, 2006). تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح با قارچ میکوریزا، عملکرد بیولوژیکی را به میزان‌های ۹/۲ و ۵ درصد بهبود بخشیدند (شکل ۱۶). تأثیر قارچ میکوریزا بر افزایش رشد گیاه میزبان تحت شرایط تنش خشکی از طریق بهبود دسترسی فسفر می‌باشد، زیرا دسترسی به فسفر در خاک‌های خشک کاهش می‌یابد (Subramanian et al., 2006). کاهش رطوبت خاک باعث کاهش سرعت انتشار مواد مغذی مخصوصاً فسفر از خاک به سطح جذبی ریشه شده، لذا کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب فسفر توسط ریشه گیاه هم در شرایط تنش خشکی و هم بدون تنش می‌شود (Hetrick et al., 1996).



شکل ۱۶- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک کنجد

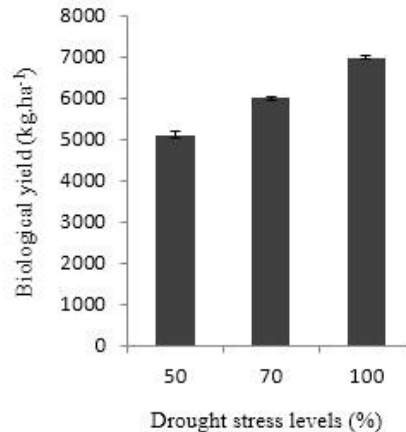
Fig. 16- Effect of mycorrhiza inoculation on biological yield of sesame (LSD=85.767)

میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان ۹/۹۷ درصد افزایش داد؛ درحالی‌که در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به‌ترتیب به میزان‌های ۱۱/۳۹ و ۹/۷۱ درصد افزایش داد که نشان می‌دهد در شرایط محدودیت آب، تلقیح با قارچ میکوریزا تا حدودی اثر نامطلوب کمبود آب را جبران و از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری می‌شود (شکل ۲۰). نتایج مطالعات نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ (Ladjal & Ducrey, 2005)، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسید کربن (Amerian et al., 2001) و افزایش میزان تعرق (Bathlenfalvay

این مطالعه گزارش شد که قارچ گونه *G. intraradices* نسبت به قارچ گونه *G. mosseae* بر ارتفاع بوته تأثیر بیشتری داشت (Veysi et al., 2017).

عملکرد بیولوژیکی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری مطلوب با ۶۹۷۰/۵۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی شدید با ۵۱۰۷/۰۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱۵). دلیل کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط کمبود آب، کاهش شاخص سطح برگ، کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش دوام سطح برگ گزارش شده است. کاهش وزن خشک گیاه تحت رطوبت پایین خاک ممکن است به دلیل کاهش سطح برگ و کاهش میزان فتوسنتز باشد (Sinaki et al., 2007; Zubarer et al., 2007). اشکانی و همکاران (Ashkani et al., 2007) بیان داشتند که صفت عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و باعث کاهش معنی‌دار آن شد. دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بوده که موجب ایجاد



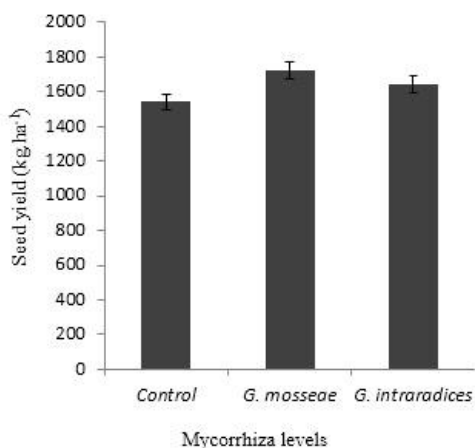
شکل ۱۵- اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک کنجد

Fig. 15- Effect of drought stress levels on biological yield of sesame (LSD=74.223)

عملکرد دانه

مهم‌ترین عامل در تولید گیاهان زراعی میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. اثر متقابل تنش خشکی و میکوریزا بر عملکرد دانه ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود. این موضوع نشان دهنده آن است که اثر قارچ بر عملکرد دانه مستقل از اثر تنش نبوده و تحت تأثیر آن واقع شده است. بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* به میزان ۲۱۳۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن به میزان ۱۱۷۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید خشکی و بدون میکوریزا مشاهده شد. در شرایط آبیاری مطلوب تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ

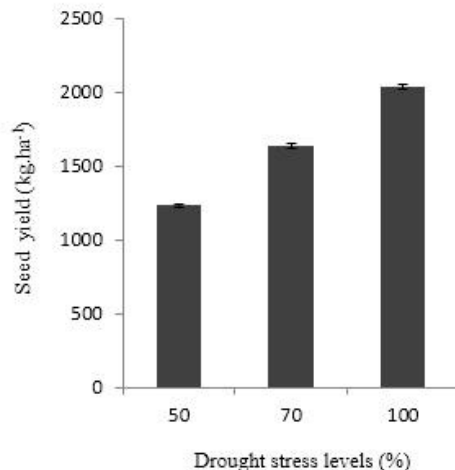
مراحل مختلف رشدی داشت، در انتهای فصل رشد موجب حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارها گردید. در یک تحقیق ملاحظه گردید که پرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه و کاهش گیاهچه‌های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید (Demir et al., 2006). افزایش عملکرد به‌وسیله پرایمینگ بذر همچنان که محققان دیگر نیز گزارش کرده‌اند، می‌تواند به‌دلیل جوانه‌زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت، استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی باشد (Hozayn et al., 2007). تلقیح با قارچ‌های میکوریزا گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان ۱۰/۴ و ۴/۷ درصد بهبود بخشیدند (شکل ۱۸). علت افزایش عملکرد دانه در اثر استفاده از قارچ را می‌توان به بهبود اجزای عملکرد دانه، مانند تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول و وزن هزار دانه ارتباط داد. به‌عبارتی مصرف قارچ میکوریزا در مقایسه با حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا، باعث افزایش اجزای عملکرد دانه شد. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2016) اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد گزارش کردند که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد (بدون کود) شد. همچنین گزارش شده است میکوریزا به‌دلیل تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر گردید که در نتیجه بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد را به‌دنبال داشت (Koocheki et al., 2015).



شکل ۱۸- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه کنجد

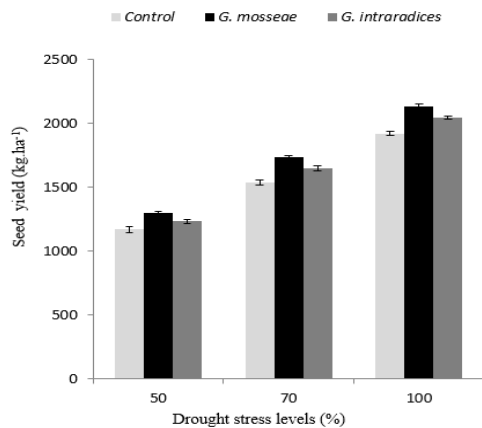
Fig. 18- Effect of mycorrhiza inoculation on seed yield of sesame (LSD=24.152)

(et al., 1998) قادرند اثر تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش معنی‌داری می‌یابد، به‌طوری‌که تنش خشکی شدید و ملایم نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۳۹/۴ و ۱۹/۳ درصد کاهش داد (شکل ۱۷). بیشتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل افزایش تعداد کپسول در بوته، افزایش تعداد دانه در کپسول و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی باشد. در بسیاری از گزارشات نشان داده شده است که عملکرد کنجد، در تنش‌های شدید خشکی و کم‌آبیاری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در طی یک تحقیق گزارش شده است که با افزایش شدت کمبود آب از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافت (Eskandari et al., 2010). در آزمایشی دیگری نیز کاهش قابل ملاحظه عملکرد را در تنش شدید خشکی گزارش شده است (Murty & Bhatia, 1990). تنش کم‌آبی به‌طور بسیار مؤثری سبب کاهش مقدار عملکرد دانه در گیاه سویا (*Glycine max* L.) شد (Jahangiri Nia et al., 2017). در یک پژوهش دیگر، اثر سطوح مختلف آب، رقم و اثر متقابل آنها بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) معنی‌دار بود، همچنین تیمار برتر از نظر سطوح مختلف آب بر عملکرد، تیمارهای تأمین ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه بودند که به‌صورت مشترک جایگاه برتر را به خود اختصاص دادند (Salamati & Delbari, 2014). پرایمینگ بذر نسبت به عدم پرایم بذر عملکرد دانه را به میزان ۲ درصد افزایش داد (شکل ۱۹). در تیمارهای پرایمینگ در اثر بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه‌زنی در مراحل ابتدایی رشد و گسترش بهتر و سریع‌تر تاج پوشش گیاهی از طریق اثر مثبتی که بر اجزای عملکرد دانه طی



شکل ۱۷- اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد دانه کنجد

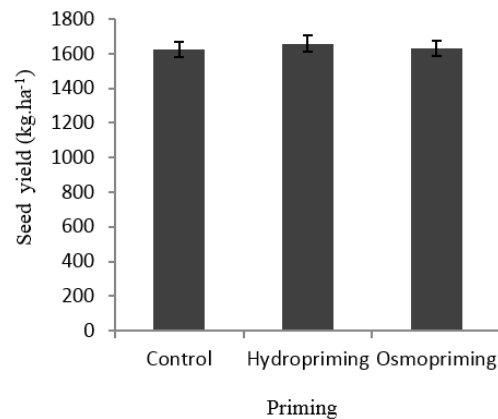
Fig. 17- Effect of drought stress levels on seed yield of sesame (LSD=23.745)



شکل ۲۰- اثر متقابل تنش خشکی و همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه کنجد

Fig. 20- Interaction of drought stress and mycorrhiza inoculation on seed yield of sesame (LSD=4.96)

می‌شود و اثر کمبود آب را کاهش می‌دهد بلکه در شرایط مطلوب آبیاری نیز می‌توان با مصرف قارچ میکوریزا مخصوصاً گونه *G. mosseae* عملکرد و صفات وابسته به عملکرد را بهبود بخشید. بدین ترتیب، چنین به نظر می‌رسد که میکوریزا علاوه بر بهبود عملکرد تحت تأثیر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی، می‌تواند در کاهش اثر کمبود آبیاری در گیاه کنجد تأثیرات مثبتی داشته باشد. پرایمینگ بذریه به دلیل جوانه‌زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت، استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی، در نهایت باعث افزایش عملکرد شد. بنابراین، به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب و مواد غذایی، می‌توان با آبیاری کمتر و مصرف قارچ گونه *G. mosseae* نیاز آبی گیاه کنجد را فراهم و به نتایج قابل قبولی دست یافت.



شکل ۱۹- اثر سطوح پرایمینگ بر عملکرد دانه کنجد
Fig. 19- Effect of priming levels on seed yield of sesame (LSD=24.159)

نتیجه‌گیری

از آنجا که توجه بیشتر به مدیریت خاک و به‌کارگیری عملیاتی که تنوع زیستی و جمعیت میکروبی خاک را بهبود می‌بخشد، موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک خواهد شد، لذا استفاده از هر عملیاتی که به نوعی بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای را به دنبال داشته باشد، موجب افزایش کارایی مصرف آب و بهبود جذب عناصر غذایی می‌گردد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش میزان آب، عملکرد دانه و بیولوژیک، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد کاهش یافت. تلقیح با گونه‌های میکوریزا باعث بهبود عملکرد دانه و بیولوژیک و اجزای عملکرد گردید که در این میان تلقیح با گونه *G. mosseae* تأثیر بیشتری بر کلیه صفات مورد بررسی نسبت به گونه *G. intraradices* به‌همراه داشت. استفاده از قارچ میکوریزا نه تنها در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه

منابع

- Afzal, I., Aslam, N., Mabood, F., Hussain, A., and Irfan, S. 2004. Enhancement of canola seed by different priming techniques. *Caderno de Pesquisa Ser. Bio. Santa Cruz do Sul* 16: 19-34.
- Al-Palsan, M., Boydak, E., Hayta, M., Gercek, S., and Simsek, M. 2001. Effect of row space and irrigation on seed composition of Turkish Sesame. *Journal of Crop Science* 78: 933-935.
- Amerian, M.R., Stewart, W.S., and Griffiths, H. 2001. Effect of two species of *arbuscular mycorrhiza* fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). *Aspects of Applied Biology* 63: 71-76.
- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M.T., and Bahrani, M.J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower under stress and non-stress water regimes. *Journal of Agricultural Science and Technology* 9: 267-277.
- Azcon, R., and El-Atrash, F. 1997. Influence of *arbuscular mycorrhizae* and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N_2 fixation in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biology and Fertility of Soils* 24: 81-86.
- Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Shirani, H., and Roosta, H.R. 2012. Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 1591-1604.
- Banzigar, M., Edmeades, G.O., Beck, D., and Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize from theory to practice. *Plant Genetics and Breeding* 633-1553.

- Bathlenfalvay, G.J., Brown, M.S., Ames, R.N., and Thomas, R.S. 1998. Effect of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybean in relation to water use and phosphate uptake. *Physiologia Plantarum* 72: 565-571.
- Bradford, K.J., Steiner, J.J., and Trawatha, S.E. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Science* 30: 718-721.
- Demir, K.M., Gamze, O., Atak, M., Cikili, Y., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
- Elwan, L.M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. *Zagazig Journal Agriculture Research* 28: 163-172.
- Eskandari, H., ZehtabSalmasi, S., and Ghasemi-Golozani, K. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Sustainable Agriculture Science* 20(1): 39-51. (In Persian with English Summary)
- Farshi, A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M., and Tallaei, M.M. 1998. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran (Vol. I: field crops). Soil and Water Research Institute, Agricultural Education Publication 918 p. (In Persian)
- Fereres, E., and Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58: 147-159.
- Fischer, K.S., Johnson, E.C., and Edmeades, G.O. 1981. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. Mexico, D.F. CIMMYT.
- Gholinezhad, E., Aynband, A., Hassanzadeh Ghrthapeh, E., Bernousi, A., and Rezaee, H. 2010. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmia climate conditions. *Journal of Plant Production Research* 16(3): 1-28. (In Persian with English Summary)
- Good, A., and Zaplachinski, S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum* 90: 9-14.
- Haidari, M., and Karami, A. 2014. Effects of water stress and different mycorrhiza species on yield and yield components, Chlorophyll and biochemical components of sunflower. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 6(1): 17-26. (In Persian with English Summary)
- Hassanzadeh, M., Asghari, A., Jamaati-e-Somarin, S.H., Saeidi, M., Zabihi- Mahmoodabad, R., and Hokmalipour, S. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame genotypes in Moghan Region. *Research Journal of Environmental Sciences* 3: 116-121.
- Hetrick, B.A.D., Wilson, G.W.T., and Todd, T.C. 1996. Mycorrhiza response in wheat cultivars: Relationship to phosphorus. *Canadian Journal of Botany* 74: 19-25.
- Hozayn, M., Zeidan, S.M., Abd El-Lateef, E.M., and Abd El-Salam, M.S. 2007. Performance of some mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes under late sowing condition in Egypt. *Research Journal Agriculture Biotechnology Science* 3: 972-978.
- Jahangiri Nia, E., Syadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., and Moradi Telavat, M.R. 2017. The Effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water stress condition. *Journal of Agroecology* 8(4): 583-597. (In Persian with English Summary)
- Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L.E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y., and Hong-Ving, Z. 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crops Sciences* 4: 42-48.
- Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.G., and Jamshidi, A.R. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Crop Sciences* 11(1):136-150. (In Persian with English Summary)
- Kargar, F. 2014. Effects of drought stress and methanol spray on quantitative and qualitative characteristics of safflower. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taher Abadi, S. 2015. Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in Mashhad condition. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13(3): 448-460. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Najafi, F. 2015. Effect of inoculation with mycorrhiza and irrigation water volumes on yield, yield components and essential oils of two species ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agroecology* 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)
- Ladjal, M., Huc, R., and Ducrey, M. 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. *Tree Physiology* 25: 1109-1117.
- Manafi, H. 2010. Influence of mycorrhizosphere on soil hydraulic properties and tomato tolerance to water deficit stress. MS Thesis, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

- Mehrabi, Z., and Ehsanzadeh, P. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement* 3(2): 75-88. (In Persian with English Summary)
- Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P., and Onome-Trieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame. *African Journal of Biotechnology* 5: 1249-1253.
- Mojdam, M. 2006. Effects of water deficit stress and nitrogen use management on agrophysiological characteristic and grain yield SC704 in Khuzestan. PhD Thesis Islamic Azad University. Research and Science Unit. Ahvaz. Iran. (In Persian with English Summary)
- Moradi-Dalini, A. 2012. Determination of reference crop evapotranspiration using lysimeter measurements and comparison with calculating by climate methods in Haji Abad Climate. Final Report of Research Project, No. 1807, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran. (In Persian)
- Murty, G.S.A., and Bhatia, C.R. 1990. Effect of recurring water stress on growth, yield and other agronomic characters in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 5: 4-10.
- Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Short and long term responses of corn to pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal* 84: 106-113.
- Raei, Y., Shariati, J., and Weisany, W. 2016. Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 25(1): 65-84. (In Persian with English Summary)
- Reddy, A., Chaitanya, K., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2016. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural granola on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system. *Journal of Agroecology* 8(4): 583-597. (In Persian with English Summary)
- Rezvani-Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, J., and Mohammad-Abadi, A.A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 57-68. (In Persian with English Summary)
- Rostami, M., Mirzaee, R., and Kafi, M. 2004. Evaluation of drought tolerance in four cultivars saffron at germination stage. 7th International Conference on the development of arid regions. Tehran, Iran, p. 125-128. (In Persian)
- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil* 205: 85-92.
- Salamati, N., and Delbari, M. 2014. Effects of the amount of water in tape drip irrigation on quality and quantity of yield of two canola varieties in Behbahan region. *Journal of Water Research in Agriculture* 28(3): 329-340. (In Persian with English Summary)
- Shirani-Rad, A.H., Naeemi, M., and Nasr-Esfahani, S.H. 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(2): 112-126. (In Persian with English Summary)
- Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Rad, A.H.S., Noormohammadi, G., and Ghasem Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian. Journal of Agricultural and Environmental Science, Biotechnology* 17(2): 113-122.
- Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Response of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulturae* 107: 245-253.
- Tohidi-Moghaddam, H., Sani, B., and Ghooshchi, F. 2004. The effect of nitrogen fixing and phosphate solubilizing microorganism on some quantitative parameters on soybean from sustainable agricultural point of views. *Proceeding of 8th Agronomy and Plant Breeding Congress of Iran*, Guilan University, Iran. (In Persian)
- Troehza Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal* 95(1): 224-230.
- Veysi, H., Heidari, G.R., and Sohrabi, Y. 2017. The effect of mycorrhizal fungi and humic acid on yield and yield components of sunflower. *Journal of Agroecology* 8(4): 567-582. (In Persian with English Summary)
- Weiss, E.A. 2000. Oilseed crops. 2nd Edition. Oxford, Blackwell Science. Oxford, U.K. 42: 1-13. 5: 4-10. 594.
- Zubarer, M.A., Chowdhury, A.K. M.M.B., Islam, M.Z., Ahmed, T., and Hasan, M.A. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of Aman rice genotypes. *International Journal of Sustainable Crop Production* 2(6): 25-30.



Effect on Mycorrhizal Fungi Symbiosis and Priming on Yield and Yield Components of Sesame Seeds at Levels of Drought Stress

A. Askari¹, M.R. Ardekani^{2*}, S. Vazan³, F. Paknejad⁴, and Y. Hosseini⁵

Submitted: 26-03-2017

Accepted: 09-07-2017

Askari, A., Ardekani, M.R., Vazan, S., Paknejad, F., and Hosseini, Y. 2019. Effect on Mycorrhizal fungi symbiosis and priming on yield and yield components of sesame seeds at levels of drought stress. Journal of Agroecology. 10(4): 1229-1244.

Introduction

Drought stress is one of the most important factors limiting growth and crop production in the arid and semi-arid world. Plant response to drought stress depends on the type, severity, and duration of stress, plant species, and stress occurrence stage and farm management.

The sesame, among crop plants, is resistant to drought and heat stress and has great importance in the agriculture development of arid and semi-arid region for summer planting. But this plant is sensitive to drought stress at seedling stage and during flowering to seed filling. To overcome the drought stress, the biological solution is one of the basic strategies that should be considered and can be noted the mycorrhizal fungi. One of the most important types of mycorrhizal is arbuscular mycorrhizal Fungi, which is important in terms of agriculture; because most crops and horticultural ability to coexist with this type of mycorrhiza.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of irrigation levels and arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis on yield and yield components of sesame, an experiment was carried out as split-factorial based on a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Haji Abad, Hormozgan province, Iran during growing season 2014-2015. Experimental factors included: drought stress as main factor in three levels: 100% water requirement (normal irrigation), 70% water requirement (moderate stress) and 50% water requirement (Severe stress), the priming as sub factor in three levels: without priming (control treatment), hydropriming and osmopriming and the mycorrhizal fungi application as other sub-factor in three levels: [without mycorrhizal fungi application (control), mycorrhizal fungi application (*Glomus mosseae*) and mycorrhizal fungi application (*G. intraradices*)].

Results and Discussion

Analysis of variance data showed that the effect of drought stress had significant effect ($p \leq 0.01$) on all traits were studied. The effect of mycorrhizal inoculation was significant on measured plant responses ($p \leq 0.01$). Priming treatments were significant on seed number per capsule ($p \leq 0.01$) and 1000- seed weight and seed yield, biological ($p \leq 0.05$). Interaction effects of mycorrhiza $\times$ irrigation was only significant on seed yield ($p \leq 0.05$), the effects of the interaction of mycorrhiza $\times$ priming on seed number per capsule and biological yield ($p \leq 0.01$) and the 1000-seed weight ($p \leq 0.05$) were significant. The results also showed that the highest seed yield and all measured traits obtained when using irrigation water requirement by 100 percent (normal irrigation). Inoculation with mycorrhizal fungi species *G. mosseae* and *G. intraradices* compared to lack of mycorrhizal fungi (control treatment) improved yield by 10.4 and 4.7 percent. Priming treatments compared to non-primed (control treatment) increased seed yield by as much as 2 percent. Drought stress decreased sesame yield, however, the using mycorrhizal fungus can be reduced that effect. The effect of two species of mycorrhizal on sesame yield and their effect on reducing stress damage was different; So that

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student in Agronomy Science, Professor and Associate Professors, Agricultural Faculty, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, respectively.

5- Research Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.

(*- Corresponding Author Email: mreza.ardakani@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.63405

mycorrhizal symbiosis *G. mosseae* has more than the *G. intraradices* and avoided the sharp drop in sesame yield in drought stress treatments.

Conclusion

The results of this study showed that drought stress and water shortage decreased significantly yield and yield components of sesame. Mycorrhizal fungi improved the absorption of moisture and nutrients under water stress and increased plant resistance to water stress, therefore increased yield and yield components of sesame. The species of *G. intraradices* fungi compared to *G. mosseae* was more efficient in terms of resistance to water stress. Thus, it seems that mycorrhizal, in addition to improving the yield due to increased root system development and consequently increasing the availability of moisture and access to nutrients, can have a positive effect on reducing the effects of irrigation deficiency on sesame plants. Seed priming, due to better germination, rapid seedling growth, proper establishment and, finally, the optimal use of nutrients and environmental factors, ultimately increased yield.

Keywords: Biological yield, Hydropriming, Mycorrhizal symbiosis, Water requirements



تأثیر مدیریت تغذیه‌ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی

و نیتروژن خاک در تناوب کلزا (*Brassica napus* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.)

حامد اکبری^۱ و سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۰۴

اکبری، ح.، و مدرس ثانوی، س.ع.م. ۱۳۹۶. تأثیر مدیریت تغذیه‌ای روی عملکرد، کارایی نیتروژن، کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب (*Brassica napus* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۴۵-۱۲۵۷.

چکیده

به منظور بررسی اثرات مدیریت تغذیه گیاهان بر عملکرد دانه، کارایی نیتروژن و خصوصیات خاک، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تناوب در دو سطح (کلزا (*Brassica napus* L.)-سویا (*Glycine max* L.)-گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا-گندم) و تیمارهای کوددهی در نه سطح (F_۱: اوره؛ F_۲: اوره + زئولیت؛ F_۳: کمپوست دامی؛ F_۴: کمپوست دامی + زئولیت؛ F_۵: اوره + کمپوست دامی؛ F_۶: اوره + کمپوست دامی + زئولیت؛ F_۷: اوره + آزو کمپوست؛ F_۸: اوره + آزو کمپوست + زئولیت و F_۹: شاهد) به ترتیب به عنوان کرت‌های اصلی و فرعی بودند. بیشترین عملکرد کلزا و گندم از تیمار تلفیقی F_۶ در سال دوم آزمایش به مقدار ۳۵۷۱ و ۴۰۰۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حاصل شد. بیشترین میزان جذب نیتروژن از تیمار F_۶ (۱۱۵ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار از تیمار F_۹ (۳۰ و ۲۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد. بیشترین میزان افزایش در کربن آلی خاک از تیمار F_۶ به میزان ۹ درصد و بیشترین کاهش از تیمار F_۱ به میزان ۱۴ و ۱۷ درصد به ترتیب برای کلزا و گندم به دست آمد. نتایج نشان داد استفاده از کود دامی و زئولیت روشی مناسب برای کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، افزایش عملکرد و بهبود پایداری در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آزو کمپوست، خاک شنی، زئولیت، کشاورزی پایدار، کوددهی تلفیقی

مقدمه

عدم کفایت ریزمغذی‌ها در خاک می‌باشد (Adediran et al., 2005). این درحالی است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند فعالیت‌های بیولوژیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشد و در نتیجه اسیدیته خاک را خنثی کرده، بعضی از ریزمغذی‌ها مثل روی، بر و مس را تأمین کنند (Prakash et al., 2007). راهبردهای جایگزین کشاورزی، مانند سیستم‌های تغذیه تلفیقی برای به حداقل رساندن صدمات زیست محیطی و تقویت خاک و آب نسبت به روش‌های متداول پیشنهاد شده است (Reganold, 1995). استفاده از مواد آلی مانند کود دامی، نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک‌های شنی را بهبود می‌بخشد (Bigelow et al., 2004). مواد آلی، به‌ویژه کود گاوی، رشد و عملکرد گیاهان زراعی را با افزایش فراهم‌آوری عناصر غذایی به صورت مستقیم و اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک که منجر به توسعه بهتر ریشه و تحریک رشد گیاه می‌گردد، بهبود می‌دهد (Bandyopadhyay et al., 2010).

یکی از اجزای مهم و تفکیک ناپذیری که امروزه در توسعه کشاورزی نوین مدنظر می‌باشد کشاورزی پایدار است. با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی کشاورزی متداول، که ناشی از مصرف بی‌رویه‌ی نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی می‌باشد، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده می‌شود (Zhao et al., 2010). مطالعات بلند مدت نشان داده‌اند که استفاده‌ی فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه‌ی اسیدی شدن خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه تربیت مدرس، تهران

(Email: Modaresa@modares.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI:10.22067/jag.v10i4.63624

بین C/N در خاک‌های سطحی را بهبود می‌بخشد (Martiniello, 2011).

در این مطالعه، آزمایش مزرعه‌ای برای تعیین اثرات استفاده از کودهای شیمیایی، آلی و تلفیقی با استفاده از زئولیت در اراضی کم بازده شنی در طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۳ طراحی شد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات راهبردهای مدیریت تغذیه گیاهان زراعی روی کربن آلی و نیتروژن خاک، همچنین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی زراعی نیتروژن کلزا و گندم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در ۱۶ کیلومتری غرب تهران با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا اجرا شد. مکان اجرای آزمایش دارای میانگین بارندگی سالانه ۲۸۹ میلی‌متر بود که اکثر آن در ماه‌های پاییز و زمستان نازل می‌شود. حداکثر و حداقل بارندگی (۱۱۶ و ۲۲۰ میلی‌متر) به ترتیب در سال‌های زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ نازل شد. مجموع آب آبیاری مورد استفاده در سال‌های زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳-۱۳۹۲ به ترتیب برابر با ۵۴۰، ۴۸۰، ۴۹۰ و ۴۹۵ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش بافت لومی - شنی داشت و میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و میانگین اسیدیته خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری برابر با ۷/۱ بود (جدول ۱).

کمپوست دامی به راحتی ذخیره شده، سبب از بین رفتن پاتوژن‌ها و بذر علف‌های هرز می‌گردد و به دلیل داشتن حجم و وزن کمتر به آسانی مدیریت می‌شود (Eghball, 2002).

زئولیت‌ها شامل یک سری کانال‌ها و حفره‌های متصل به هم است که به وسیله کاتیون‌ها و مولکول‌های آب اشغال شده‌اند. کاتیون‌های موجود متحرک بوده و معمولاً امکان تعویض با سایر کاتیون‌ها را دارند و مولکول‌های آب موجود در شبکه زئولیت‌ها نیز به طور پیوسته و برگشت‌پذیر قابلیت خروج از شبکه را دارند. کلینوپتیلولیت به دلیل خصوصیات قابل توجه از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰-۳۰۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم)، تخلخل زیاد و همچنین پایداری بالا در مقابل تغییرات حرارتی و شیمیایی، کاربردهای وسیعی را در صنایع مختلف از جمله تولیدات کشاورزی دارا می‌باشد (Leggo et al., 2006).

تناوب‌های گیاهی در برگیرنده غلات و حبوبات از چند طریق مفید می‌باشد: اول، تجزیه بقایای حبوبات، نیتروژن اضافی مورد نیاز غلات را تأمین می‌کند؛ دوم، با بهبود خصوصیات خاک مانند تخلخل و ساختار خاک موجب تقویت رشد گیاه می‌گردد؛ و در نهایت، افزایش تنوع گیاهی منجر به شکستن چرخه زندگی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (Carter et al., 2002). تناوب، نیاز به نهاده‌های خارج از مزرعه، برای رشد گیاهان را کاهش داده، پایداری در سطح تولید و تنوع بیولوژیکی را در ریزوسفر را افزایش می‌دهد (De Vita et al., 2007). گزارش گردیده که تناوب گندم (*Triticum aestivum* L.) با لگوم‌ها پایداری در سطح تولید را افزایش داده و همچنین محتوی کربن آلی خاک، نیتروژن و نسبت

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physicochemical properties

عمق	شن	رس	لای	ماده آلی	نیتروژن کل	نیتروژن						pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
						(میلی‌گرم بر کیلوگرم)								
						N	P	K	Fe	Mn	Zn			
Depth (cm)	Sand	Clay	Silt	OM	Total N	(mg.kg ⁻¹)						EC (dS.m ⁻¹)	Bulk density (g.cm ⁻³)	
0-30	65	12	23	0.6	0.09	2.01	12	344	6.9	0.5	1.2	7.1	1.5	1.29
30-60	60	14	26	0.5	0.011	ND	3	290	ND ^a	ND	ND	6.7	1.6	1.09

^a Not detected

بلوک‌ها و واحدهای آزمایشی به ترتیب یک و دو متر فاصله بین واحدهای آزمایشی و بلوک‌ها در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تناوب گیاهی شامل: کلزا-سویا-گندم (C₁) و کلزا-

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در دو سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود. مکان آزمایشی در پاییز ۱۳۸۹ با استفاده از شخم سبک و دیسک برای کاشت آماده شد. هر واحد آزمایشی چهار متر طول و ۳ متر عرض داشت. برای جلوگیری از تداخل

نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد آزوکمپوست؛ F_۸: تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد کود شیمیایی اوره + تأمین ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه با کاربرد آزوکمپوست + ۸ تن در هکتار زئولیت و F_۹: عدم کاربرد هر نوع کود شیمیایی، کمپوست دامی، آزوکمپوست و زئولیت (در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مقدار ۱۳۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برای کلزا و گندم از طریق تیمارهای مختلف کوددهی تأمین گردید. برای کاربرد نیاز نیتروژن گیاه از طریق منابع مختلف، ابتدا مقدار نیتروژن موجود در خاک با استفاده از معادله زیر برآورد شد:

$$(mg/kg) \text{ نیتروژن قابل دسترسی در خاک} \times (g/cm^3) \text{ وزن مخصوص ظاهری خاک} \times (m) \text{ عمق خاک} \times (m^2 \text{ one hectare}) \times 10000 = (kg/ha) \text{ مقدار نیتروژن خاک}$$

$$\left(\text{ضریب تبدیل به کیلوگرم در هکتار} \right) \times 1000$$

برای تعیین مقدار نیتروژن اضافه شده به خاک در نتیجه معدنی شدن ماده آلی خاک از معادله‌های زیر استفاده شد:

$$\left(\text{ضریب تبدیل به کیلوگرم در هکتار} \right) \times 1000 \times (g/cm^3) \text{ وزن مخصوص ظاهری خاک} \times (m) \text{ عمق خاک} \times 10000 \times \text{درصد ماده آلی خاک} = (kg/ha) \text{ مقدار ماده آلی خاک}$$

$$\left(5/8 \text{ درصد از ماده آلی حاوی نیتروژن آلی است} \right) \times 0.058 \times (kg/ha) \text{ مقدار ماده آلی خاک} = (kg/ha) \text{ نیتروژن آلی خاک}$$

$$\left(\text{ضریب معدنی شدن} \right) \times 0.15 \times (kg) \text{ نیتروژن آلی خاک} = \left(\text{کیلوگرم در هکتار در سال} \right) \text{ معدنی شدن نیتروژن آلی}$$

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود دامی و آزوکمپوست

Table 2- Chemical properties of fresh manure and azocompost

خصوصیات Property	واحد Unit	کود دامی manure		آزوکمپوست Azocompost	
		2010	2012	2010	2012
اسیدیته		8.7	9.1	8.2	7.9
pH					
هدایت الکتریکی Electrical Conductivity	(dS.m ⁻¹)	21.5	20.7	1.9	2.2
ماده آلی Organic matter		48.6	50.2	24.7	25.9
کربن آلی Organic carbon		28.9	29.6	17.5	19.2
نیتروژن قابل دسترس Available N	(%)	1.3	1.4	1.2	1.4
سدیم قابل دسترس Available Na		1.2	0.9	ND ^a	ND
فسفر قابل دسترس Available P		0.63	0.71	0.53	0.81
پتاسیم قابل دسترس Available K		2.5	2.1	0.79	0.90
آهن قابل دسترس Available Fe		7332	6878	1177	954
روی قابل دسترس Available Zn	(mg.kg ⁻¹)	108.4	96.7	28.8	36.7
مس قابل دسترس Available Cu		17.9	14.7	33.0	23.4
منگنز قابل دسترس Available Mn		284.0	293.4	360	440

^a Not detected

آزوکمپوست در سال‌های اول و دوم برابر با ۱۵ و ۱۰ درصد می‌باشد (Yousefzadeh et al., 2013). با توجه به میزان آزادسازی و قابلیت دسترسی در کودهای آلی برای تعیین مقدار مورد نیاز از معادله زیر استفاده شد:

با توجه به معادله‌های بالا مقدار نیتروژن خاک برابر با ۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که ۲۰ کیلوگرم در نتیجه معدنی شدن ماده آلی در طی سال به خاک اضافه گردید. قابلیت دسترسی به نیتروژن در کمپوست دامی در طی سال‌های اول تا چهارم به‌ترتیب برابر با ۲۵، ۲۰، ۱۰ و ۵ درصد (Eghball & Power, 1999) و این مقدار برای

$$\text{مقدار نیتروژن مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{وزن خشک کود آلی}}{\text{درصد نیتروژن قابل دسترس} \times \text{درصد نیتروژن کود}}$$

حدود ۴ متر مربع از بخش مرکزی هر واحد آزمایشی انتخاب شد و عملکرد دانه کلزا و گندم برحسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بعد از برداشت به‌طور جداگانه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری واحدهای آزمایشی نمونه خاک گرفته شده و محتوی کربن آلی خاک (Reeuwijk, 1993) و نیتروژن خاک (Page, 1982) اندازه‌گیری شد.

به منظور تعیین کارایی زراعی نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، پس از جدا سازی کاه و دانه در نمونه‌های آزمایشی و توزین آن‌ها، به صورت تصادفی و به مقدار مساوی از ماده‌ی بیولوژیک و دانه‌ی هر کرت نمونه‌ای انتخاب شده و پس از آسیاب کردن غلظت نیتروژن کل (Walinga et al., 1989) در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری گردید. همچنین مقدار جذب نیتروژن در دانه و ماده‌ی خشک از حاصل ضرب غلظت نیتروژن دانه و کاه در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد. از معادله زیر جهت برآورد کارایی زراعی نیتروژن استفاده شد (Baligar & Fageria, 2015):

$$\text{کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{عملکرد دانه در شاهد} - \text{عملکرد دانه در کوددهی}}{\text{مقدار نیتروژن کاربردی}}$$

بیولوژیک و دانه را در تمامی تیمارهای شیمیایی، آلی و تلفیقی افزایش داد ($F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8$). کمپوست دامی + زئولیت (F_9) و ۱۱ درصد عملکرد بیولوژیک و ۲۲ و ۳۴ درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمار اوره + زئولیت (F_2) به‌ترتیب برای کلزا و گندم تولید کرد (جدول ۴). برای گندم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای F_6 و F_8 در هر دو سال مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمارهای تلفیقی به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده از یافته‌های محققین نشان داد که کاربرد کمپوست دامی به همراه کودهای شیمیایی به دلیل مصادف شدن نیاز گیاه با تأمین عناصر غذایی مورد نظر آن، منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه گیاهان زراعی می‌شود (Vats et al., 2001; Wang et al., 2003). مواد آلی قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Liang et al., 2011). کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش قابلیت نگهداری آب و بهبود فعالیت میکروبی خاک در نتیجه کاربرد کود دامی می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه گردد (Bhattacharyya et al., 2008). فراهمی بیشتر نیتروژن ناشی از به کارگیری کود دامی و زئولیت، باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاهی گردیده که منجر به افزایش دریافت تشعشع، افزایش تثبیت دی

آزوکمپوست و کمپوست دامی قبل از کاشت تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود دامی و آزوکمپوست در جدول ۲ نشان داده شده است. کود شیمیایی به سه بخش تقسیم شده و در مراحل کاشت، طویل شدن ساقه و آغاز گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. رقم‌های مورد کاشت شامل اوکاپی (کلزا)، ویلیامز (سویا) و پیش‌تاز (گندم) بود. برای اطمینان از استقرار مناسب گیاهان، واحدهای آزمایشی متراکم کشت شده و سپس در مرحله سه برگی برای رسیدن به تراکم ۸۴ بوته در متر مربع (کلزا)، ۴۵ بوته در متر مربع (سویا) و ۲۵۰ بوته در متر مربع (گندم) تنک شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد با دست وجین شد. بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام گرفت. حجم آب آبیاری مورد استفاده با استفاده از کنتور تعیین شد. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه (Time-Domain Reflectometry, TDR (England در عمق ۰ تا ۸۰ سانتی‌متری واحدهای آزمایشی استفاده شد.

در طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۹، پس از حذف حاشیه، مساحتی

عملکرد دانه در شاهد - عملکرد دانه در کوددهی

مقدار نیتروژن کاربردی

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار (SAS 9.3) و رویه GLM انجام گرفت. فرض‌های تجزیه واریانس مبنی بر یکنواختی واریانس‌ها، تصادفی بودن خطاها و نرمال بودن داده‌ها قبل از اجرای تجزیه مورد آزمون قرار گرفت. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD استفاده شد. آزمون بارتلت یکنواختی واریانس تیمارهای مورد بررسی در سال‌های آزمایشی را نشان داد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی × سال برای عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر دو گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در سال دوم اجرای آزمایش در هر دو گیاه بالاتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). تیمار کوددهی F_6 بیشترین عملکرد بیولوژیک (۶۸۸۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۳۵۷۱ کیلوگرم در هکتار) را در سال ۱۳۹۱ برای کلزا و بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۴۰۰۱ کیلوگرم در هکتار) را در سال ۱۳۹۳ برای گندم تولید کرد (جدول ۴). در هر دو سال، کاربرد زئولیت به‌طور معنی‌داری عملکرد

اکسید کربن و در نهایت افزایش ماده خشک می‌گردد (Srinivasarao et al., 2014). زئولیت از طریق افزایش سطح ویژه خاک و قابلیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) مانع هدرروی نیتروژن از طریق آبشویی شده و در اثر فراهمی طولانی مدت نیتروژن، اثرگذاری آن را بیشتر کرده باعث افزایش تولید ماده خشک گیاهی و عملکرد دانه می‌گردد (Harland et al., 1999).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات پارامترهای مختلف روی صفات اندازه‌گیری شده در کلزا و گندم

Table 3- Analysis of variance for the effects of different parameters on the measured traits in canola and wheat

منابع تغییرات کلزا Source of variance of canola	درجه آزادی DF	عملکرد بیولوژیک DMY	عملکرد دانه SY	مقدار نیتروژن جذب شده TNU	نیتروژن خاک SN	کربن آلی خاک SOC	درجه آزادی DF	کارایی زراعی نیتروژن AE
سال Year (Yr)	1	12541.8 ^{ns}	805253.4 ^{**}	238.818 ^{ns}	0.00239 [*]	0.00277 ^{ns}	1	105.98 ^{**}
بلوک در سال Replication × Yr	4	125764.0	26705.7	36.736	0.00027	0.01912	4	4.09
تناوب Crop rotation (CR)	1	343884.4 ^{ns}	98551.6 ^{ns}	13.982 ^{ns}	0.00080 ^{ns}	0.08003 ^{ns}	1	0.55 ^{ns}
سال × تناوب Yr × CR	1	26404.7 ^{ns}	3824.5 ^{ns}	15.885 ^{ns}	0.00034 ^{ns}	0.00020 ^{ns}	1	0.10 ^{ns}
بلوک (سال × تناوب) Replication (Yr × CR)	4	94768.1	47183.8	31.647	0.00161	0.02949	4	1.40
تیمارهای کوددهی Fertilizer treatments (F)	8	11350826.8 ^{**}	5802438.2 ^{**}	6256.027 ^{**}	0.02387 ^{**}	0.25442 ^{**}	7	181.37 ^{**}
تناوب × تیمارهای کوددهی CR × F	8	78114.2 ^{ns}	17828.2 ^{ns}	21.390 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0.00079	7	1.19 ^{ns}
سال × تیمارهای کوددهی Yr × F	8	583920.9 ^{**}	215981.0 ^{**}	193.921 ^{**}	0.00070 [*]	0.02177 [*]	7	12.93 ^{**}
سال × تناوب × تیمارهای کوددهی Yr × CR × F	8	67400.7 ^{ns}	12777.9 ^{ns}	34.542 ^{ns}	0.00009 ^{ns}	0.00055 ^{ns}	7	0.86 ^{ns}
خطا Error	64	100055.6	23053.2	51.055	0.00028	0.00939	56	1.51
ضریب تغییرات (%) CV (%)		5.7	6.7	8.6	13.6	9.8		10.4
منابع تغییرات گندم Wheat source of variance	درجه آزادی DF	عملکرد بیولوژیک DMY	عملکرد دانه SY	مقدار نیتروژن جذب شده TNU	نیتروژن خاک SN	کربن آلی خاک SOC	درجه آزادی DF	کارایی زراعی نیتروژن AE
سال Year (Yr)	1	20446.3 ^{ns}	992591.9 ^{**}	1729.200 [*]	0.00145 ^{ns}	0.00082 ^{ns}	1	332.79 ^{**}
بلوک در سال Replication × Yr	4	122724.5	41369.3	88.357	0.00041	0.01871	4	3.71
تناوب Crop rotation (CR)	1	79872.3 ^{ns}	179280.4 ^{ns}	223.920 ^{ns}	0.00288 ^{ns}	0.09754 ^{ns}	1	0.446 ^{ns}
سال × تناوب Yr × CR	1	1481.5 ^{ns}	7594.2 ^{ns}	2.308 ^{ns}	0.00040 ^{ns}	0.00105 ^{ns}	1	0.05 ^{ns}
بلوک (سال × تناوب) Replication (Yr × CR)	4	40486.6	59180.2	120.834	0.00130	0.03172	4	2.15
کوددهی Fertilizer (F)	8	12750063.1 ^{**}	6016233.6 ^{**}	6960.539 ^{**}	0.02891 ^{**}	0.35026 ^{**}	7	202.22 ^{**}
تناوب × تیمارهای کوددهی CR × F	8	6332.2 ^{ns}	6339.6 ^{ns}	24.196 ^{ns}	0.00019 ^{ns}	0.00173 ^{ns}	7	0.27 ^{ns}
سال × تیمارهای کوددهی Yr × F	8	598531.2 ^{**}	278760.5 ^{**}	532.189 ^{**}	0.00046 [*]	0.02375 [*]	7	19.95 ^{**}
سال × تناوب × تیمارهای کوددهی Yr × CR × F	8	3304.1 ^{ns}	5079.3 ^{ns}	3.634 ^{ns}	0.00010 ^{ns}	0.00111 ^{ns}	7	0.15 ^{ns}
خطا Error	64	77854.5	58373.8	135.337	0.00021	0.00999	56	2.80
ضریب تغییرات (%) CV (%)		4.5	8.4	14.3	11.4	10.0		9.9

Statistical analysis of dry matter yield (DMY), seed yield (SY), total N uptake (TNU), soil nitrogen (SN), soil organic carbon (SOC), ns: not significant at the 0.05 or 0.01 probability levels. agronomic efficiency (AE).

*, **, و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌داری

(* and ** and ns: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively).

مقدار نیتروژن جذب شده و کارایی زراعی نیتروژن

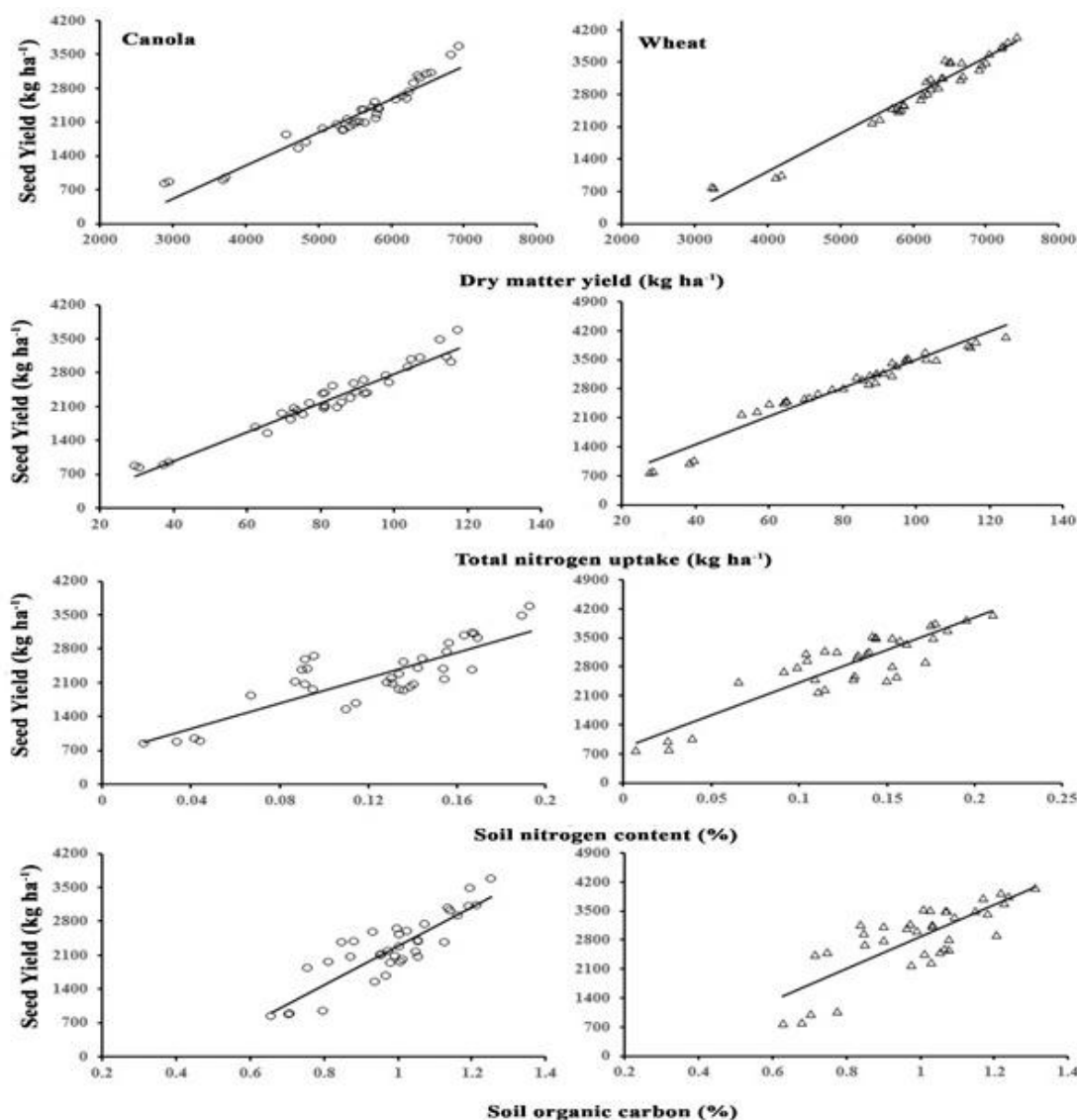
اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی $\times$ سال بر مقدار نیتروژن جذب شده و کارایی زراعی نیتروژن کلزا و گندم معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو سال بیشترین نیتروژن جذب شده از تیمار F_6 و کمترین مقدار آن از تیمار F_9 برای هر دو گیاه کلزا و گندم به‌دست آمد. کاربرد ژئولیت جذب نیتروژن را در تمامی تیمارهای کوددهی افزایش داد. میانگین دو ساله داده‌ها نشان داد که تیمارهای F_6 (به‌ترتیب با ۲۴ و ۲۱ درصد) و F_8 (به‌ترتیب با ۲۲ و ۱۵ درصد) جذب نیتروژن را نسبت به تیمار شیمیایی F_2 به‌ترتیب برای کلزا و گندم افزایش دادند. افزایش جذب نیتروژن توسط تیمارهای تلفیقی نشان دهنده این موضوع می‌باشد که کودهای معدنی اثرات منفی ناشی از کاربرد کودهای دامی با مقدار نیتروژن پایین را کاهش می‌دهد (Liang et al., 2011). قابلیت دسترسی به نیتروژن با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی در خاک افزایش یافته و منجر به افزایش غلظت نیتروژن در توده گیاهی می‌گردد (Yang et al., 2006). افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان در آزمایش‌هایی که در آن کود دامی و شیمیایی به‌صورت تلفیقی استفاده شده بود گزارش شد (Srinivasarao et al., 2014). کاربرد ژئولیت منجر به افزایش جذب نیتروژن در تمامی تیمارهای آزمایشی شد. افزایش جذب نیتروژن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Gholamhoseini et al., 2012; Harland et al., 1999). محققان کاهش شستشوی نیتروژن و افزایش جذب آن را در حضور ژئولیت کلینوپتیلولیت در شرایط محیطی کنترل شده گزارش کردند (Huang & Petrovic, 1994; Nus & Brauen, 1991). مهم‌ترین دلیل برای کاهش شستشوی نیتروژن در حضور ژئولیت کلینوپتیلولیت مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد این ماده معدنی بوده که با جذب آمونیوم در ساختار خود تبدیل آمونیوم به نترات را کاهش داده و افزایش فراهم‌آوری نیتروژن برای گیاهان را به‌همراه دارد (Mumpton, 1999).

بیشترین کارایی زراعی نیتروژن از تیمار کوددهی F_6 در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ به‌ترتیب برای کلزا و گندم به‌دست آمد (جدول ۴). در تیمار کوددهی F_6 به ازای هر کیلوگرم نیتروژن کاربردی ۱۶/۶ و ۲۱/۰۱ کیلوگرم دانه برای کلزا و ۱۹/۹ و ۲۶/۳ کیلوگرم عملکرد دانه برای گندم حاصل شد (جدول ۴). همچنین هر کیلوگرم نیتروژن کاربردی ۱۲/۹ و ۱۱/۶۸ کیلوگرم دانه برای کلزا ۱۶/۳ و ۱۷/۲

کیلوگرم دانه برای گندم در تیمار شیمیایی F_2 تولید کرد (جدول ۴). نتایج تحقیق نشان داد، کارایی زراعی نیتروژن در تیمارهای تلفیقی نسبت به زمانی که هر کدام از آن‌ها به‌تنهایی مورد استفاده قرار گرفتند افزایش معنی‌داری داشت. نتایج مشابه توسط سایر محققین گزارش شده است (Gholamhoseini et al., 2013; XU et al., 2008). کاربرد کودهای آلی در تلفیق با کودهای معدنی منجر به افزایش ماده آلی خاک و فعالیت میکروبی خاک شده و در نهایت با افزایش عملکرد دانه کارایی زراعی نیتروژن را افزایش می‌دهد (Pan et al., 2009). افزایش کارایی زراعی نیتروژن ناشی از کاربرد ژئولیت احتمالاً مربوط به کاهش هدرروی نیتروژن، افزایش جذب نیتروژن و نهایتاً عملکرد دانه بالاتر در حضور ژئولیت می‌باشد. افزایش کارایی کودهای شیمیایی بوسیله ژئولیت توسط محققین گزارش شده است (Rehakova et al., 2004).

محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک

اثر اصلی تیمارهای کوددهی و اثر متقابل تیمارهای کوددهی $\times$ سال بر محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک برای هر دو گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان محتوی کربن آلی خاک از تیمار F_6 به‌دست آمد. این مقدار در سال دوم آزمایش برای کلزا ۱/۲۲ درصد و برای گندم ۱/۲۶ درصد بود (جدول ۲). تیمارهای آلی و تلفیقی (F_8 - F_9) منجر به افزایش میزان کربن آلی خاک شدند در حالی که این صفت در تیمارهای شیمیایی (F_1 و F_2) کاهش یافت. بیشترین میزان افزایش در کربن آلی خاک از تیمار F_6 به میزان ۹ درصد و بیشترین کاهش از تیمار F_1 به میزان ۱۴ و ۱۷ درصد به‌ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد (جدول ۴). استفاده از کودهای شیمیایی باعث شسته شدن و یا هیدرولیز کربن آلی خاک گشته و ماده آلی سطح خاک را کاهش می‌دهد، بنابراین کاربرد مداوم کودهای شیمیایی ضعف زمین‌های زراعی را به دنبال دارد، در حالی که استفاده از کود دامی افزایش فعالیت‌های بیولوژیک خاک، بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک را در پی خواهد داشت (Agegehu et al., 2016b). تحقیقات نشان داد که مصرف ۲۵ و ۵۰ تن کود دامی در هکتار (به مدت ۶ سال) به‌صورت مکمل به ترتیب باعث بهبود کربن آلی به میزان ۱۷ و ۴۰ درصد نسبت به تیمار کاملاً شیمیایی و منجر به افزایش ۳۰ و ۵۰ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف هرگونه کود شد (Peacock et al., 2001).



شکل ۱- رابطه رگرسیونی خطی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، نیتروژن جذب شده، نیتروژن و کربن آلی خاک

Fig. 1- Regression relationship between seed yield with dry matter yield, total nitrogen uptake, soil nitrogen and soil organic carbon

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نیتروژن خاک از تیمار تلفیقی F_2 به میزان $0/19$ و $0/20$ درصد و کمترین میزان از تیمار F_4 ، $0/01$ و $0/02$ درصد در سال دوم آزمایش به ترتیب برای کلزا و گندم به دست آمد. بیشترین میزان افزایش در نیتروژن خاک از تیمار آلی F_3 به میزان 22 و 16 درصد و بیشترین کاهش در تیمار شاهد F_0 به میزان 39 و 49 درصد به ترتیب برای کلزا و گندم حاصل شد (جدول ۲). منابع متعددی افزایش میزان نیتروژن خاک، هنگامی که کودهای دامی و شیمیایی به صورت تلفیقی استفاده شوند را تأیید نموده‌اند (Gong et al., 2012; Pan et al., 2010; Wang et al., 2009). یافته‌های پیشین نشان داده است که افزایش ماده خشک ناشی از افزایش فعالیت و گستردگی سیستم ریشه‌ای در گیاه می‌باشد

(Gao et al., 2009). جذب بیشتر نیتروژن در سیستم‌های تلفیقی در مطالعه حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌کند. بنابراین مقدار بیشتر نیتروژن موجود در خاک را می‌توان به فرآیند پوسیدگی ریشه مرتبط دانست (Wang et al., 2009). در هر یک از سیستم‌های حاصلخیزی تیمارهای دارای زئولیت بیشترین مقدار نیتروژن خاک را در انتهای آزمایش برای هر دو گیاه نشان دادند. به نظر می‌رسد که با حضور زئولیت در خاک هدرروی نیتروژن کمتر شده و علاوه بر اینکه نیتروژن در توده گیاهی افزایش می‌یابد، مقدار بیشتری از آن در انتهای آزمایش در خاک باقی می‌ماند (Bigelow et al., 2004; Harland et al., 1999). استفاده از زئولیت به طور معنی‌داری در جذب، نگهداری و کاهش آبشویی نیتروژن مؤثر بود و هر چه مقدار

افزایش رشد محصول و ایجاد رابطه مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه با محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک شود. مطالعات پیشین رابطه خطی میان عملکرد دانه با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد را گزارش کردند (Agegnehu et al., 2016a; Solaiman et al., 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد کاربرد مواد آلی منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا و گندم در طی دوره چهارساله آزمایش شد. بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای تلفیقی ترکیب شده با ژئولیت حاصل شد. کاربرد ژئولیت در تمامی تیمارهای کوددهی منجر به افزایش عملکرد، کارایی نیتروژن، مقدار نیتروژن جذب شده، محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک شد. مواد آلی به تنهایی یا در ترکیب با کودهای معدنی منجر به افزایش محتوی کربن آلی و نیتروژن خاک و در نهایت افزایش عملکرد شد. وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین خصوصیات خاک و عملکرد دانه نشان‌گر این موضوع می‌باشد که کودهای آلی با بهبود این شاخص‌ها منجر به افزایش رشد گیاه و در نهایت، عملکرد دانه می‌گردند. نتایج نشان داد که استفاده از کود دامی و ژئولیت روشی مناسب برای کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و بهبود پایداری در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

ژئولیت به کار رفته افزایش یافت این تأثیر بیشتر شد. استنباط می‌شود که کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش فراهمی آن در خاک در حضور ژئولیت، ناشی از جذب انتخابی آمونیوم توسط ژئولیت کلینوپتیلولیت است (Gholamhoseini et al., 2013).

تجزیه رگرسیونی

رابطه رگرسیونی میان عملکرد با عملکرد بیولوژیک و کربن آلی و نیتروژن خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. تجزیه رگرسیون خطی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p < 0.001$) با عملکرد بیولوژیک ($R^2 = 0.92$ و $R^2 = 0.94$)، مقدار نیتروژن جذب شده ($R^2 = 0.94$ و $R^2 = 0.95$)، نیتروژن خاک ($R^2 = 0.79$ و $R^2 = 0.70$) و محتوی کربن آلی خاک ($R^2 = 0.75$ و $R^2 = 0.62$) به ترتیب برای کلزا و گندم داشت (جدول ۵). وجود رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و خصوصیات خاک در این تحقیق نشان‌گر این مطلب می‌باشد که افزایش کربن آلی و نیتروژن خاک سبب افزایش عملکرد می‌شود. کودهای آلی با افزایش این شاخص‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه شدند. کربن آلی یک شاخص قوی برای پیش‌بینی ثبات خاک دانه‌ها و تخلخل خاک می‌باشد و اثر اولیه ماده آلی مربوط به نقش آن در افزایش نیتروژن قابل دسترس می‌باشد (Zhengchao et al., 2013). کودهای آلی به دلیل بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک و فراهم‌آوری عناصر غذایی منجر به

جدول ۵- معادله رگرسیونی خطی میان عملکرد در مقابل عملکرد بیولوژیک، مقدار نیتروژن جذب شده، نیتروژن و کربن آلی خاک
Table 5- The linear regression function between seed yield versus dry matter yield, total nitrogen uptake, soil nitrogen and soil organic carbon

الف- کلزا A. Canola	شیب خط Slope	خطا معیار SE	عرض از مبدا Intercept	خطای معیار SE	R ²	P value
عملکرد بیولوژیک در برابر عملکرد دانه DMA vs. SY	0.68	0.03	-1534.9	190.9	0.92	0.001
مقدار نیتروژن جذب شده در برابر عملکرد دانه TNU vs. SY	29.88	1.20	-219.1	102.6	0.94	0.001
نیتروژن خاک در برابر عملکرد دانه SN vs. SY	13112.56	1466.18	626.7	190.6	0.70	0.001
کربن آلی خاک در برابر عملکرد دانه SOC vs. SY	4025.54	391.01	-1740.1	390.3	0.75	0.001
ب- گندم B. Wheat	شیب خط Slope	خطا معیار SE	عرض از مبدا Intercept	خطای معیار SE	R ²	P value
عملکرد بیولوژیک در برابر عملکرد دانه DMA vs. SY	0.85	0.03	-1870.14	195.27	0.94	0.001
مقدار نیتروژن جذب شده در برابر عملکرد دانه TNU vs. SY	34.08	1.28	92.50	108.45	0.95	0.001
نیتروژن خاک در برابر عملکرد دانه SN vs. SY	15754.34	1374.81	852.09	187.10	0.79	0.001
کربن آلی خاک در برابر عملکرد دانه SOC vs. SY	3882.47	520.48	-1003.88	525.77	0.62	0.001

منابع

- Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2005. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27(7): 1163–1181.
- Agegehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., and Bird, M.I. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment* 543: 295–306.
- Baligar, V.C., and Fageria, N.K. 2015. Nutrient use efficiency in plants: An overview. in *Nutrient use efficiency: From Basics to Advances*: 1–14.
- Bandyopadhyay, K.K., Misra, A.K., Ghosh, P.K., and Hati, K.M. 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *Soil and Tillage Research* 110(1): 115–125.
- Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., and Gupta, H.S. 2008. Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean–wheat system of the Indian Himalayas. *European Journal of Agronomy* 28(1): 33–46.
- Bigelow, C.A., Bowman, D.C., and Cassel, D.K. 2004. Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. *Crop Science* 44(3): 900–907.
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A., and White, R.P. 2002. Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* 67(1): 85–98.
- Conacher, J., and Conacher, A. 1998. Organic farming and the environment, with particular reference to Australia: a review. *Biological Agriculture and Horticulture* 16(2): 145–171.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., and Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research* 92(1): 69–78.
- Edmeades, D.C. 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a Review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66(2): 165–180.
- Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus-and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal* 94(1): 128–135.
- Eghball, B., and Power, J.F. 1999. Phosphorus- and Nitrogen-based manure and compost applications: Corn production and soil phosphorus. *Soil Science Society of America Journal* 63: 895–901.
- Gao, H.Y., Guo, S.L., Liu, W.Z., and CHE, S. 2009. Effects of fertilization on wheat yield and soil organic carbon accumulation in rainfed loessial tablelands. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 15(6): 1333–1338.
- Gholamhoseini, M., Aghaaliqhani, M., Khodaei-Joghan, A., Zakikhani, H., and Dolatabadian, A. 2012. How zeolite controls nitrate leaching and modifies canola grain yield and quality. *Agricultural Research and Reviews* 1(4): 113–126.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil and Tillage Research* 126: 193–202.
- Gong, W., Yan, X., and Wang, J. 2012. The effect of chemical fertilizer on soil organic carbon renewal and CO₂ emission—a pot experiment with maize. *Plant and Soil* 353(1–2): 85–94.
- Harland, J., Lane, S., and Price, D. 1999. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop. *Acta Horticulture* 481: 187–194.
- Huang, Z.T., and Petrovic, A.M. 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf greens. *Journal of Environmental Quality* 23(6): 1190–1194.
- Leggo, P.J., Ledésert, B., and Christie, G. 2006. The role of clinoptilolite in organo-zeolitic-soil systems used for phytoremediation. *Science of the Total Environment* 363(1): 1–10.
- Liang, B., Yang, X.Y., He, X.H., and Zhou, J.B. 2011. Effects of 17 years fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in loessial soil during maize growth. *Biology and Fertility of Soils*: 121–128.
- Martiniello, P. 2011. Cereal–forage rotations effect on biochemical characteristics of topsoil and productivity of the crops in Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 35(4): 193–204.
- Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96(7): 3463–3470.
- Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy.
- Pan, G., Xu, X., Smith, P., Pan, W., and Lal, R. 2010. An increase in topsoil SOC stock of China's croplands between 1985 and 2006 revealed by soil monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 136(1): 133–138.
- Pan, G., Zhou, P., Li, Z., Smith, P., Li, L., Qiu, D., Zhang, X., Xu, X., Shen, S., and Chen, X. 2009. Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131(3–4): 274–280.
- Peacock, A., Mullen, M.D., Ringelberg, D.B., Tyler, D.D., Hedrick, D.B., Gale, P.M., and White, D.C. 2001. Soil

- microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biology and Biochemistry* 33(7): 1011–1019.
- Prakash, V., Bhattacharyya, R., Selvakumar, G., Kundu, S., and Gupta, H.S. 2007. Long-term effects of fertilization on some soil properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170(2): 224–233.
- Reeuwijk, L.P. 1993. Procedures for soil analysis. International Soil Reference and Information Centre.
- Reganold, J.P. 1995. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems: A review. *American Journal of Alternative Agriculture* 10(1): 36–45.
- Rehakova, M., Čuvánová, S., Dzivak, M., Rimár, J., and Gaval'Ova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 8(6): 397–404.
- Solaiman, Z.M., Murphy, D.V., and Abbott, L.K. 2012. Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. *Plant and Soil* 353(1–2): 273–287.
- Srinivasarao, C., Venkateswarlu, B., Lal, R., Singh, a.K., Kundu, S., Vittal, K. P.R., Patel, J.J., and Patel, M.M. 2014. Long-term manuring and fertilizer effects on depletion of soil organic carbon stocks under pearl millet-cluster bean-castor rotation in Western India. *Land Degradation and Development* 25(2): 173–183.
- Vats, M., Sehgal, D., and Mehta, D. 2001. Integrated effect of organic and inorganic manuring on yield sustainability in long-term fertilizer experiments. *Indian Journal of Agriculture Research* 35: 19–24.
- Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, part 7: Plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands.
- Wang, J., Liu, H., Wang, S., and Han, X. 2003. Law of nutrient equilibrium, gain and loss in black soil farmland. *Acta Pedol Sinica* 40: 246–251.
- Wang, Q., Zhang, L., Li, L., Bai, Y., Cao, J., and Han, X. 2009. Changes in carbon and nitrogen of Chernozem soil along a cultivation chronosequence in a semi- arid grassland. *European Journal of Soil Science* 60(6): 916–923.
- Yang, S.M., Malhi, S.S., Song, J.R., Xiong, Y.C., Yue, W.Y., Lu, L.L., Wang, J.G., and Guo, T.W. 2006. Crop yield, nitrogen uptake and nitrate-nitrogen accumulation in soil as affected by 23 annual applications of fertilizer and manure in the rainfed region of Northwestern China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76(1): 81–94.
- Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A., and Sadat-Asilan, K. 2013. Effects of Azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. *Food Chemistry* 138: 1407–1413.
- Zhao, C., Hu, C., Huang, W., Sun, X., Tan, Q., and Di, H. 2010. A lysimeter study of nitrate leaching and optimum nitrogen application rates for intensively irrigated vegetable production systems in Central China. *Journal of Soils and Sediments* 10(1): 9–17.
- Zhengchao, Z., Zhuoting, G., Zhouping, S., and Fuping, Z. 2013. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid cropland. *European Journal of Agronomy* 20–26.



Effects of Nutritional Management on Yield, Nitrogen Use Efficiency, Soil Organic Carbon and Nitrogen in Canola-Wheat Crop Rotation

H. Akbari¹, and S.A.M. Modares Sanavy^{2*}

Submitted: 09-04-2017

Accepted: 25-06-2017

Akbari, H., and Modares Sanavy, S.A.M. 2019. Effects of nutritional management on yield, nitrogen use efficiency, soil organic carbon and nitrogen in canola-wheat crop rotation. *Journal of Agroecology*. 10(4):1245-1257.

Introduction

Environmental concerns are raising due to nutrient leaching resulting from agricultural activities. There are new researches activities focusing on the practical management options for lowering nutrient runoff and leaching to the ground water. Alternative farming strategies such as organic and integrated fertilizer management, are being promoted recently because these managements minimize the environmental devastation.

Materials and Methods

This research was carried out at the Experimental Farm of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (35°41'N, 51°19'E, 1215 m above sea level), during 2010-2013 growing seasons. Research farm was subjected to shallow plowing in Sep 2010 following by disk to be fully prepared for cultivation practice. Weed control was done chemically by application of Trifluralin (PubChem: 5569, 3.5 lit ha⁻¹) afterward weed biomass using a disk incorporated into the soil. Total area for each experimental unit was 12m² (4m×3m), the distance between each adjacent plot was one meter. There were 2m gaps between the blocks and 1m alley was also established between each plot to prevent any interferences. The experiment was conducted with a split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications. Crop rotation (Canola-Soybean-Wheat (C1) and Canola-Wheat (C2)) provided the whole-plot treatments with nine fertilization management (F₁: urea, F₂: urea + zeolite, F₃: composted manure, F₄: composted manure + zeolite, F₅: urea + composted manure, F₆: urea+ composted manure + zeolite, F₇: urea+ azocompost, F₈: urea+ azocompost + zeolite and F₉: Control) providing the sub-plots.

Results and Discussion

The variance analysis showed that fertilizer treatment main effect and interaction effects of year × fertilizer treatments, significantly affected all parameters including dry matter yield (DMY), seed yield (SY), amount of nitrogen absorbed (TNU), soil nitrogen (SN), soil organic carbon (SOC), nitrogen crop efficiency (AE) in both crops (Canola and Wheat) (Table 3). As shown in Table 4, the F₆ fertilizer treatment in 2012 had the highest DMY (6885 kg.ha⁻¹) and SY (3571 kg.ha⁻¹) for canola, also F₆ for wheat produced the highest DMY (7365 kg.ha⁻¹) and SY (4001 kg.ha⁻¹) in 2013. The maximum TNU was found in the F₆ treatment, whereas the minimum TNU was obtained in F₉ for canola and wheat (Table 4). The maximum SOC (1.22 and 1.26) was observed in the second year by the F₆ fertilizer treatments while the lowest soil organic carbon (0.1294 and 0.1201) were observed in F₉ in canola and wheat, respectively (Table 4). In the F₆ fertilizer treatment, 16.6 and 21.0kg for canola, and 19.9 and 26.3kg for wheat of seed yield were obtained per 1kg of applied N during 2010-2012 and 2011-2013, respectively.

Conclusions

The results of this study showed that the application of organic matter resulted in increased yield of rapeseed and wheat during the four-year period of the experiment. The highest grain yield was obtained from integrative treatments with combining zeolite. Application of zeolite in all fertilizer treatments resulted in increased both crops yield, nitrogen efficiency, absorbed nitrogen content, organic carbon content and soil nitrogen. Organic matter alone or in combination with mineral fertilizers resulted in an increase in the organic carbon content and nitrogen content of the soil and eventually increased yield in both crops. There is a positive and significant relationship between soil properties and

1 and 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: Modaresa@modares.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.63624

grain yield indicating that organic fertilizers improve the growth of the plant and ultimately the grain yield, by improving these indices. The results showed that using manure and zeolite is a suitable method for reducing the application of chemical fertilizers and improving stability in agricultural systems. Our results demonstrated that organic amendments and zeolite in combination of chemical fertilizer could be useful methods to achieve sustainable agricultural systems.

Keywords: Azocompost, Combined fertilization, Sandy soil, Sustainable agriculture, Zeolite



خصوصیات رشدی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴)

تحت تأثیر مصرف تلفیقی کود دامی و شیمیایی

هادی زرقانی^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، احمد قنبری^۳ و عبدالجلیل یانق^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰

زرقانی، ه.، رضوانی مقدم، پ.، قنبری، ا.، و یانق، ع. ۱۳۹۷. خصوصیات رشدی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تأثیر مصرف تلفیقی کود دامی و شیمیایی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۶۸-۱۲۵۹.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود دامی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) (سینگل کراس ۷۰۴)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه زابل در سال ۱۳۸۴ به اجرا درآمد. تیمارها شامل: T₀: شاهد (عدم مصرف کود دامی و شیمیایی)؛ T₁: ۹۰ تن کود دامی (کود گاوی) در هکتار، T₂: ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم؛ T₃: مصرف ۴۵ تن کود دامی در هکتار + ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم؛ T₄: مصرف ۳۰ تن کود دامی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم؛ T₅: مصرف ۶۰ تن کود دامی + ۶۶/۶ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم بودند. نتایج نشان داد که صفات عملکرد ماده خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، درصد برگ، درصد ساقه، درصد بلال، درصد ماده خشک، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کود قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه (۴۸۲۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۷۸۵۰ کیلوگرم در هکتار)، طول بلال (۲۳/۹ سانتی‌متر)، تعداد دانه در ردیف (۳۶ دانه)، وزن هزار دانه (۱۷۶/۱ گرم) و ارتفاع بوته (۱۹۸/۳ سانتی‌متر) در تیمار T₅ به دست آمد، که اختلاف آن با تیمارهای T₀، T₁، T₂ و T₄ معنی‌دار بود، و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با طول بلال (۰/۸۶**)، وزن هزار دانه (۰/۶۱**)، عملکرد بیولوژیک (۰/۶۷**)، تعداد دانه در ردیف (۰/۹۷**) و ارتفاع بوته (۰/۸۶**) وجود داشت. بر اساس نتایج حاصله، اثر بخشی تلفیق کود شیمیایی با کود گاوی بر اجزای عملکرد ذرت در مقایسه با مصرف جداگانه هر کدام از آن‌ها بیشتر بود. بر اساس نتایج تحقیق، حاضر به نظر می‌رسد که اختلاط ۶۰ تن کود دامی در هکتار + ۶۶/۶ کیلوگرم اوره با ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار برای تولید ذرت در شرایط مشابه با تحقیق حاضر مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، کود ترکیبی

زمین برگردانده شوند (Azizi et al., 2008).

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی خسارات جبران‌ناپذیری به محیط زیست و اکوسیستم‌های زراعی وارد کرده است که باعث کاهش حاصلخیزی خاک و عدم تولید پایدار محصولات زراعی نیز می‌گردد. مصرف کودهای شیمیایی اوره و فسفات آمونیوم با استقبال بیشتری توسط کشاورزان مواجه شده است؛ در حالی که مصرف کودهای دامی به شدت کاهش یافته است. کودهای دامی از مهمترین منابع انرژی و مواد غذایی اکوسیستم خاک محسوب می‌شوند و هدف از کاربرد آن‌ها بهبود خواص بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک است (Majidiyan, 2000).

کودهای شیمیایی صرفاً یک یا چند عنصر غذایی را برای رشد گیاهان فراهم می‌کنند؛ در حالی که قادر به تأمین سایر عناصر

اهمیت حاصلخیزی خاک را می‌توان به صورت توانایی آن بر عرضه عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان تعریف کرد. در مدیریت پایدار خاک توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حفظ حاصلخیزی آن مهم است و باید عناصر غذایی که توسط اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شود، از طریق کودهای آلی و شیمیایی به

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد و دکتری فیزیولوژی

گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(*)- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir

DOI:10.22067/jag.v10i4.71099

نمی‌باشند (Aliniya, 2001). اما استفاده از کودهای شیمیایی برای جبران کاهش عناصر غذایی نیز ضروری است و کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و به هر دوی آن‌ها برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد بهتر گیاه نیاز است (Ahmadian, 2005; Aliniya, 2001).

گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که تلفیق کودهای شیمیایی و دامی در بهبود کمیت و کیفیت گیاهان مؤثرتر از کاربرد جداگانه آن‌ها است (Hegde, 1996). اویکه (Oikeh, 1998) ضمن مطالعه پنج رقم ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کود نیتروژنه مشاهده کرد که با افزایش کود، عملکرد دانه و وزن هزار دانه برای همه ارقام افزایش پیدا کرد. داهیا و همکاران (Dahiya et al., 1997) در آزمایش خود مشاهده کردند که با افزایش کود دامی به خاک، غلظت و جذب فسفر در ذرت افزایش یافت. مجیدیان (Majidiyan, 2000) نشان داد که کود نیتروژنه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و باعث افزایش عملکرد دانه گردید. پرس و همکاران (Press et al., 1996) گزارش کردند که با اضافه کردن کمپوست به خاک قابلیت استفاده فسفر، پتاسیم، کلسیم، روی و منگنز افزایش یافت. تابوسا و همکاران (Tabosa et al., 1990) نشان دادند که مصرف ۱۰ تا ۳۰ تن کود گاوی یا ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار کود مرغی عملکرد سورگوم (*Sorghum vulgare* Pers.) علوفه‌ای را در مقایسه با شاهد ۵۰ درصد افزایش داد. با توجه به این که بخش اعظم خاک‌های زیر کشت ذرت به ویژه در قسمت‌های جنوبی کشور آهکی بوده و مشکل تثبیت فسفر در این گونه خاک‌ها وجود دارد و از آن‌جا که نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌شود و نقش چشمگیری را در تولید فرآورده‌های کشاورزی این مناطق ایفا می‌کند و از طرفی نتایج پژوهش‌های انجام شده حاکی از ضرورت استفاده از کودهای شیمیایی در زراعت ذرت می‌باشد، انتخاب صحیح نوع و مقدار کودهای حاوی این عناصر و تلفیق و ترکیب آن‌ها با میزان بهینه کودهای دامی برای رسیدن به بالاترین سطح تولید در هر منطقه الزامی است و نیاز به انجام آزمایش‌های متعددی دارد. از طرفی کمیت و کیفیت گیاهان علوفه‌ای تحت تأثیر نوع، مقدار و زمان مصرف کود می‌باشد. تحقیق حاضر به منظور تعیین تأثیر انواع کودهای شیمیایی و کود دامی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه ذرت و به دست آوردن میزان ترکیب مطلوب و بهینه از کودهای مذکور طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه آموزشی و پژوهشی سد سیستان دانشگاه زابل (عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و

۴۱ دقیقه شرقی) و ارتفاع ۴۳۸ متر از سطح دریا در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ اجرا گردید. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه از نوع گرم و خشک است. خاک محل آزمایش براساس نمونه‌برداری مرکب قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه و تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک دارای بافت لومی رسی و کربن آلی ۰/۴۲ درصد، نیتروژن ۰/۰۳۶ درصد، فسفر ۴/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاسیم ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین گردید. بر اساس تجزیه شیمیایی کود گاوی مورد استفاده، فسفر ۳۹/۶۶ درصد، نیتروژن ۱/۰۷ درصد، پتاسیم ۱۳/۸۳ میلی‌گرم بر گرم و خاکستر ۳۳/۴۶ درصد تعیین شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم پاییزه و دو بار دیسک عمود بر هم و تهیه کرت‌های آزمایش انجام شد.

تیمارهای آزمایشی شامل T₀: شاهد (عدم مصرف کود گاوی و شیمیایی)، T₁: ۹۰ تن کود گاوی در هکتار، T₂: ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (۰/۴۶ نیتروژن) و فسفات آمونیوم، T₃: مصرف ۴۵ تن کود گاوی + ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم، T₄: مصرف ۳۰ تن کود گاوی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم، T₅: مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم بودند. هر کرت فرعی با ابعاد سه متر عرض و هشت متر طول با فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر ایجاد گردید. بذره‌های ذرت رقم ۷۰۴ سینگل کراس در شش ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در عمق پنج سانتی‌متری خاک در هر کرت کشت شد. کود دامی مورد استفاده کود گاوی کاملاً پوسیده بود که پس از پخش یکنواخت کود گاوی، تمام مقدار فسفات آمونیوم و یک سوم اوره اقدام به دیسک و فاروئر (بر اساس تیمارهای مذکور) گردید. کاشت در نیمه اول اسفند ماه توسط کارگر انجام گرفت، هیبرید مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ بود. در طی فصل رشد آبیاری مزرعه هر ۷-۱۰ روز یک‌بار بر اساس شرایط جوی و وجین علف‌های هرز طی سه مرحله به صورت دستی انجام شد. باقیمانده نیتروژن در مرحله هشت و ۱۲ برگی به صورت سرک و در دو قسط مساوی مصرف شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب شدند و صفات ارتفاع بوته، درصد ماده خشک، درصد بلال، درصد ساقه و برگ، عملکرد ماده خشک، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت روی آن‌ها اندازه‌گیری شد و پس از حذف حاشیه مساحت باقیمانده هر کرت برای برآورد عملکرد نهایی دانه مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-C انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش (جدول ۱) نشان داد که صفات درصد برگ، درصد ساقه، درصد بلال، درصد ماده خشک، ارتفاع بوته، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و صفت وزن هزار دانه در احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. در حالی‌که صفات شاخص برداشت و تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی در احتمال پنج درصد معنی‌دار نشد (جدول ۱).

درصد برگ و ساقه: مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین درصد برگ در تیمارهای مصرف کامل کودهای شیمیایی (T_2)، مصرف ۳۰ تن کود دامی با ۱۳۳ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم (T_4) و مصرف ۶۰ تن کود دامی با ۶۷ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم (T_5) و کمترین درصد برگ در شاهد بدون مصرف کود (T_1) مشاهده شد. کودهای شیمیایی حاوی عناصر نیتروژن و فسفر قابل جذب برای گیاه می‌باشند که عناصر مذکور از جمله عناصر پرمصرف بوده و در رشد سریع گیاه بسیار مؤثرند و باعث تولید بیشتر برگ و ساقه نسبت به سایر تیمارها شدند. بیشترین درصد ساقه مربوط به شاهد بود، که به علت کمتر بودن درصد برگ و بلال آن می‌باشد. اعتقاد بر این است هر چه درصد برگ در گیاه ذرت بیشتر باشد به همان نسبت کیفیت علوفه بهتر می‌گردد زیرا که در مقایسه با ساقه دارای

فیر کمتر بوده و در نتیجه قابلیت هضم در آن‌ها بیشتر است (Manfred Kresh Gostar, 1990).

درصد ماده خشک: در این آزمایش بیشترین درصد ماده خشک (۲۸/۷۷٪) مربوط به تیمار مصرف ۶۰ تن کود دامی با ۶۷ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم (T_5) بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف کامل کودهای شیمیایی (T_2) نداشت و حداقل میانگین درصد ماده خشک (۲۴/۸۶٪) برای شاهد بدون مصرف کود (T_1) مشاهده شد. گوپتا و پاتالیا (Gupta & Patalia, 1993) نشان دادند که نیتروژن سبب افزایش قابل ملاحظه وزن خشک اندام هوایی در ذرت شد، و همچنین چاکر‌حسینی (Chakerhosseini, 1993) ضمن بررسی تأثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و سویا (*Glycine max* L.) نشان داد که کاربرد فسفر تا سطح ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک قسمت هوایی ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شد. این در حالی است که در تیمار تلفیقی T_5 مصرف کودهای دامی ضمن بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، به جذب و نگهداری بیشتر عناصر غذایی کمک کرده و در انتهای رشد به تدریج عناصر را در اختیار گیاه قرار داده است. در نتیجه با توجه به تأثیر مثبت کودهای دامی در خاک تیمار مذکور باعث بهبود درصد ماده خشک ذرت شده است.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در ذرت در تیمارهای مختلف کودی
Table 1- Mean square of measured traits in corn affected by different fertilizer treatment

	درجه آزادی df	درصد برگ Leaf	درصد ساقه Stem	درصد بلال Ear	درصد ماده خشک Dry weight	ارتفاع بوته Plant height	طول بلال Ear length	تعداد دانه در ردیف Grain in row	تعداد ردیف در بلال Number of row in ear	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	3	0.2696 ^{ns}	0.70906 ^{ns}	0.4595 ^{ns}	0.437 ^{ns}	22.8424 ^{ns}	1.002 ^{ns}	1.015 ^{ns}	0.633 ^{ns}	1.1463 ^{ns}	6.789 ^{ns}	5.0588 ^{ns}	0.00178 ^{ns}
تیمار Treat	5	22.72728 ^{**}	43.2500 ^{**}	9.1119 ^{**}	9.1119 ^{**}	2254.41 ^{**}	45.285 ^{**}	52.066 ^{**}	0.2764 ^{ns}	7.0395 [*]	1219785.9 ^{**}	1190525.3 ^{**}	0.00512 ^{ns}
خطا Error	15	0.674	0.779	0.386	0.386	110.3	1.83	2.12	0.211	2.078	68643	50381.94	0.002
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.32	1.66	3.57	2.96	0.36	3.51	2.09	3.04	1.25	3.75	5.49	7.58

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و ns عدم معنی‌داری می‌باشد.
* and ** = Significant at 5 % and at 1% level, respectively. ns = Not significant

ارتفاع بوته: بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تیمار T_5 نسبت به سایر تیمارها بیشترین ارتفاع را داشت (۱۹۸/۳ سانتی‌متر) و شاهد (T_0) کمترین ارتفاع (۱۳۱/۴ سانتی‌متر) را دارا بود و همچنین سایر تیمارها نیز نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). هر چند ایوانز و همکاران (Evans et al., 2003) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن نه تنها موجب افزایش ارتفاع شد بلکه زمان رسیدن به حداکثر ارتفاع را نیز کاهش داد و همچنین عسگری (Asgari, 1999) نشان داد که ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر کود ازته افزایش معنی‌داری داشت. اما مصرف کودهای دامی نیز با توجه به تأثیرات مثبت در خاک به ویژه افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، تأثیر بیشتری نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی داشته‌اند. از طرفی بررسی‌ها نشان می‌دهد مصرف کودهای آلی به واسطه فراهمی فسفر و بیشتر عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Yazdani et al., 2008). در آزمایشی که عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) روی تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند مشاهده کردند که با افزایش درصد ورمی کمپوست، افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته مشاهده شد. به نظر می‌رسد که در مرحله رشد رویشی دسترسی به عناصر غذایی به خصوص نیتروژن و فسفر در تیمار کودی T_5 متعادل‌تر بوده است.

تعداد ردیف در بلال: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود دامی و شیمیایی قرار نگرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد از لحاظ آماری هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. نتایج حاصل از آزمایش کافی و همکاران (Kafi et al., 2005) نشان داد که قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه ذرت تأثیری در تعداد ردیف در بلال نداشته است، اما اثر متقابل کود نیتروژنه و آبیاری باعث افزایش معنی‌دار تعداد ردیف دانه در بلال شد و به نظر می‌رسد که این صفت بیشتر ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد.

طول بلال: مقایسات میانگین نشان داد (جدول ۲) که بیشترین طول بلال در مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_5) و بعد از آن با اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در تیمار مصرف ۳۰ تن کود گاوی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_4) به دست آمد که با سایر تیمارها نیز دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کمترین طول بلال نیز در شاهد (عدم مصرف کود

گاوی و شیمیایی) (T_0) مشاهده شد که با تیمار ۹۰ تن کود گاوی در هکتار (T_1) و ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_2) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشتند (جدول ۲). محققان گزارش کرده‌اند افزایش کود نیتروژنه باعث افزایش طول بلال در ذرت می‌گردد (Asgari, Majidiyan, 2000; 1999). همچنین صادقی (Sadeghi, 2000) نیز بیان کرد با افزایش میزان نیتروژن تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مورد طول بلال وجود داشت. وی نشان داد که کمترین طول بلال مربوط به کمترین سطح کود نیتروژن بود که با بقیه تفاوت معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد که فراهمی عناصر غذایی به‌اندازه نیاز در طول فصل رشد سبب افزایش طول بلال می‌شود.

تعداد دانه در ردیف هر بلال: تیمار مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_5) بیشترین تعداد دانه در ردیف و شاهد (عدم مصرف کود گاوی و شیمیایی) (T_0) کمترین تعداد دانه در ردیف را داشتند که با یکدیگر و همچنین با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارا بودند (جدول ۲). مارسچنر (Marschener, 1995) نیز اظهار داشت که در اثر مصرف متعادل عناصر غذایی و آثار آن‌ها با یکدیگر تعداد دانه، وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) افزایش یافت. اکبری و همکاران (Akbari et al., 2005) مشاهده نمودند که با افزایش سطح کود نیتروژن، وزن دانه در بلال، طول بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه و عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. هرگاه در زمینی که ذرت کاشته می‌شود عنصر فسفر به‌اندازه کافی نباشد گرده افشانی گیاه به تأخیر افتاده و به طور ناقص انجام شده، رشد گیاه و رسیدن میوه‌ها نیز به تأخیر می‌افتد، دانه‌بندی در روی میوه به خوبی انجام نشده و ردیف دانه‌ها در روی میوه نیز به طور نامنظم تشکیل شده و قسمت بالای میوه نیز پوک و بدون دانه می‌ماند (Khodabandeh, 2005). به نظر می‌رسد در تیمار T_5 در زمان تشکیل دانه‌ها به علت مصرف کود دامی بیشتر، وضعیت دستیابی گیاه به مواد غذایی متعادل‌تر بوده است، از آن‌جا که تلفیق کود دامی با کود شیمیایی منجر به افزایش راندمان و طول دوره قابل دسترس بودن فسفر می‌گردد، بنابراین در این تیمار فسفر قابل دسترس بیشتر، باعث تشکیل تعداد دانه بیشتری می‌شود.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده گیاه ذرت در تیمارهای مختلف کودی
Table 2- Means comparison of some measured characters in corn in difference treatments manure

تیمار treatment	درصد برگ Leaf (%)	درصد ساقه Stem (%)	درصد بال Ear (%)	درصد ماده خشک Dry matter (%)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول بلال (سانتی‌متر) Ear length (cm)	تعداد دانه در ردیف Number of kernel in row	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
T ₀	20.11 ^{c*}	59.3 ^a	19.3 ^d	24.86 ^c	131.4 ^e	15.2 ^d	26.8 ^d	170.3 ^c	6293.5 ^c	3278.5 ^c	51.4 ^a
T ₁	24.5 ^b	52.63 ^{bc}	22.12 ^{bc}	27.22 ^b	173.3 ^d	16.47 ^d	29.25 ^c	173.44 ^{bc}	7215 ^b	3800 ^b	52.8 ^a
T ₂	26.37 ^a	51.75 ^{cd}	23.54 ^{ab}	28.55 ^a	188.15 ^b	19.3 ^d	34.3 ^b	174 ^b	7316.25 ^b	4375 ^a	59.8 ^a
T ₃	24.8 ^{ab}	54.07 ^b	21.36 ^c	26.14 ^b	176.5 ^c	16.33 ^d	30.12 ^c	174.2 ^b	7050 ^b	3850 ^b	54.6 ^a
T ₄	6.62 ^a	50.3 ^d	24.57 ^a	27.17 ^b	188.97 ^b	22.37 ^b	34.5 ^b	172.23 ^c	6850 ^b	4375 ^a	62.7 ^a
T ₅	6.26 ^a	50.9 ^{cd}	24.86 ^a	28.77 ^a	198.3 ^a	23.93 ^a	36 ^a	176.13 ^a	7850 ^a	4825 ^a	61.5 ^a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability.

تیمارهای آزمایشی شامل: T₀: شاهد (عدم مصرف کود گاوی و شیمیایی); T₁: ۹۰ تن کود گاوی در هکتار، T₂: ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم; T₃: مصرف ۴۵ تن کود گاوی + ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم; T₄: مصرف ۳۰ تن کود گاوی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم; T₅: مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم

Treatments were include; T₀ (no fertilizer), T₁ (90 t.ha⁻¹ manure), T₂ (200 and 150 kg.ha⁻¹ urea and phosphat amoniom respectively), T₃ (45 t.ha⁻¹ manure+100 kg.ha⁻¹ N and 75 kg.ha⁻¹ P), T₄ (30 t.ha⁻¹ manure+133.32 kg.ha⁻¹ N and 100 kg.ha⁻¹ P), T₅ (60 t.ha⁻¹ animal manure +66.66 kg.ha⁻¹ N and 50 kg.ha⁻¹ P)

که با افزایش تیمار کودی عملکرد دانه و وزن هزار دانه برای همه ارقام افزایش پیدا کرد. وزن هزار دانه در ذرت تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی هنگام پر شدن دانه‌ها است و ظاهراً آزاد سازی عناصر غذایی از کود دامی در مرحله پر شدن دانه‌ها موجب افزایش وزن هزار دانه شده است (Falah et al., 2007).

عملکرد بیولوژیک: بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار مصرف مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T₅) مشاهده شد (جدول ۲) که با سایر تیمارها از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد داشت (جدول ۱). بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر صفت مذکور مشاهده نشد (جدول ۲). این نتیجه‌گیری با نتایج شیرانی و همکاران (Shirani et al., 2002) مطابقت داشت. قوش (Ghosh, 2004) نیز تأثیر معنی‌دار کود دامی در مقدار این شاخص را گزارش کرد. تابوسا و همکاران (Tabosa et al., 1990) نشان دادند که

وزن هزار دانه: بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در تیمارهای مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T₅) و شاهد (عدم مصرف کود گاوی و شیمیایی) (T₀) مشاهده گردید (جدول ۲). اختلاف بین تیمارهای مصرف ۴۵ تن کود گاوی + ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T₃) و مصرف ۳۰ تن کود گاوی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T₄) از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. گزارش فلاح و همکاران (Falah et al., 2007) در برتری راندمان و طول دوره قابل دسترس بودن فسفر تیمار تلفیقی و همچنین برتری نیتروژن قابل دسترس تیمار کود دامی در مرحله پر شدن دانه نسبت به تیمار کود شیمیایی مؤید این مطلب است. مجیدیان (Majidiyan, 2000) نیز بیان کرد افزایش نیتروژن، وزن هزار دانه در بلال را افزایش می‌دهد. اوپکه (Oikeh, 1998) ضمن مطالعه پنج رقم ذرت تحت اثر چهار تیمار کودی نیتروژن مشاهده کرد

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با طول بلال (0.86^{***})، وزن هزار دانه (0.61^{***})، عملکرد بیولوژیک (0.67^{***})، تعداد دانه در ردیف (0.97^{***}) و ارتفاع بوته (0.86^{***}) وجود داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که بوته‌های بلند با رشد سریع مواد فتوسنتزی بیشتری تولید نموده‌اند، از این‌رو هم تعداد دانه در بلال و هم اندازه دانه افزایش یافته و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافته است. نتایج آزمایشات محققان دیگر نیز نشان داده که بیشترین میزان عملکرد دانه با مصرف ۲۰-۲۰-۴۰ کیلوگرم NPK در هکتار به دست آمد و عملکرد این تیمار نسبت به شاهد ۵۶ درصد بیشتر بود (Willman et al., 1987; Ottaviano & Camussi, 1981; Falah et al., 2007). مجیدیان (Majidiyan, 2000) نشان داد که کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و باعث افزایش عملکرد دانه گردید، اگرچه با افزایش تیمارهای کودی نیتروژن از ۲۰۰ به ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه ایجاد نشد، اما یک روند افزایشی در عملکرد دانه با مصرف کود نیتروژن مشاهده گردید. وی علت روند افزایش عملکرد دانه در تیمارهایی که کود نیتروژن دارند را افزایش تعداد دانه در بلال و تا حدودی وزن دانه در بلال ذکر کرد، به طوری که نیتروژن تعداد دانه در بلال و وزن دانه در بلال را افزایش داد. ظاهراً افزایش میزان رطوبت قابل دسترس خاک و کاهش دمای خاک با افزایش رشد سبزیگی و تولید تعداد دانه بیشتر در هر ردیف بلال، باعث افزایش عملکرد دانه شده است.

مصرف ۱۰ تا ۳۰ تن کود گاوی یا ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار کود مرغی عملکرد سورگوم علوفه‌ای را در مقایسه با شاهد ۵۰۰ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد که در سیستم تغذیه تلفیقی، وجود کود نیتروژن در مراحل اولیه رشد باعث افزایش رشد رویشی شده است و همچنین در مراحل بعدی آزادسازی نیتروژن و دیگر عناصر غذایی از کود دامی نیز موجب تقویت رشد زایشی گیاه شده است. در نتیجه در تیماری که عناصر غذایی مورد نیاز در تمام دوره رشد تأمین شده میزان عملکرد بیولوژیک آن نیز بالاتر بوده است.

عملکرد اقتصادی: بالاترین میزان عملکرد اقتصادی در تیمارهای مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_5)، ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_2) و مصرف ۳۰ تن کود گاوی + ۱۳۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_4) مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشتند. در حالی که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کمترین میزان عملکرد دانه در شاهد (عدم مصرف کود گاوی و شیمیایی) (T_0)، مشاهده شد (جدول ۲). بالاتر بودن ارتفاع گیاه و عرض برگ پرچمی تعداد دانه در ردیف، و طول بلال و عملکرد بیولوژیک در مصرف ۶۰ تن کود گاوی + ۶۷ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره و فسفات آمونیوم (T_5) نسبت به سایر تیمارها با بالا بودن عملکرد دانه در تیمار مذکور مطابقت دارد. مطالعات زیادی همبستگی مثبت بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شامل دانه در بلال و وزن هزار دانه را گزارش نموده‌اند. در این تحقیق نیز

جدول ۳- ضریب همبستگی عملکرد دانه با صفات مورد بررسی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴

Table 3- Correlation grain yield with measured traits in corn (single cross 704)

ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در ردیف Number of kernel in row	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	وزن هزار دانه 1000- seed weight	طول بلال Ear length	عملکرد دانه Grain yield
0.86***	0.97***	0.67***	0.61***	0.86***	

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و NS عدم معنی‌داری می‌باشد.
* and ** = Significant at 5 % and at 1% level, respectively. ns = Not significant

سازه‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد. از آنجایی که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. اما بر اساس فرمول هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود.

شاخص برداشت: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین تیمارهای مختلف از لحاظ شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و می‌توان استنباط نمود که شاخص برداشت در ذرت کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. شاخص برداشت به نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی اطلاق می‌شود (Akbari et al., 2005) شاخص برداشت بیان‌گر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین

نتیجه گیری

عناصر غذایی محدود است و با پیشرفت رشد این محدودیت کاهش می یابد. با این حال، در سیستم تغذیه تلفیقی، کود شیمیایی مصرفی نه تنها رشد اولیه را تقویت می کند، بلکه معدنی شدن را نیز تسریع می نماید و از طرف دیگر کود گاوی عناصر غذایی گیاه را تا مراحل نهایی رشد فراهم نموده و در نتیجه عملکرد گیاه را به بالاترین سطح می رساند. مصرف توأم کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد معنی دار شد و تیمار T₅ بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشت.

به طور کلی، از نتایج حاصل شده از این آزمایش روی اثر تیمارهای تلفیقی کود دامی و شیمیایی بر رشد و عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ چنین نتیجه گیری می شود که در سیستم تغذیه شیمیایی، عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در مرحله رشد رویشی مصرف شده و گیاه در مراحل بعدی به تدریج با کمبود آن ها رو به رو می شود و در سیستم تغذیه آلی، مواد غذایی مورد نیاز گیاه بایستی در اثر معدنی شدن کود فراهم شود، که به نظر می رسد به علت عدم توسعه ریشه ها و سرعت کم معدنی شدن در مراحل اولیه رشد دسترسی ریشه به

منابع

- Ahmadian, A. 2005. Study the times of irrigation and animal manure quantitative and qualitative yield of green cumin. Msc thesis of Agronomy University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- Akbari, GH.A., Mazaheri, D., and MokhtassiBidgoli, A. 2005. Effects of plant densities, different levels of nitrogen and potash on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 5: 54-59. (In Persian with English Summary)
- Alizadeh, A., and Koocheki, A. 1995. Principles of Agronomy in Arid Regions (second volume). Astan Gods Press. Mashhad, Iran. 270 p. (In Persian)
- Aliniya, M. 2001. Effect of the amount of chemical fertilizers on the soil and on the quantity and quality of fodder corn. MSc thesis of Agronomy, Islamic Azad University of Karaj, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)
- Asgari, H. 1999. The influence of Agronomic features and chemical composition of corn, sunflower, sorghum, and sesame in different quantities of sodium chloride and nitrogen. Msc thesis on agronomy. University of Shiraz, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Azizi, F., Rezvani, F., Hasanzadeh Khayat, M., Lakzian, A., and Nemati, N. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological characters and the amount of essence of German figure (*Marticaria recutita* Goral cultivar). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)
- Chakerhosseini, M.R. 1999. The effect of iron and phosphate on the growth and chemical composition of corn and soybean. MSc thesis of Agronomy, University of Shiraz, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Dahiya, S.S., Antilands, R.S., and Arwasra, P.S.K. 1997. Effect of farmyard manure and cadmium on the dry matter yield and nutrient uptake by maize. Journal of the Indian Society of Soil Science 32: 275-278.
- Evans, P.S., Knezevic, S.Z., lindquist, J.L., and Ssapeiro, C.A. 2003. Influence of nitrogen and duration of weed interference on corn growth and development. Weed Science 51: 546-554.
- Falah, S., Ghalavand, A., and Khajepor, M.R. 2007. Influence the way of mixing animal manure with soil and combining it with chemical fertilizer on grain yield and yield components of corn in Khorramabad in Lorestan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 40: 233-242. (In Persian with English Summary)
- Ghosh, P.K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphor compost and fertilizer NPK on three cropping system in vetisoils of semi-arid tropics I. Crop yield and system performance. Bioresource Technology 75: 113-118.
- Khodabandeh, N. 2005. Cereals. University of Tehran Press. Tehran, Iran. 537p. (In Persian)
- Gupta, V.K., and Patalia, B.S. 1993. Nutrition of maize as influenced by zinc and nitrogen carrier. Journal of the Indian Society of Soil Science 41: 190-191.
- Kafi, M., Ghasemi, A., and Esfahani, M. 2005. Influence of the effect of the levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components of grain corn in the region of Guilan Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(5): 122-132. (In Persian with English Summary)

- Hegde, D.M. 1996. Long-term sustainability of productivity in an irrigated sorghum-wheat system through integrated nutrient supply. *Field Crops Research* 48: 167-176.
- Majidiyan, M. 2000. The effect of different levels of nitrogen fertilizer and water stress in different stages of growth on physiological characters, yield and yield components of corn in the region of Koshkak Fars. MSc thesis on agronomy, University of Shiraz, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Marschener, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. New York 556.
- Nassiri Moghaddam, H., and Dehghanian, S. 1991. *Animal Nutrition*. (Translation). Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad, Iran. 732p. (In Persian)
- Oikeh, S.O. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize quality in the West Africa moist Savanna. *Crop Science* 38: 1056-1061.
- Ottaviano, E., and Camussi, A. 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica* 30: 601-609.
- Press, C.M., Mahaffee, W.F., Edwards, J.H., and Kloepper, J.W. 1996. Organic by-product effect on soil chemical properties and microbial communities. *Compost Science and Utilization* 4: 70-80.
- Sadeghi, H. 2000. Effect of density and the amount of nitrogen fertilizer on physiological characteristics of yield and yield components of corn in the Koshkak region Fars province. Msc thesis on agronomy, University of Shiraz, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Sedighi Niya, H. 2005. Influence of times of harvesting on yield and quality of grain sorghum silage. MSc thesis on agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- Shirani, H., Hajabasi, M.A., Afyuni, M., and Hemmat, A. 2002. Effect of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research* 68: 101-108.
- Stevenson, C.K., and Win, G.S.B. 1969. Effect of time and source of nitrogen in the yield and nitrogen content of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* 61: 381-384.
- Tabosa, J.N., Santos, D.G., Tavares-Filho, J.J., Nascimento, M.M.A., Farias, I., Lira, M.A., and Santos, M.C. 1990. The effect of annual application of organic fertilizer on water use efficiency in forage sorghum in the semi-arid agricultural region of Pernam Buco Documentos Empresa Gapixsade Pesquisa. *Agropecuaria*. NO. 65, 960.
- Zeraei, S. 1988. The results of chemical fertilizers and animal manure on fodder corn and onions in Isfahan. Industrial University of Isfahan, Iran. 45p. (In Persian with English Summary)
- Yazdani, M.H., Pirdashti, M., Tajik, A., and Bahmanyar, A. 2008. The effect of *Trichoderma* spp. and different types of organic manure on growth and development of soybean (*Glycine max* L.). *Electronic Journal of Field Crop Production* 3: 65-82. (In Persian with English Summary)



Growth Characteristics and Grain Yield of Corn (*Zea mays* L.) (Single Cross 704) Affected by the Combined Consumption of Chemical and Manure Fertilizers

H. Zarghani¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*}, A. Ghanbari³ and A.J. Yanegh⁴

Submitted: 30-12-2017

Accepted: 19-02-2019

Zarghani, H., Rezvani Moghaddam, P., Ghanbari, A., and Yanegh, A.J. 2019. Growth characteristics and grain yield of corn (*Zea mays* L.) (single cross 704) affected by the combined consumption of chemical and manure fertilizers. Journal of Agroecology. 10(4):1259-1268.

Introduction

Chemical fertilizers have a significant effect on food production in the world and are one of the essential components in today's agriculture. It has been reported that the doubling of agricultural food production up to the 1990s, partly attributed to the increasing the use of nitrogen and phosphorous fertilizers by 6.9 and 3.5-fold, respectively. Increasing the use of chemical fertilizer in crop production systems, resulting in many environmental problems such as water, soil and air pollutions and also increasing the vulnerability of the agricultural ecosystems through the declining biodiversity. Therefore, conventional agriculture approaches in today's world are not acceptable because of relting on application of too much on artificial inputs and auxiliary energy infusions such as chemical fertilizers and pesticides creates an unstable farming system.. Organic fertilizers, such as animal manures, are able to increase soil water holding capacity, reduction drought stress, increase soil microbial diversity, improve the physical structure of the soil and prevent soil erosion. Various reports suggest that the combination of chemical and manure fertilizers to improve the quantity and quality of crop production is more effective than the separate application. Oikeh (1998) found that in five varieties of corn that are affected by nitrogen fertilizer, grain yield and 1000-seed weight for all varieties increased. Therefore, the present study was designed and carried out in order to determine the effect of chemical and manure fertilizers and combination of them on grain yield and yield components of corn and to obtain the optimal composition of these fertilizers.

Material and Methods

In order to investigate the effect of different amounts of chemical and animal manure fertilizers and the combination of them on grain yield and yield components of corn (single cross 704), a field study was conducted in 2004-2005 growing season in agriculture experiment station of Zabol University Iran. The experiment was conducted as a randomized complete block design with four replications. The experimental treatments were T₀ (no fertilizer), T₁ (90 t.ha⁻¹ cow manure), T₂ (200 and 150kg.ha⁻¹, nitrogen [N] and phosphorus [P], respectively), T₃ (45t.ha⁻¹ cow manure+100kg.ha⁻¹ N and 75kg.ha⁻¹ P), T₄ (30t.ha⁻¹ cow manure+133.32kg.ha⁻¹ N and 100kg.ha⁻¹ P), T₅ (60t.ha⁻¹ cow manure +66.66kg.ha⁻¹ N and 50kg.ha⁻¹ P). Sowing was carried out in the first half of March. Filed irrigation during the growing season was carried out every 7-10 days.

Results and Discussion

Results showed that yield dry matter, plant height, number of grains per ear, number of grain per row, economic yield, biological yield, and harvesting index were affected by different fertilizer treatments. The highest grain yield (4825kg.ha⁻¹), biological yield (7850kg.ha⁻¹), length of ear (23.9cm), number of kernel per ear (36), 1000-seed weight

1, 2 and 4- Ph.D in Crop Ecology, Professor, and Ph.D in Crop physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol

(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v10i4.71099

(176.1g) and plant height (198.3cm) were obtained at T₅ (60t.ha⁻¹ cow manure +66.66kg.ha⁻¹ N and 50kg.ha⁻¹ P) treatment. There was a significant difference between T₅ with other treatments. The results showed that there was a significant positive correlation between grain yield and ear length ($r=0.86^{**}$), seed weight (0.61^{**}), biological yield (0.67^{**}), number of the kernel per row (0.97^{**}) and plant height (0.86^{**}). In addition, combined chemical and animal fertilizer treatments compare with single chemical and animal fertilizer treatments had more effect on yield components. There were no significant differences between T₁ (chemical fertilizer) and T₂ (animal manure) in terms of grain yield.

Conclusion

Based on our results, It can be concluded that the combination of 60t.ha⁻¹ cow manure + 66.66kg.ha⁻¹ N with 50kg.ha⁻¹ P was the best treatment to produce corn in the studied region.

Keywords: Biological yield, Combined fertilizer, Economic yield, Harvest index

Contents

Comparison of Environmental Impacts for Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Agroecosystems in the First and Second Planting Patters by using Life Cycle Assessment (Case Study: Sari County)	963
A. Mollafilabi	
Evaluation of Yield and Yield Components of Pumpkin (<i>Cucurbita pepo</i> L.) and Land Equivalent Ratio affected as Row Intercropping with some Field Crops	980
S. Morid Ahmadi, S. Khorramdel, A. Koocheki, J. Shabahang and A. Maollafilabi	
Effect of Irrigation Regimes on Yield, Yield Components and Characteristics Criteria of Essential Oil Percentage of Cumin (<i>Cuminum cyminum</i> L.) Ecotypes in Afghanistan	1004
M.Y. Jami, A. Mollafilabi and M. Amini Dehaghi	
Measuring Willingness to Pay for Economic and Ecological Services in Tandooreh National Park	1020
M. Ghorbani, A. Koocheki and M. Rajab zade	
Ecological Footprint of Foodstuff in Iran	1033
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and S. Khorramdel	
Temporal Trends of Ecological Footprint of Foodstuffs in Iran and Evaluation of Future Scenarios	1049
M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki and S. Khorramdel	
Insect's Biodiversity in Conventional and Organic Agro-ecosystems for Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and Potato (<i>Solanum tuberosum</i>) in Fariman Region	1065
M. Mahloji Rad, P. Rezvani Moghaddam, M. Parsa, Gh.A. Asadi and N. Shahnoshi	
Effects of Planting Date and Plant Density on Morphology and Yield of Indigo (<i>Indigofera tinctoria</i> L.) as a Medicinal Plant	1078
N. Modafe Behzadi, P. Rezvani Moghaddam and M. Jahan	
Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Artichoke (<i>Cynara scolymus</i> L.) Forage	1091
M. Allahdadi, Y. Raei, B. Bahreininejad and A. Taghizadeh	
The Effects of Wind Stress on the Quantitative Features of Hibiscus under Different Levels of Chemical and Biological Fertilizers (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	1105
M. Mohammadzade, B. Fakheri, N. Mehdi Nejad and R. Mohammadpoor	
Response of Lentil (<i>Lens culinaris</i> L.) Yield and Physiological Traits to Chemical and Bio-phosphorus Fertilizers under Different Irrigation Regimes	1118
M. Mohammadi, M. Ghane, N. Majnoun Hoseini and H. Moghaddam	
Ecological Weed Management in Cereal-legume Intercropping	1132
L. Soleimanpour, R. Naderi, E. Bijanzadeh and Y. Emam	
Environmental Assessment of Agricultural Pesticides Used in Cotton Fields in Golestan Province	1147
R. Arefi, A. Soltani, and H. Ajam Norouzi	
Evaluation of Nitrogen Use Efficiency Indices of New and Old Barley Cultivars in Climatic Conditions of Golestan Province (Case Study: Gonbad Kavoos)	1159
A.A. Mirzaei, A. Rahemi-Karizaki, A. Nakhzari-Moghadam and E. Gholizadeh	
Investigation of the Effects of Climate Change on Sustainability of Water Need and Water Consumption of Agricultural Section in the Yazd-Ardakan Plain	1175
F.Barzegari and H. Malekinezhad	
Documenting the Process of Wheat Production in Irrigated and Rain-fed Systems in Golestan Province	1201
M. Tahmasebi, M. Ramroudi, A. Soltani, A. Ghanbari and B.A. Fakheri	
Assessment of Various Agronomic and Social Factors Impacts on the Yield of Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.): A Case Study, Kermanshah Province, Sanjabi Rural District	1215
N. Sohrabi, A. Bagheri, F. Mondani and I. Nosrati	
Evaluation of Freezing Tolerance of Some Thyme (<i>Thymus</i> spp.) Species in Green Space	1226
H. Maleki Lajayer, H. Zakizadeh, Y. Hamidoghli	
Effect on Mycorrhizal Fungi Symbiosis and Priming on Yield and Yield Components of Sesame Seeds at Levels of Drought Stress	1243
A. H. Askari, M. R. Ardekani, S. Vazan, F. Paknejad, and Y. Hosseini	

- Effects of Nutritional Management on Yield, Nitrogen Use Efficiency, Soil Organic Carbon and Nitrogen in Canola-Wheat Crop Rotation** 1256
H. Akbari, and S.A.M. Modares Sanavy
- Growth Characteristics and Grain Yield of Corn (*Zea mays* L.) (Single Cross 704) Affected by the Combined Consumption of Chemical and Manure Fertilizers** 1267
H. Zarghani, P. Rezvani Moghaddam, A. Ghanbari and A.J. Yanegh

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 10 No. 4 Winter 2019

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Prof. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Mohammad Pessarakli, Research Professor, School of Plant Sciences, the University of Arizona

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Hamid Shahandeh, Research Soil Scientist, Soil and Crop Sciences Department, Texas A & M University

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad Press

Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,

P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran

Tel: +98-51- 38804654

Fax: +98-51-38787430

Email: agroecology@um.ac.ir

Web site: <http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology>