

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)



جلد ۱۰ شماره ۲
تابستان ۱۳۹۷



Vol. 10 No. 2
Summer 2018

Journal of Agroecology (Quarterly)

۲۰۰۸-۷۷۱۳:شاپا

(شماره پیاپی ۳۶)

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

- تأثیر مدیریت‌های تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.)..... ۲۹۹
نقیسه کامیستانی، پرویز رضوانی مقدم، محسن جهان و فاطمه رنجبر
- ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط جایگزینی ماریتینال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)..... ۳۱۳
حسام‌الدین سلوکی، مهدی نصیری‌محلاتی، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم
- ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گاو زبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر مقادیر آبیاری و تراکم بوته ۳۲۷
محبوبه عبداللهی مایوان، سرور خرم دل، علیرضا کوچکی و رضا قرباتی
- ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برخی گیاهان زراعی در استان کرمانشاه..... ۳۴۰
اشکان عسگری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری‌محلاتی
- شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی ایران: - معرفی گیاهان کم بهره‌برداری شده و فراموش شده ۳۵۳
علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، اشکان عسگری و رضا رستنی
- برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی جای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک) ۳۶۸
سید مهدی جوادزاده، پرویز رضوانی مقدم، محمد بنایان اول و جواد اصیلی
- بررسی سیستم‌های کشت ارقامیک و متداول تولید زیاده سبز (*Cuminum cyminum* L.) در منطقه زاهدان ۳۸۶
عیسی پیری، زهرا وحیدیان، ابوالفضل توسلی و مهدی بابائیان
- اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه نیکشهر ۴۰۰
حمیدرضا مبصر، شهلا دست برجسته و عباس کشته‌گر
- تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی ۴۱۶
جواد حمزه‌ئی و محسن سیدی
- نقش تلقیح قارچ *تریکودرما* و باکتری *اینتروباکتر* بر بهبود عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در سطوح مختلف کود فسفر ۴۳۰
فاطمه محمدی کشکا، همت‌اله پیردشتی، یاسر یعقوبیان و اسماعیل بخشنده
- تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum spp.*) با حبوبات ۴۴۴
سید حسام نیک‌سیرت، احسان بیژن زاده و روح‌الله نادری
- پهنه‌بندی آمیزه کلیماتیک کاشت نخود (*Cicer arietinum* L.) با روش AHP در محیط GIS مورد مطالعه: استان اردبیل ۴۵۹
بهروز سبحانی و الهام شکرزاده
- امکان‌سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه مارون استان خوزستان) ۴۷۳
نصرت‌اله حیدرپور، هوشنگ بهرامی، یعقوب منصوری و سعید حجتی

ادامه فهرست داخل جلد

Contents

- Effect of Nutrient Management on Growth Indices of Anise (*Pimpinella anisum* L.)..... 311
N. Kamayestani, P. Rezvani Moghaddam, M. Jahan and F. Ranjbar
- Evaluation of Radiation Interception and Use Efficiency in Substitution Intercropping of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)..... 325
H. Solouki, M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam
- Evaluation of Yield and Yield Component of Borage (*Borago officinalis* L.) Affected as Irrigation Level and Plant Density 338
M. Abdollahi Mayvan, S. Khorramdel, A. Koocheki and R. Ghorbani
- Evaluation of Biodiversity Indices for Some Agronomical Plants in Kermanshah Province..... 351
A. Asgari, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati
- Identification and Evaluation of Agronomic and Ecological Neglected Crops in Agroecosystems of Iran: - Introduction of under Utilized and Neglected Crops..... 366
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, A. Asgari and R. Rostami
- Assessment of Required Growing Degree Days for Phenological Stages of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) based on BBCH-Scale in Different Cropping Systems..... 384
M. Javadzadeh, P. Rezvani Moghaddam, M. Banayan-Aval and J. Asili
- Investigating Organic and Conventional Cultivating System of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Zahedan Region 398
I. Piri, Z. Vahidian, A. Tavassoli and M. Babaeian
- Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr 414
H. Mobasser, S.H. Barjasteh and A. Keshtehgar
- Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Different Tillage Systems..... 428
J. Hamzei and M. Seyedi
- The Role of *Trichoderma* and *Enterobacter* Inoculation on Improving Wheat Yield in Different Levels of Phosphorus Fertilizer 442
F. Mohammadi Kashka, H. Pirdashti, Y. Yaghoubian and E. Bakhshandeh
- Effect of Cutting off Irrigation on Yield and Competition and Economic Indices of Intercropping Barley (*Hordeum spp.*) with Legumes 457
H. Niksirat, E. Bijanzadeh and R. Naderi
- Zoning Agroclimatic Chickpea in the GIS Environment Case Study: Ardebil Province..... 471
B. Sobhani and E. Shokrzadeh
- Feasibility Study of Determination of Planting Areas for Wheat and Canola using GIS (Case Study: Maroon Basin of Khuzestan Province)..... 488
N. Heidarpour, H. Bahrami, Y. Mansoori and S. Hojjati
- Continue Content in cover

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه 89/22515 مورخه 89/9/28 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره 89/3/11/52479 مورخه 89/9/8 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد 10 شماره 2 تابستان 1397

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: 10 نسخه

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

پستی: 91775-1163

نمابر: 051-38787430

تلفن: 051-38804654

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)



مندرجات

- 299 تأثیر مدیریت‌های تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.)
نفیسه کماستانی، پرویز رضوانی مقدم، محسن جهان و فاطمه رنجبر
- 313 ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط جایگزینی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill.)
حسام‌الدین سلوکی، مهدی نصیری‌محلاتی، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم
- 327 ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گاو زبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر مقادیر آبیاری و تراکم بوته
محبوبه عبدالهی مایوان، سرور خرم دل، علیرضا کوچکی و رضا قربانی
- 340 ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برخی گیاهان زراعی در استان کرمانشاه
اشکان عسگری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی
- 353 شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی ایران: - معرفی گیاهان کم بهره‌برداری شده و فراموش شده
علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، اشکان عسگری و رضا رستمی
- 368 برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک)
سید مهدی جوادزاده، پرویز رضوانی مقدم، محمد بنایان اول و جواد اصیلی
- 386 بررسی سیستم‌های کشت ارگانیک و متداول تولید زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در منطقه زاهدان
عیسی پیری، زهرا وحیدیان، ابوالفضل توسلی و مهدی بابائیان
- 400 اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه نیکشهر
حمیدرضا مبصر، شه‌دوست برجسته و عباس کشته‌گر
- 416 تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی
جواد حمزه‌ئی و محسن سیدی
- 430 نقش تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری ایتروباکتر بر بهبود عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در سطوح مختلف کود فسفر
فائزه محمدی کشکا، همت‌اله پردشتی، یاسر یعقوبیان و اسماعیل بخشنده
- 444 تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum spp.*) با حبوبات
سید حسام نیک‌سیرت، احسان بیژن زاده و روح اله نادری
- 459 پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کاشت نخود (*Cicer arietinum* L.) با روش AHP در محیط GIS مورد مطالعه: استان اردبیل
بهروز سبحانی و الهام شکرزاده
- 473 امکان‌سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه مارون استان خوزستان)
نصرت اله حیدرپور، هوشنگ بهرامی، یعقوب منصوری و سعید حجتی

- 490 اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر کیفیت علوفه و دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی
 احمد قاسمی، احمد قنبری، براتعلی فاخری و حمید رضا فنایی
- 504 تأثیر الگوی کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.)
 الهام رفتاری، علی نخزری مقدم، مهدی ملاشاهی و حسین حسینی مقدم
- 516 پیش‌بینی عملکرد جو دیم و آبی (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)
 علیرضا باقری و ناصر سهرابی
- 529 انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در استان گلستان
 رضا عارفی، افشین سلطانی و حسین عجم نوروزی
- 547 تأثیر الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)
 مهدیه رجایی، مهدی دهمرده، عیسی خمیری و بهروز کشته‌گر
- 565 تأثیر ژنولیت، میکوریزا و سوپر جاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) در خاک-های آلوده به فلزات سنگین معادن متروکه سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد)
 ریحانه عظیمی، غلامعلی حشمتی، محمد فرزاد و مرتضی گلدانی
- 580 ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ارقام مختلف شلتوک برنج (*Oryza sativa* L.) در شهرستان کردکوی
 زهرا همایونی، لیلی ابوالحسنی و محمود صبوخی

اسامی ارزیابان جلد 10 شماره 2 (تابستان 1397) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر محمد آرمین	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار	دکتر یاسر عزیزاده	دانشگاه ایلام
دکتر قربانعلی اسدی	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر حمیدرضا فلاحی	دانشگاه بیرجند
دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی	دکتر حسن فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر یحیی امام	دانشگاه شیراز	دکتر اسماعیل قلی نژاد	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر محمدبهزاد امیری	مجتمع آموزش عالی گناباد	دکتر بهنام کامکار	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر افسانه امین غفوری	دانشگاه پیام نور خراسان رضوی	دکتر مرتضی گلدانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سارا بخشائی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر محمدحسین لباسچی	مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
دکتر امیربهزاد بذرگر	دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور	دکتر المیرا محمدوند	دانشگاه گیلان
دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر هدا محمدی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سید علیرضا بهشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	دکتر روح اله مرادی	دانشگاه کرمان واحد بردسیر
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	دکتر سیدشهاب الدین معین الدینی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مژگان ثابت تیموری	جهاد دانشگاهی مشهد	دکتر سمانه نجیب نیا	آموزش و پرورش واحد خراسان رضوی
دکتر محمدجواد ثقه الاسلامی	دانشگاه آزاد بیرجند	دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محسن جهان	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر شهرام نوروززاده	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر فاطمه حسن زاده اول	پژوهشکده بوعلی	دکتر جواد وفابخش	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر سعید خاوری خراسانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی		
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد		
دکتر اسماعیل رضائی چپانه	دانشگاه ارومیه		
دکتر محمود رمودی	دانشگاه زابل		
دکتر سیما سهرابی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد		
دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه تربت حیدریه		
دکتر علیرضا سیروس مهر	دانشگاه زابل		
مهندس حامد ظریف کتابی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی		

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.



تأثیر مدیریت‌های تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.)

نفسیه کامیستانی¹، پرویز رضوانی مقدم^{2*}، محسن جهان³ و فاطمه رنجبر⁴

تاریخ دریافت: 1392/06/12

تاریخ پذیرش: 1393/08/21

کامیستانی، ن.، رضوانی مقدم، پ.، جهان، م.، و رنجبر، ف. 1397. تأثیر مدیریت‌های تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 299-312.

چکیده

امروزه مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در سیستم‌های زراعی رایج، سبب بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد کمی و کیفی محصولات و آلودگی منابع آب و خاک گردیده است. به منظور مطالعه اثرات کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای زیستی و آلی بر شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 90-1389 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و 15 تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: 1- کود زیستی میکوریزا (*Glomus intraradices*) 2- میکوریزا + کود گاوی، 3- میکوریزا + ورمی کمپوست 4- میکوریزا + کمپوست، 5- میکوریزا + کود شیمیایی، 6- کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus* sp.) به همراه گوگرد آلی بنتونیت‌دار، 7- بیوسولفور + کود شیمیایی 8- بیوسولفور + کود گاوی، 9- بیوسولفور + ورمی کمپوست، 10- بیوسولفور + کمپوست، 11- کود گاوی، 12- ورمی کمپوست، 13- کود شیمیایی، 14- کمپوست و 15- شاهد. نتایج این آزمایش در مورد صفات رشدی این گیاه نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ، میزان ماده خشک و سرعت رشد محصول به ترتیب در تیمارهای تلفیقی میکوریزا و شیمیایی (2/4)، بیوسولفور - ورمی کمپوست (348/74 گرم بر مترمربع) و بیوسولفور - ورمی کمپوست (14/42 گرم بر مترمربع در روز) و کمترین این صفات به ترتیب در تیمار کمپوست 1/35، تیمار کمپوست 200 گرم بر مترمربع و تیمار شاهد (4/93 گرم بر مترمربع در روز) به دست آمد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و بیوسولفور نقش چشمگیری در افزایش شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون داشت. علاوه بر این، مصرف تلفیقی کودهای زیستی در مقایسه با کاربرد منفرد منابع کودی، اثرات مثبت بیشتری بر صفات رشدی انیسون داشت.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، میکوریزا، بیوسولفور، ورمی کمپوست

مقدمه

شیمیایی، سبب بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد کمی و کیفی محصولات و آلودگی منابع آب و خاک گردیده است. کودهای شیمیایی نیازهای غذایی محصولات را در کوتاه مدت فراهم می‌سازند و بدین ترتیب کشاورزان حاصلخیزی درازمدت خاک و فرآیندهای کنترل‌کننده آن را با مصرف این کودها به فراموشی سپرده‌اند. از این رو نظام‌های کشاورزی اکولوژیک و کم‌نهاد می‌توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای سیستم‌های رایج در نظر گرفته شوند و باعث پایداری نظام‌های تولید و حفظ سلامت محیط‌زیست گردند (Wallace, 2001). در راستای کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و نیز احیای اکوسیستم‌های زراعی در کنار کاهش

افزایش روز افزون جمعیت کره زمین و نیاز به غذا، موجب پیشرفت سریع تکنولوژی کودهای شیمیایی و مصرف آن‌ها به عنوان منبع تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در دنیا شده است (Nassiri Mahallati et al., 2001). همچنین مصرف بی‌رویه کودهای

1. 2 و 3 - به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکرواکولوژی، استاد، دانشیار و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: rezvani@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v10i2.32837

وابستگی به منابع غیر قابل تجدیدی که در تولید کودهای شیمیایی استفاده می‌شوند، استفاده از کودهایی که برگرفته از محیط‌زیست هستند، به‌عنوان یک راه قابل جایگزین شناخته شده است (Kizilkaya, 2008). به نظر می‌رسد که با یک مدیریت خوب و صحیح در نتیجه استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌توان شرایط تغذیه‌ای بهتری را برای گیاه فراهم کرد و در مسیر احیای اکوسیستم-های زراعی و نیز توسعه کشاورزی پایدار قدم برداشت (Kizilkaya, 2008).

امروزه گیاهان دارویی معطر جایگاه ویژه‌ای در سطح جهانی به خود اختصاص داده‌اند. انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره چتریان¹ با نام انگلیسی Anise و نام عمومی بادیان رومی است. اسانس انیسون تسکین دهنده اسپاسم‌های معده، دارای اثرات ضد تشنجی و محرک غدد شیری در زنان شیرده (Askari et al., 1998)، نیرو دهنده دستگاه گوارش (Omid Bygi, 2000) مقوی نیروی جنسی و در عفونت‌های دستگاه ادراری (Ahwazi et al., 2010) کاربرد دارد.

فرآیند رشد گیاهان زراعی از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. از نظر زراعی، مطالعه عملکرد مورد نظر بوده که به نوبه خود به عوامل مدیریت (تغذیه، آبیاری، تناوب) مرتبط است، اما درک اکولوژی تولید، تفسیر یافته‌ها در سطح زراعی بر مبنای وقایع و فرآیندها در سطح فیزیولوژیکی متمرکز است (Nassiri Mahallati, 2000). آنالیز رشد روش با ارزشی در بررسی کمی رشد و نمو و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود و نیز روشی پر قدرت برای تخمین بلندمدت تولید خالص فتوسنتزی است (Sarmadnia & Koocheki, 1989; Chiariello et al., 1989; Blackman, 1919).

ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2001) با بررسی تأثیر استفاده از کود زیستی مایکوریزا و کود شیمیایی در گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بیان داشتند که تجمع ماده خشک این گیاه تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی مایکوریزا قرار گرفت. این محققین همچنین بیان داشتند که سرعت رشد لوبیا و سرعت رشد نسبی گیاه تحت تأثیر کود زیستی افزایش یافت. تاکور و پنوار (Thakur & Panwar, 1997) نیز گزارش کردند که مایکوریزا باعث افزایش 9/1 درصدی در سطح برگ گیاه لوبیا شد.

مکی‌زاده و همکاران (Makkizadeh et al., 2011) طی بررسی خود در مورد تأثیر کاربرد کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بیان کردند که بالاترین میزان ماده خشک در این گیاه در طی دو برداشت در تیمارهای تلفیقی کود زیستی به همراه کود شیمیایی به‌دست آمد. نتایج بررسی تأثیر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد گیاه دارویی ریحان نشان داد که در بین تیمارهای به‌کار برده کود آلی ورمی کمپوست از لحاظ ارتفاع بوته، عملکرد برگ و عملکرد تر و خشک بیولوژیک بیش‌تر از سایر تیمارها بود (Tahami Zarandi et al., 2010). ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2011) با بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد لوبیا در پاسخ به کود زیستی میکروبی فسفات و کود شیمیایی فسفر بیان داشتند که تجمع ماده خشک تحت تأثیر کودهای شیمیایی فسفر و کود زیستی میکروبی قرار گرفت و سطوح 75 درصد و 50 درصد کود شیمیایی فسفر و همچنین استفاده از کود زیستی میکروبی فسفات دارای بیش‌ترین وزن خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص بود. محمدی و همکاران (Mohamadi et al., 2013) با بررسی تأثیر تلقیح قارچ مایکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر برخی شاخص‌های رشد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان داشتند که تیمارهای تلفیقی کود زیستی مایکوریزا به همراه کودهای شیمیایی تأثیر به مراتب بهتری بر شاخص‌های رشدی این گیاه داشته ضمن این‌که میزان مصرف کودهای شیمیایی را تا 50 درصد کاهش داد.

از آنجایی که تحقیقی راجع به اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر روی شاخص‌های رشدی گیاه دارویی انیسون انجام نگرفته است، بنابراین در این آزمایش به بررسی اثر کودهای زیستی و دامی و شیمیایی بر خصوصیات رشدی گیاه انیسون پرداخته شده است. به نظر می‌رسد اطلاعات حاصل از این گونه آزمایشات می‌تواند ضمن افزایش بازده اقتصادی برای تولیدکنندگان به‌عنوان ابزاری در جهت توسعه سیاست‌های کشاورزی هم‌راستا با محیط‌زیست به‌کار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال زراعی 90-1389، واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی 59 درجه، 28 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح

دریا) اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق 0-30 سانتی‌متر صورت گرفت و همراه با کودهای آلی مورد استفاده، مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول‌های 1 و 2).

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
Loam لومی	0.59	7.24	135	13.2	0.063	3.21

جدول 2 - نتایج تجزیه شیمیایی کودهای گاوی، ورمی کمپوست و کمپوست
Table 2- Chemical properties of experimental fertilizer (manure, vermi compost and compost)

نوع کود Fertilizer	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
کود گاوی Cow manure	0.57	0.09	1.1	6.8	6.1
ورمی کمپوست Vermi compost	1.3	1.3	1.2	6.9	5
کمپوست Compost	1.3	1.1	1.1	7.5	8.1

و پشته‌هایی به عمق 20 سانتی متر و فاصله 60 سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها (3×3 متر) فاصله دو کرت اصلی و فاصله بلوک‌ها نیز یک متر در نظر گرفته شد. توصیه کودی بر اساس نمونه خاک ارسالی به آزمایشگاه 100 کیلوگرم فسفر، 150 کیلوگرم پتاسیم و 100 کیلوگرم نیتروژن برای این گیاه ارائه گردید.

سپس مقدار نیتروژن توصیه شده به‌عنوان معیار تعیین مقادیر تیمارهای کودی ورمی کمپوست، کمپوست و کود گاوی قرار داده شد. بر اساس مقدار نیتروژن تیمار کودشیمیایی (100 کیلوگرم در هکتار)، مقدار تیمارهای کود ورمی کمپوست و کمپوست هریک به تنهایی 3850 کیلوگرم در هکتار و مقدار تیمار کود گاوی 16 تن در هکتار محاسبه گردید. لازم به توضیح است که بر اساس منابع موجود عناصر غذایی کود گاوی تماماً در در سال اول آزاد نمی‌شود و تنها به میزان 40 تا 50 درصد آن در سال اول کاربرد، برای گیاه قابل استفاده است (Pimentel, 1993). لذا مقدار کود گاوی به میزان دو برابر معادل نیتروژن کود شیمیایی لحاظ شد. کودهای آلی مورد استفاده یک ماه

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: 1- کود زیستی میکوریزا (*Glomus intraradices*) 2- میکوریزا + کود گاوی، 3- میکوریزا + ورمی کمپوست، 4- میکوریزا + کمپوست، 5- میکوریزا + کود شیمیایی، 6- کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus sp.*) به‌همراه گوگرد آلی بنتونیت‌دار، 7- بیوسولفور + کود شیمیایی، 8- بیوسولفور + کود گاوی، 9- بیوسولفور + ورمی کمپوست، 10- بیوسولفور + کمپوست، 11- کود گاوی، 12- ورمی کمپوست، 13- کود شیمیایی، 14- کمپوست و 15- شاهد

به‌منظور اجرای این آزمایش زمینی که طی دو سال گذشته آیش بود انتخاب و مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک زنی در اسفندماه انجام شد. قبل از استفاده از ردیف‌ساز، کودهای مورد استفاده در طرح در کرت‌های مورد نظر به طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل وارد خاک شد. سپس با استفاده از شیارساز، جوی

خشک هر نمونه ثبت و بر مبنای متر مربع محاسبه شد. محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) تحت تأثیر تیمارهای مختلف در طول فصل رشد با استفاده از معادله زیر صورت گرفت (Sarmdnia & Koocheki, 2003).

$$\text{معادله (1)} \quad \text{گرم بر متر مربع در روز} \quad \text{CGR} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

در این معادله، t_1 : زمان نمونه‌گیری اول (روز)، t_2 : زمان نمونه‌گیری دوم (روز)، W_1 : وزن خشک گیاه در هنگام نمونه‌برداری اول (گرم در مترمربع)، W_2 : وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم (گرم در مترمربع) می‌باشد.

همزمان با رسیدگی و زرد شدن بوته‌ها در تاریخ 12 تیرماه، پس از حذف اثر حاشیه، زیست‌توده کل گیاه انیسون از مساحتی معادل 5 مترمربع برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد، عملکرد بذر و ماده خشک تعیین گردید.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزارهای آماری SAS Ver. 9.1 و MINITAB ver. 16 استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. به‌منظور رسم شکل از MS Excel ver. 11 استفاده شد.

نتایج و بحث

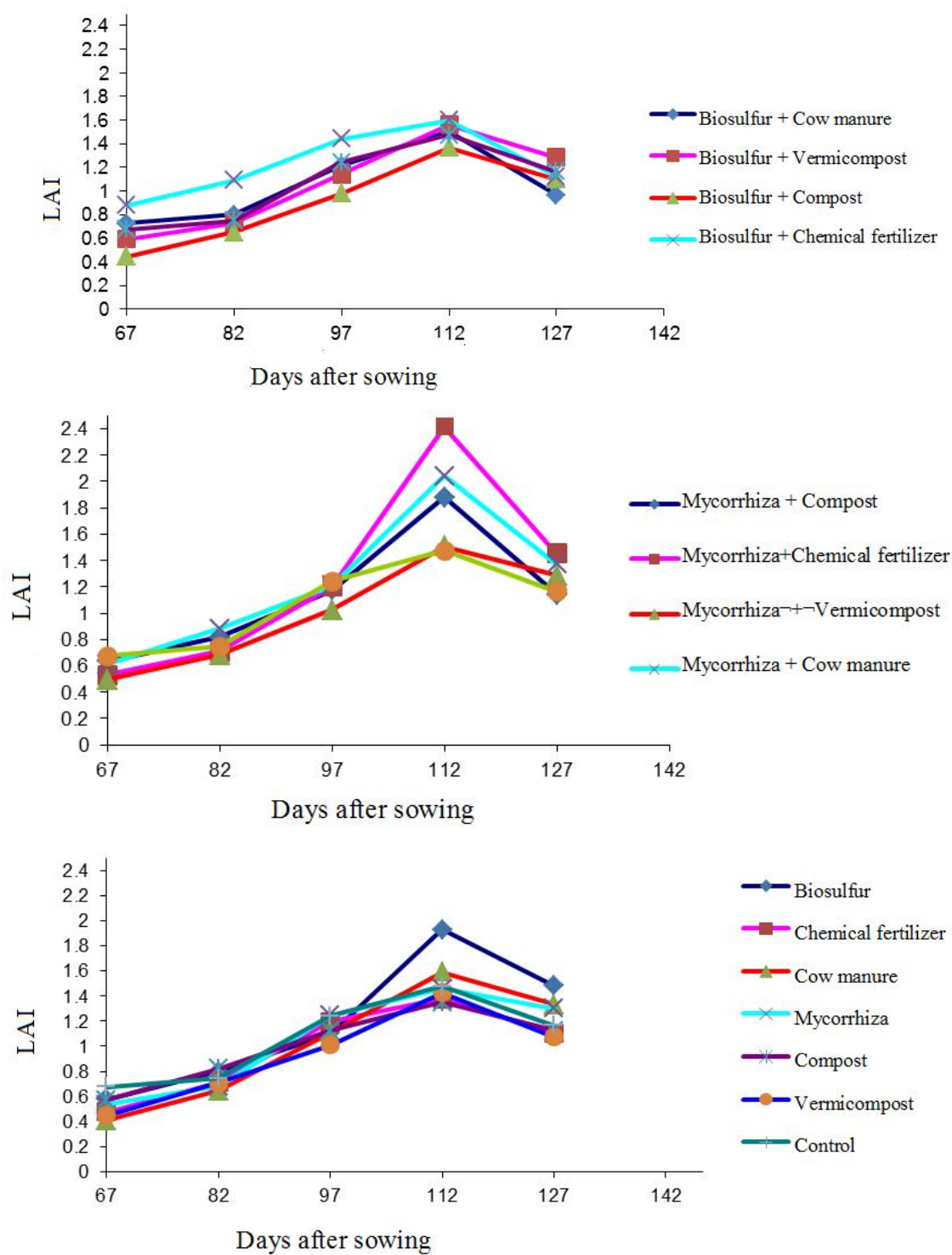
شاخص سطح برگ (LAI)

بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد نشان داد که در تیمارهای مختلف روند افزایش شاخص سطح برگ انیسون تا روز 67 پس از کشت کند و بعد از آن تا روز 112م افزایش پیدا کرد و سپس به‌دلیل زرد شدن و ریزش برگ‌ها کاهش یافت. زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها نسبتاً یکسان بود. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ انیسون در 112 روز پس از کشت به ترتیب در تیمار تلفیقی میکوریزا و کود شیمیایی (2/4) و کمپوست به تنهایی (1/35) مشاهده شد (شکل 1). به‌نظر می‌رسد که افزایش سطح برگ انیسون، به‌دلیل تأثیر تلقیح با کودهای بیولوژیک و استفاده از کود شیمیایی بر افزایش، فراهمی و جذب بهتر عناصر باشد. قارچ میکوریزا با تولید هورمون‌های گیاهی می‌تواند سبب افزایش رشد ریشه شود بنابراین سبب افزایش ظرفیت جذب عناصر غذایی (Barea et al., 2005) و نهایتاً با افزایش میزان فتوسنتز منجر به افزایش سطح برگ می‌شود.

قبل از کاشت به زمین اضافه و به‌وسیله بیل با خاک مخلوط شدند. تمامی کودهای فسفر و پتاسیم و یک سوم از نیتروژن (کود شیمیایی) هم‌زمان با کشت به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه شد و باقیمانده کود نیتروژن در طی دو مرحله به صورت سرک یکی در مرحله پنج برگی گیاه و دیگری در ابتدای ساقه‌دهی استفاده شد. کود بیولوژیک میکوریزا، (قارچ میکوریزا آربوسکولار گونه *Glomus intraradices*) از مایه تلقیح میکوریزایی که شامل اسپور، هیف و ریشه میکوریزایی بود که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد و صد گرم از آن ضمن رعایت توصیه‌های لازم هم‌زمان با یک کیلوگرم بذر مرطوب شده با آب آغشته شد. کود زیستی بیوسولفور نیز (حاوی باکتری تیوباسیلوس $CFU/g=10^9$) به همراه گوگرد آلی بتنویت‌دار هم‌زمان با کشت در زیر بذر و بر اساس مقدار توصیه شده توسط شرکت زیستی مهر آسیا (250 کیلوگرم گوگرد به همراه پنج کیلوگرم بیوسولفور در هر هکتار) استفاده شد. بذره‌های گیاه انیسون در تاریخ 1389/12/28 در دو طرف پشته به صورت پر کشت شد و با توجه به خواب بذر، قبل از کشت در محلول نیترات پتاسیم 0/2 درصد به مدت 48 ساعت خیسانده شدند و سپس به مزرعه منتقل شدند (Ghasemi Pirbaluti et al., 2007) بذور مورد استفاده توده بومی سبزوار بود که از بازار تهیه شد.

عمل تنک گیاه و وجین علف‌های هرز در دو مرحله چهار و شش برگی انیسون انجام گرفت و نهایتاً تراکم این گیاه به 66 بوته در متر مربع رسید. به دلیل اثر نامطلوب سموم شیمیایی روی گیاهان دارویی، عملیات وجین علف‌های هرز در چند نوبت به‌صورت دستی توسط کارگر انجام شد.

در طی فصل رشد به منظور تعیین روند رشد و سطح برگ گیاه دارویی انیسون، نمونه‌برداری از تاریخ 1390/3/5 شروع و با فاصله 15 روز یک‌بار تا پایان فصل رشد انجام گردید. نمونه‌گیری از 1/5 متر انتهایی هر کرت با حذف دو ردیف کناری و 50 سانتی‌متر از انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای و از دو ردیف وسط صورت گرفت. در هر نمونه‌گیری پنج بوته (کوادرات 25×30 سانتی‌متر) به‌طور تصادفی انتخاب و سپس جهت محاسبه سطح برگ و ماده خشک به آزمایشگاه منتقل شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Area Measurement System مدل Licor) تعیین گردید. سپس نمونه‌ها در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 48 ساعت خشک شدند، سپس توزین و وزن



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ انیسون در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی به صورت منفرد و تلفیقی
Fig. 1- Anise LAI trends in use of individual and integrated organic and biological fertilizers

تیمار ترکیبی بیوسولفور و ورمی کمپوست (14/42 گرم بر مترمربع در روز) مشاهده شد و کمترین CGR مربوط به تیمار شاهد (4/93 گرم بر مترمربع در روز) بود (شکل 3). گزارش شده است که اسید-هیومیک موجود در ورمی کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (Arancon et al., 2005) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Arancon et al., 2004) باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه می‌شود. دکا و دیلیپ (Deka and Dileep, 2002) در تحقیقات خود افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان را در اثر تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و آزوسپریلیوم گزارش کردند.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها در این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (1263/4 کیلوگرم در هکتار) از گیاهان تحت تیمار بیوسولفور و کمترین (793/7 کیلوگرم در هکتار) آن تحت تیمار کمپوست حاصل شد، به‌طوری‌که استفاده از بیوسولفور عملکرد دانه را 59/17 درصد نسبت به مصرف کمپوست، افزایش داد. کاربرد منابع کودی مختلف به‌غیر از بیوسولفور+کودگاو و میکوریزا+کودشیمیایی، تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد را در پی نداشت (جدول 4)، همچنین بین تمامی تیمارهای مورد آزمایش به‌جز بیوسولفور در مقایسه با تیمار کود شیمیایی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. افزایش عملکرد در نتیجه کاربرد بیوسولفور نسبت به کود شیمیایی 31 درصد بود. کودهای بیولوژیک تأثیر مثبتی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی دارند (Kapoor et al., 2004)، لذا به‌نظر می‌رسد که استفاده از بیوسولفور در افزایش عملکرد دانه انیسون مؤثر بوده است. به‌دلیل وجود خاک‌های قلیایی در بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی کشور، وجود باکتری تیوباسیلوس به‌عنوان کود بیولوژیک با تولید اسید سولفوریک و کاهش pH خاک‌های قلیایی می‌تواند در افزایش حلالیت عناصر پرمصرف و کم‌مصرفی مانند فسفر، آهن، منگنز و روی و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه در این خاک‌ها مؤثر باشد (Foroghi and Porkasmani, 2002).

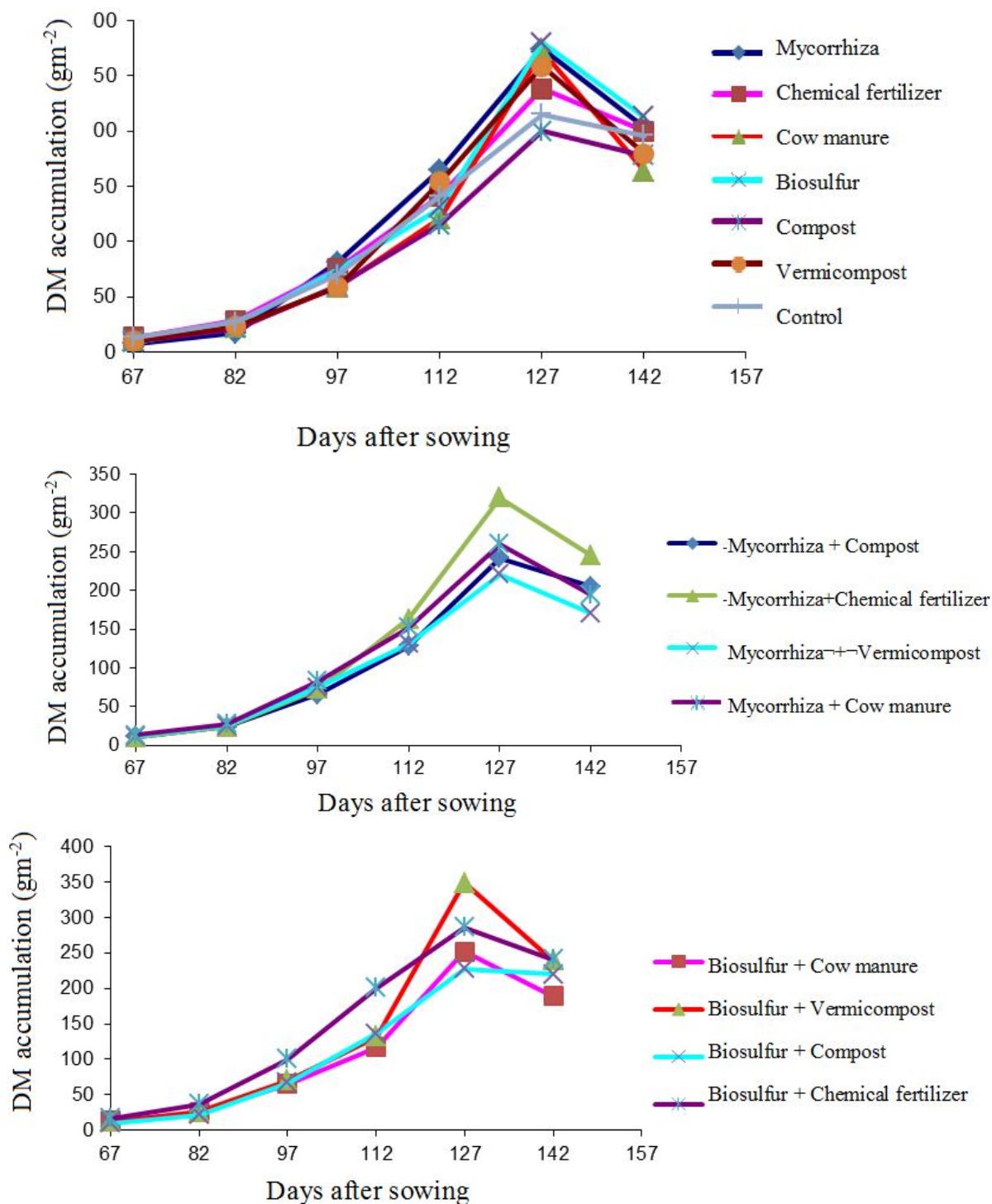
همچنین وجود کود شیمیایی سرعت رسیدن به حداکثر سطح برگ در گیاه انیسون را افزایش داد. تاکور و پانوار (Thakur & Panwar, 1997) نیز گزارش کردند که میکوریزا باعث افزایش 9/1 درصدی در سطح برگ گیاه لوبیا شد.

تجمع ماده خشک (DM)

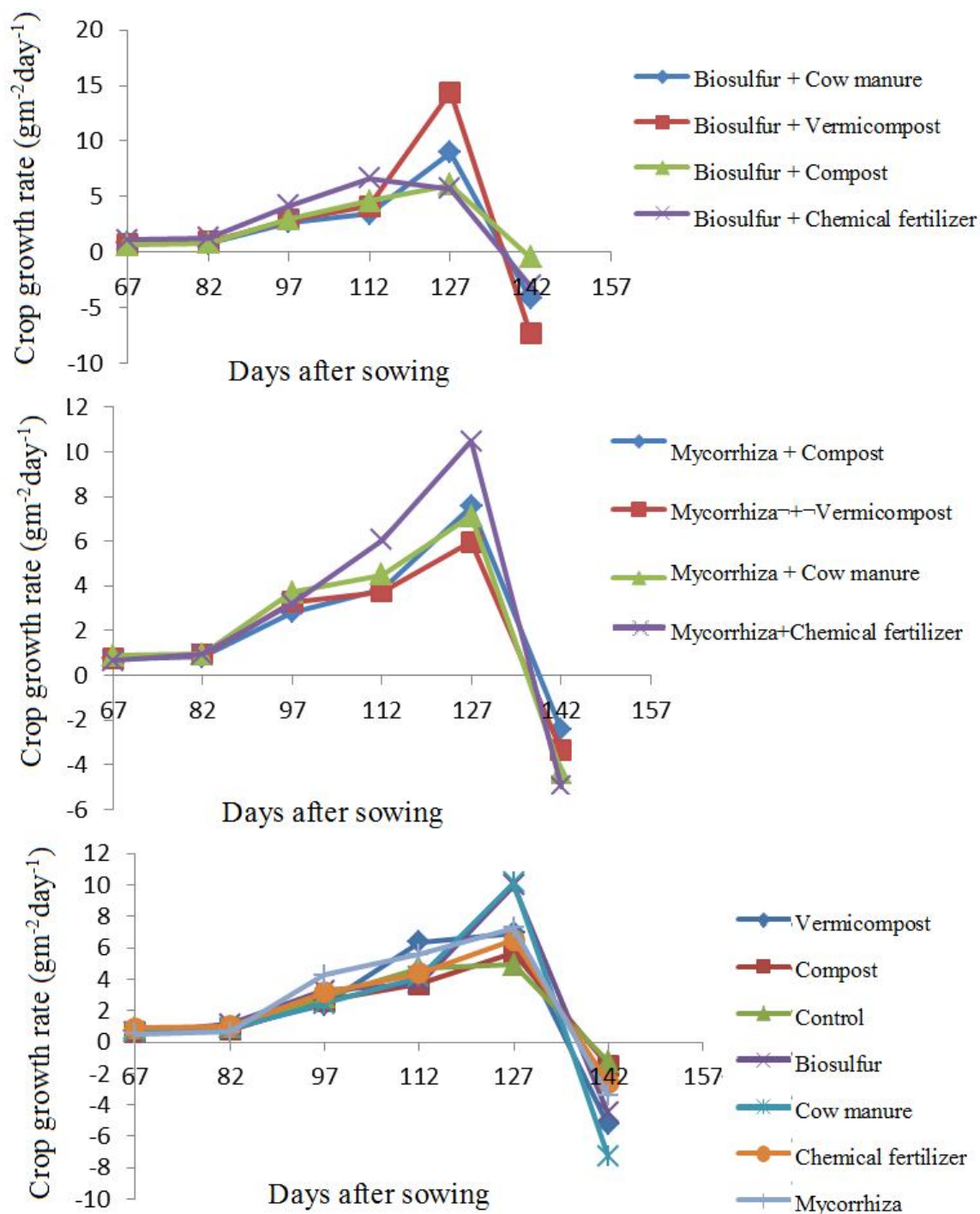
روند تجمع ماده خشک در گیاه انیسون تا حدود 127 روز پس از کاشت به صورت افزایشی بود. بیشترین میزان تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در تیمار تلفیقی بیوسولفور و ورمی کمپوست (348/74 گرم بر مترمربع) مشاهده شد و تیمار میکوریزا و کود شیمیایی (320/1 گرم بر مترمربع) در درجه دوم اهمیت بود. کمترین میزان تجمع ماده خشک در نتیجه کاربرد کمپوست (200 گرم بر مترمربع) حاصل شد. بیشترین مقدار تجمع ماده خشک در انیسون در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها همزمان و در حدود 127 روز پس از کشت انیسون مشاهده شد (شکل 2). به‌نظر می‌رسد که وجود باکتری تیوباسیلوس عمل اکسیداسیون گوگرد را تشدید می‌کند، گوگرد به‌دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش pH خاک را دارا بوده و بنابراین کاهش pH می‌تواند به‌خصوص در منطقه ریزوسفر، در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر برای رشد گیاه مانند فسفر و آهن مؤثر واقع شود (Besharati & Saleh Rastin, 1999). وجود حاصلخیز کننده‌های خاک مانند ورمی کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی آن باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه شده و از این طریق باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و بهبود تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Amin Ghafouri, 2010). نتایج تحقیقات (Derakhshande, 1998; Samar & Malakuti, 1999; por et al., 1999) همگی دلالت بر این دارند که مصرف توام گوگرد و کودهای آلی اثری به مراتب بهتر از گوگرد تنها در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک داشت.

سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate)

بیشترین میزان CGR در انیسون در 127 روز پس از کشت در



شکل 2- روند تغییرات ماده خشک انیسون در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی به صورت منفرد و تلفیقی
Fig. 2- Anise DM trends in use of individual and integrated organic and biological fertilizers



شکل 3- روند تغییرات سرعت رشد گیاه انیسون در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی به صورت منفرد و تلفیقی
 Fig. 3- Anise CGR trends in use of individual and integrated organic and biological fertilizers

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه انیسون تحت تأثیر کودهای مختلف
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of quantitative and qualitative characteristics of different fertilizers on anise

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
S.O.V	df	Seed yield	Biological yield
تکرار	2	53084 ^{ns}	111419 [*]
Replication			
تیمار	14	48214 [*]	43164 [*]
Treatment			
خطا	28	19776	194221
Error			
ضریب تغییرات (%)	-	13	12.7
C.V (%)			

ns و * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد
ns, * and **: are significant at 5 and 1% probability level respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین‌های عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه انیسون تحت تأثیر کودهای مختلف
Table 4- Mean comparison of seed and DM yield of anise under different fertilizers

تیمارها	عملکرد ماده خشک	عملکرد دانه
Treatment	(کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	(کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
شاهد	3238 ^{b*}	856 ^{de}
Control		
گاوی	3202 ^b	957 ^{bcde}
Cow manure		
کمپوست	3116 ^b	793 ^e
Compost		
ورمی کمپوست	3133 ^b	903 ^{cde}
Vermicompost		
شیمیایی	3666 ^b	964 ^{bcde}
Chemical fertilizer		
بیوسولفور	3806 ^{ab}	1263 ^a
Biosulfur		
میکوریزا	3350 ^b	1026 ^{abcde}
Mycorrhiza		
میکوریزا+کود گاوی	3266 ^b	982 ^{bcde}
Mycorrhiza + Cow manure		
میکوریزا+ورمی کمپوست	3366 ^b	984 ^{bcde}
Mycorrhiza+Vermicompost		
میکوریزا+شیمیایی	3416 ^b	1015 ^{abcde}
Mycorrhiza+Chemical fertilizer		
میکوریزا+کمپوست	3733 ^{ab}	1193 ^{ab}
Mycorrhiza + Compost		
بیوسولفور+گاوی	3216 ^b	1134 ^{abc}
Biosulfur + Cow manure		
بیوسولفور+کمپوست	3146 ^b	907 ^{cde}
Biosulfur + Compost		
بیوسولفور+ورمی کمپوست	3845 ^{ab}	993 ^{bcde}
Biosulfur + Vermicompost		
بیوسولفور+شیمیایی	4504 ^a	1124 ^{bcd}
Biosulfur + Chemical fertilizer		

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.
*Similar letters at each column explain non significancy based on Dancan test.

عملکرد ماده خشک

بین تیمارهای کودی از نظر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول 5)، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به‌ترتیب در اثر تیمار تلفیقی بیوسولفور + شیمیایی (4504/1 کیلوگرم) و تیمار کمپوست (3116/7 کیلوگرم) مشاهده شد (جدول 4). کاربرد جداگانه و تلفیقی تمامی تیمارها به‌جز تیمار تلفیقی بیوسولفور + کود شیمیایی تفاوت چشمگیری را نسبت به تیمار شاهد نشان نداد، به‌طوری‌که استفاده از تیمار تلفیقی بیوسولفور + شیمیایی در مقایسه با کاربرد منفرد تمامی کودها به‌جز تیمار منفرد بیوسولفور، عملکرد ماده خشک گیاه دارویی انیسون را 26 درصد و در مقایسه با تیمار شاهد 38 درصد بهبود بخشید. مصرف فسفر و پتاسیم به‌همراه کود نیتروژن نقش به‌سزایی در بهبود مراحل نمو و نیز فعالیت‌های متابولیکی گیاهان دارد (Niyakan et al., 2004)، لذا به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی بیوسولفور و کود شیمیایی به‌دلیل اثرات هم‌افزایی باعث بهبود عملکرد

ماده خشک گیاه انیسون شد. در آزمایشی، روی گیاه دارویی *Phyllanthus amarus* در اثر مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات عملکرد ماده خشک در مقایسه با تیمار شاهد بهبود یافت (Kapoor et al., 2008).

نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد که تلقیح بذر گیاه انیسون با کودهای بیولوژیکی مثل مایکوریزا و بیوسولفور احتمالاً از طریق تحریک تولید هورمون‌های محرک رشد، سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی و نهایتاً سبب تأثیر بر شاخص‌های رشدی این گیاه گردید. بهبود شاخص‌های رشدی نیز می‌تواند نهایتاً منجر به بهبود عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گردد. تلفیق این کودها با سایر کودهای آلی و حتی با کودهای شیمیایی تأثیرات به مراتب بهتری نسبت به کاربرد منفرد این کودها خواهد داشت.

منابع

- Ahwazi, M., Aghdam, A., and Habib Khanyany, B. 2010. Seeds of medicinal plants, morphology, physiology and pharmacological properties. Jahad Daneshgahi Tehran. Tehran p. 207. (In Persian)
- Amin Ghafouri, A. 2010. Effect of cover crops and organic fertilizers on weed populations, yield and yield components of medicinal plants of castor oil (*Ricinus communis*). Msc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Arancon, N.Q., Lee, S., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., and Lucht, C. 2005. Effects of vermicompost produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297-306.
- Askari, F., Sefidkan, F., and Mirza, M. 1998. Quality and quantity of compounds in anise oil (*Pimpinella anisum*). *Research and Development* 11: 64-74. (In Persian with English Summary)
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., and Azcon-Aguilar, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 56: 1761-1778.
- Besharati, H., and Saleh Rastin, N. 1999. Effect of inoculum of bacteria *Thiobacillus P* uptake increased with sulfur. *Journal of Soil and Water Sciences* 1: 23-39. (In Persian with English Summary)
- Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany* 33: 353-360.

Chiariello, N.R., Mooney, H.A., and Williams, K. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues In: R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney and P.W. Rundel (Eds.) *Physiological Plant Ecology: Field Methods and Instrumentation*. Chapman and Hall, New York p. 327-366 .

Deka, B.H.P., and Dileep, K.B.S. 2002. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent *Pseudomonas* strain. *Folia Microbiol* 47: 137-143.

Derakhshande Por, A., Yazdani, H., and Salehi, M. 1999. Effects of organic manure, compost and sulfur on increased of soil phosphorus. The Sixth International Congress of Soil Science, Mashhad, Iran, 11-14 March 2007 p. 91-96. (In Persian)

Foroghi Far, H. and Porkasmani, M.A. 2002. Science and soil management. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad p. 213. (In Persian)

Ghasemi Pirbaluti, A., Golparvar, A., Riahi Dehkordy, M., and Navid, A. 2007. Effect of different treatments on dormancy and stimulate seed germination of five species of medicinal plants Chahar Mahal Bakhtiari region. *Research and Development* 74: 185-192. (In Persian with English Summary)

Kapoor, R. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *BioresourceTechnology* 93: 307-311.

Kapoor, R. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae* 116: 227-239.

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33:150-156.

Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M., and Khavazi, K. 2011. The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agriculture Science and Sustainable Products* 22: 2-11. (In Persian with English Summary)

Mohamadi, A., Asghari, H.R., and Gholami, A. 2013. Effect of inoculation with mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on growth indices of chickpea cultivar Hashem (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agroecology* 5: 263-271. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M. 2000. Modelling of crop growth processes. Jihad, Mashhad University Press, Mashhad, Iran p. 200. (In Persian)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. *Agroecology*. (Translation). Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran 460 pp. (In Persian)

Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., and Mirakhuri, M. 2011. Effect of use microbial zinc granulated phosphorous bio fertilizer on growth indices of bean. *Plant and Breeding* 8: 111-126. (In Persian with English Summary)

Niyakan, M. 2003. Effects of different ratios of N.P.K fertilizers on fresh weight, dry weight, leaf area and the amount of Peppermint essential oil (*Mentha piperita* L.). *Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran* 21(2): 131-148. (In Persian with English Summary)

- Omid Bygi, B. 2000. Approach to Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi, Mashhad Press, Mashhad, Iran p. 423. (In Persian)
- Pearcy, D. 1999. Plant Physiological Ecology: Field Methods and Instrumentation. Hall, London p. 327-365.
- Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agriculture and Environment Ethics 6: 53-60.
- Samar, S., and Malakuti, M.J. 1998. Effect of sulfur, iron sulfate fertilizer and how to use them on the soil extractable Fe. Soil and Water Sciences 12: 61-55.
- Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1989. Crop Physiology. Jahad daneshgahi Press, Mashhad, Iran p. 467. (In Persian)
- Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2003. Crop Physiology. Jihad Daneshgahi Press, Mashhad, Mashhad, Iran p. 400. (In Persian)
- Tahami Zarandi, M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of vegetative part of *Ocimum basilicum* L. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (In Persian)
- Thakur, A.K., and Panwar, J.D.S. 1997. Response of *Rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal* symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in greengram (*Phaseolus radiatus*). Indian Journal of Agricultural Sciences 67: 245-248.
- Wallace, J. 2001. Organic Field Crop Handbook. Canadian Organic Growers, Ottana, Ontari, p 448.



Effect of Nutrient Management on Growth Indices of Anise (*Pimpinella anisum* L.)

N. Kamayestani¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*}, M. Jahan³ and F. Ranjbar⁴

Submitted: 13-09-2013

Accepted: 12-11-2014

Kamayestani, N., Rezvani Moghaddam, P., Jahan, M., and Ranjbar, F. 2018. Effect of nutrient management on growth indices of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Agroecology. 10(2): 299-312.

Introduction

World population increasing need for food have prompted the rapid development of chemical fertilizer technology and also consumed them as a source of nutrition for the food production. Recently, chemical fertilizer consumption in conventional agro-ecosystems imbalanced soil nutrient, declined quantitative and qualitative crop yields, and polluted water and soil. Chemical fertilizers provide crop nutrients need in the short time, and thus farmers had forgotten long-time soil fertility and its controlling processes by using these fertilizers. Hence, ecological and low input farming systems can be considered as a suitable replacement for traditional systems, and they can sustain production systems and maintain environmental health. In order to reduce the pollution caused by the use of chemical fertilizers and the restoration of agro ecosystems, along with the reduction of the dependence on non-renewable resources used in the production of fertilizers, the use of fertilizers that are derived from the environments known as an alternative. It seems that with good and proper management of biological and organic fertilizers, we can provide better nutritional conditions for the plant, stepping in the path of regeneration of agroecosystems and sustainable agricultural development. Therefore, in this experiment, the effect of biological, manure and chemical fertilizers on the growth characteristics of anise plant has been studied. It seems that the information obtained from such experiments can increase the economic efficiency of producers as a means to develop agricultural policies that are consistent with the environment.

Materials and Methods

In order to study the effects of single and combined applications of biofertilizers and organic fertilizers on growth indices of Anise, a field experiment was conducted with 15 treatments based on a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in 2011. Treatments were: (1) Mycorrhiza (*Glomus traradices*), (2) Mycorrhiza + Cow manure, (3) Mycorrhiza+Vermicompost, (4) Mycorrhiza + Compost, (5) Mycorrhiza + Chemical fertilizer, (6) Biosulfur (*Thiobacillus* sp.), (7) Biosulfur + Chemical fertilizer, (8) Biosulfur + Cow manure, (9) Biosulfur + Vermicompost, (10) Biosulfur + Compost, (11) Cow manure, (12) Vermicompost, (13) Chemical fertilizer (NPK), (14) Compost and (15) Control. Plant thinning and weeding were carried out in two stages of four and six leaves of anise, and finally the plant density reached 66 plants per square meter. Due to the adverse effects of chemical pesticides on medicinal plants, weed operation was carried out manually by the worker on several occasions. During the growing season, in order to determine the grow trend and leaf area of the anise, the sampling was started from 25.05.2011 at intervals of 15 days until the end of the growing season. The leaf area was determined by the Leaf Measurement System Area (I-COR model) and then leaf area index and other growth indices were calculated. At the same time as the plants were matured and yellowed on first of July, after removing the marginal effect, the biomass of the whole Anise plant was harvested at an area equal to 5 square meters, and after drying in open air, seed yield and dry matter were determined. Data were analyzed, with SAS Ver. 9.1 and MINITAB Ver. 16 statistical softwares. Duncan multiple test was used to compare the means at a probability level of 5%. Figures also were drawn with Excel Ver. 11 M.S office.

Results and Discussion

1, 2, 3 and 4- Post Graduate Student of Agroecology, Professor, Associate Professor and PhD student of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.32837

The results indicated that the highest (2.4) and the lowest (1.35) leaf area index (LAI) were shown in combination of Mycorrhiza + Chemical fertilizer and compost treatments, respectively. The highest dry matter production (DM) (348.744 g.m^{-2}) and crop growth rate (CGR) ($14.42 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) were resulted from combination of biosulfur+vermicompost treatment. Compost and control treatments produced the lowest DM (200 g.m^{-2}) and CGR ($4.93 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$), respectively.

Conclusion

In generally, the results revealed that the application of organic and biological fertilizers particularly mycorrhiza and biosulfur had a significant effect on improving the growth indices of anise. Furthermore, the combined application of organic and biological fertilizers had higher positive effects on growth index than their single application.

Keywords: Biosulfur, CGR, LAI, Mycorrhiza



ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط جایگزینی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

حسام‌الدین سلوکی¹، مهدی نصیری محلاتی^{2*}، علیرضا کوچکی² و پرویز رضوانی مقدم²

تاریخ دریافت: 1392/08/15

تاریخ پذیرش: 1393/06/03

سلوکی، ح.، نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، و رضوانی مقدم، پ. 1397. ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط جایگزینی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 313-326.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی و ارزیابی کارایی مصرف نور در کشت مخلوط جایگزینی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) انجام گرفت. آزمایش با پنج تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1391-92 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ماریتیغال، کشت خالص رازیانه، کشت مخلوط 3:1 (25% رازیانه: 75% ماریتیغال)، کشت مخلوط 1:1 (50% رازیانه: 50% ماریتیغال) و کشت مخلوط 1:3 (75% رازیانه: 25% ماریتیغال) بودند. نتایج نشان داد که میزان تشعشع تجمعی جذب شده در تیمار کشت مخلوط 3:1 (25% رازیانه: 75% ماریتیغال) در مقایسه با سایر تیمارها در بالاترین مقدار بود. میزان کارایی مصرف نور، تشعشع تجمعی جذب شده و ماده خشک تجمعی در ماریتیغال در تمامی تیمارها بالاتر از رازیانه بود. همچنین کارایی مصرف نور این گیاه در طول فصل زراعی از 1/91 تا 2/36 گرم بر مگاژول تشعشع جذب شده متغیر بود و در تیمار کشت مخلوط 1:1 (50% رازیانه: 50% ماریتیغال) در مقایسه با سایر تیمارها به خصوص کشت خالص در بالاترین مقدار قرار داشت. مقادیر کارایی مصرف نور رازیانه نیز از 0/71 تا 1/39 گرم بر مگاژول تشعشع جذب شده متغیر و در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تک‌کشتی این گیاه بود. بر این اساس بهترین تیمار قابل توصیه برای کشت مخلوط ماریتیغال و رازیانه تیمار کشت مخلوط 1:1 (50% رازیانه: 50% ماریتیغال) می‌باشد که در آن میزان کارایی مصرف نور ماریتیغال در بالاترین حد (2/36 گرم بر مگاژول) و کارایی مصرف نور رازیانه نیز 0/93 گرم بر مگاژول بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش به نظر می‌رسد که استفاده از مخلوط‌های جایگزینی و ایجاد تنوع در ساختار و مدیریت مزرعه، رویکردی مفید در جهت افزایش کارایی مصرف منابع به‌ویژه نور باشد.

واژه‌های کلیدی: تشعشع جذب شده، تنوع زمانی، ضریب استهلاک نور، ماده خشک تجمعی

مقدمه

چگونگی تغییرات جذب نور در گیاهان آگاه بود. از دیدگاه کشاورزی درک چگونگی تغییرات نور در داخل کانوپی گیاهی، به‌خصوص هنگام بررسی نظام‌های گوناگون کشت مخلوط، سیستم‌های جنگل‌زراعی و حتی مدیریت گونه‌های غیرزراعی در داخل یک نظام کشت اهمیت دارد (Nassiri Mahallati et al., 2001). امروزه کشاورزی جهانی از یک طرف درصدد تأمین غذای جمعیت رو به افزایش جهان است و از طرف دیگر باید تولید روزافزون خود را بر اهداف محیطی و اجتماعی - اقتصادی جهان منطبق سازد. حصول این هدف نیازمند افزایش کارایی استفاده از منابع در تولید گیاهان عمده غذایی و نیز کشف

نور خورشید منبع اصلی انرژی در بوم‌نظام‌ها می‌باشد. نور توسط برگ‌ها جذب شده و انرژی آن طی فرآیند فتوسنتز، در پیوندهای شیمیایی ترکیبات آلی ذخیره می‌شود و نهایتاً به صورت بیوماس گیاهی در می‌آید. به‌منظور افزایش کارایی این فرآیند لازم است از

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد، گروه
اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/jag.v10i2.34659

مخصوص و فعال مفیدی با مقادیر بسیار کم در خود ذخیره می‌کنند. استفاده از آن‌ها برای درمان بیماری‌ها، بخش کوچکی از تاریخ تمدن بشر را شامل می‌شود (Davazdahemami & Majnoonhosseini, 2008; Ebrahimipour & Eydzadeh, 2008).

در رابطه با تأثیر تراکم و کود نیتروژن بر روی ضریب استهلاک و کارایی مصرف نور در گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) نتایج حاکی از آن است که افزایش تراکم موجب کاهش ضریب استهلاک نور و افزایش کارایی مصرف نور می‌شود ولی سطوح مختلف کود نیتروژن، تأثیر معناداری بر ضریب استهلاک و کارایی مصرف نور نخواهد داشت (Gholi Beygian et al., 2008). در بررسی تأثیر فصل کاشت و فاصله بوته در نحوه توزیع و میزان جذب نور در جامعه گیاهی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.) نیز گزارش شده که جذب نور در تمام عمق کانوپی برای همه ارقام و لاین‌های مورد بررسی در کشت بهاره بیشتر از کشت تابستانه بوده است. همچنین میزان وزن خشک بوته و عملکرد دانه متأثر از میزان کل جذب نور بوده و سهم نیمه بالایی و پائینی در جوامع گیاهی حاصل از ارقام مختلف در این باره تفاوت نشان داده است (Majd Nassiri et al., 2000).

ماریتیغال و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از جمله گیاهان با ارزش در زمینه استحصال داروهای گیاهی هستند. از طرفی هردو گونه جزو گیاهانی هستند که با آب و هوای مدیترانه‌ای، همچنین انواع خاک‌ها و حتی آب شور سازگاری مطلوبی دارند. توده‌های گوناگونی از این دو گونه در ایران موجود است که خصوصیات فنولوژیکی و مورفولوژیکی آن‌ها متفاوت می‌باشد و با شرایط اکولوژیکی ایران نیز سازگاری دارند. بنابراین با توجه به شرایط ایران از نظر منابع و همچنین کشت و پرورش گیاهان دارویی، به نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های بوم‌سازگار نظیر کشت مخلوط این گیاهان ارزشمند، راهکاری مناسب در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار بدون هرگونه اثرات سوء محیطی باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال زراعی 92-1391 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه

پتانسیل صدها گونه فراموش شده موجود در کشت‌های سنتی در محیط‌های حاشیه‌ای است (Banayan, 2002). در این راستا گرایش به سمت طراحی و مدیریت سیستم‌هایی که بر فرآیندهای اکولوژیکی تکیه داشته و جهت حفظ تولید و کنترل آفات وابستگی کم‌تری به مواد شیمیایی دارند (Jahan et al., 2013)، افزایش یافته است. از جمله این روش‌های مدیریتی می‌توان به کشت مخلوط اشاره کرد (Koocheki, 2001).

کشت مخلوط عبارت است از پرورش بیش از یک گیاه در یک سال زراعی و در یک قطعه زمین (Mazaheri, 1994). افزایش عملکرد مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است و از سطح زیرکشت استفاده بهتری می‌شود (Mirhashemi et al., 2008). دو اصل نظری برای درک مکانیسم‌های بهبود عملکرد در کشت‌های مخلوط در نظر گرفته شده‌اند که این دو اصل عبارتند از: اصل تولید رقابتی و اصل تولید مساعدتی. این دو اصل مفاهیم شناخته شده‌ای در اکولوژی محسوب می‌شوند (Javanshir et al., 2000). نتایج اغلب آزمایشات نشان داده است که مهم‌ترین مزیت کشت‌های مخلوط که از طریق شاخص‌هایی نظیر نسبت برابری زمین¹ (LER) سنجیده می‌شود، بالاتر بودن کارایی استفاده از منابع به‌ویژه نور (Koocheki et al., 2009; Hossein Panahi et al., 2010 and 2011; Alizadeh et al., 2010) آب و نیتروژن، در مقایسه با کشت‌های خالص می‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2011; Yika et al., 2012).

کشور ایران از تنوع اقلیمی زیاد و در نتیجه از تنوع بیولوژیکی بالایی برخوردار است به‌طوری‌که تعداد گونه‌های گیاهی موجود در ایران به 7900 گونه می‌رسد که 13 درصد آن را گیاهان دارویی تشکیل می‌دهند. از طرفی در سال‌های اخیر به دلیل اثرات سوء جانبی برخی از داروهای صنعتی، گرایش به استفاده از داروهای گیاهی در اکثر جوامع بشری رو به گسترش می‌باشد. لذا کشت و کار بسیاری از گیاهان دارویی که به‌صورت وحشی در عرصه‌های طبیعی می‌رویند به‌عنوان گیاهان جدید در بسیاری از مناطق جهان رایج شده است (Khajeh Hosseini & Koocheki, 2008). علاوه بر این، ایرانیان از دیرباز و حتی پیش از دیگران در زمینه شناخت گیاهان دارویی و کاربرد درمانی آن‌ها از دانش پیشرفته‌ای برخوردار بوده‌اند. گیاهان دارویی از گیاهان اقتصادی مورد استفاده بشرد که مواد بیوشیمیایی

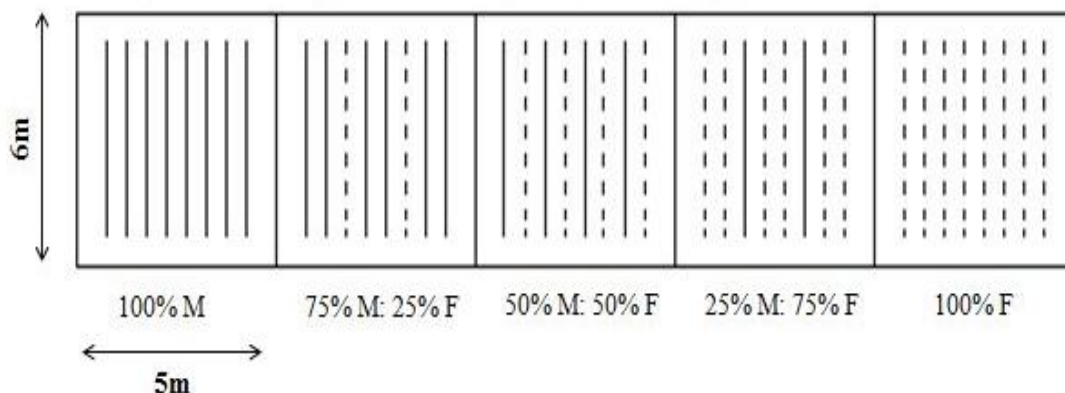
1- Land equivalent ratio

سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ماریتیغال، کشت خالص رازیانه، کشت مخلوط 3:1 (25% رازیانه: 75% ماریتیغال)، کشت مخلوط 1:1 (50% رازیانه: 50% ماریتیغال) و کشت مخلوط 1:3 (75% رازیانه: 25% ماریتیغال) بودند (شکل 1).

شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا) و در زمینی به مساحت 850 مترمربع انجام شد.

طرح آماری و تیمارهای آزمایش

آزمایش با پنج تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در



شکل 1- نقشه تیمارهای کاشت در مزرعه (هر خط نشان‌دهنده یک ردیف کشت می‌باشد).

(م: ماریتیغال، ر: رازیانه، خطوط پیوسته: ردیف‌های کاشت ماریتیغال و خطوط منقطع: ردیف‌های کاشت رازیانه).

Fig. 1- Treatments scheme in field (each line shows one planting row).

(M: Milk thistle, F: Fennel, full line: planting row of Milk thistle, dashed line: planting row of Fennel).

سپس تا آخر فصل رشد هر شش روز یک‌بار انجام شد. علف‌های هرز مزرعه نیز به‌صورت دستی کنترل شدند. به‌منظور اجرای یک سیستم اکولوژیک و کم‌نهاد تا آخر فصل رشد از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد.

نمونه‌برداری در طول فصل رشد

نمونه‌برداری‌های تخریبی از 48 روز پس از کاشت آغاز و تا اوایل مرحله گل‌دهی ادامه داشت و در طول فصل رشد نمونه‌برداری‌ها هر هشت روز یک‌بار به‌منظور محاسبه شاخص سطح برگ¹ (LAI) و وزن خشک انجام گرفت. شاخص سطح برگ گیاه ماریتیغال پس از اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل LI-3100C محاسبه شد. شاخص سطح سبز رازیانه (برگ + ساقه) نیز به‌دلیل داشتن برگ‌های بسیار ریز و به‌وجود آمدن خطا در محاسبات به‌وسیله دستگاه، طبق معادله (1) برای این گیاه برآورد گردید (Spitters et al., 1989; Nassiri Mahallati, 2000;)

عملیات مزرعه‌ای

عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اسفندماه سال 1391، انجام و کلیه تیمارها به‌صورت یکنواخت 20 تن کود دامی کاملاً پوسیده شده در هکتار دریافت کردند. دو گونه گیاهی در تاریخ چهاردهم فروردین ماه سال 1392 به‌صورت همزمان در زمین کشت شدند. در این تحقیق از ماریتیغال توده مشهد و رازیانه توده سبزوار استفاده شد. تراکم بوته برای گیاه ماریتیغال به عنوان گیاه اصلی شش بوته در مترمربع و فاصله بین ردیف و روی ردیف برای این گیاه به‌ترتیب 50 و 30 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم رازیانه نیز 20 بوته در متر-مربع با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف 10 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از هم نیم متر و فاصله بلوک‌ها از هم یک متر بود و هر کرت شامل 10 ردیف کشت (8 ردیف اصلی و دو ردیف حاشیه) با عرض 5 متر و طول 6 متر بود. بذره‌های ماریتیغال به‌صورت کپه‌ای و بذره‌های رازیانه به‌صورت شیاری کشت شدند و عملیات تنک کردن پس از سبز شدن و رسیدن بوته‌ها به اندازه مطلوب انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و

1- Leaf Area Index

(Laar, 1994) محاسبه گردید. نور جذب شده روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات 4، 5 و 6 محاسبه شد (Tsubo et al., 2005).

$$I_i = I_0 (1 - \exp((-K_s \cdot L_s) + (-K_f \cdot L_f))) \quad \text{معادله (4)}$$

$$I_s = I_i \left(\frac{(K_s \cdot L_s)}{((K_s \cdot L_s) + (K_f \cdot L_f))} \right) \quad \text{معادله (5)}$$

$$I_f = I_i - I_s \quad \text{معادله (6)}$$

که در این معادلات، I_0 : مقدار تشعشع رسیده به بالای کانوپی، I_i : مقدار تشعشع جذب شده در کل مخلوط، I_s : مقدار تشعشع جذب شده توسط ماریتیغال، I_f : مقدار تشعشع جذب شده توسط رازیانه، K_s : ضریب خاموشی نور ماریتیغال، K_f : ضریب خاموشی نور رازیانه، L_s : شاخص سطح برگ ماریتیغال و L_f : شاخص سطح برگ رازیانه. کارایی مصرف نور از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک تجمعی (گرم بر مترمربع) و میزان تشعشع تجمعی جذب شده (مگاژول بر مترمربع) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و ترسیم شکل‌ها توسط نرم‌افزارهای Minitab، V16، Excel و Edraw Max، V5.0 انجام شد و میانگین‌ها توسط آزمون HSD در سطح احتمال خطای پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ضریب استهلاک نور در دو گیاه ماریتیغال و رازیانه

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بررسی ضریب استهلاک نور برای ماریتیغال 0/64 و برای رازیانه نیز 0/53 به‌دست آمد (شکل 3). متداول‌ترین روش برای توصیف آرایش برگ‌ها در کانوپی، زاویه برگ‌ها نسبت به ساقه است که توسط ضریب خاموشی نور یا ضریب استهلاک نور بیان می‌شود (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008). همچنین از جمله عوامل مؤثر در ضریب استهلاک نور عبارتند از: شرایط محیطی، زاویه خورشید، زاویه برگ و سطح برگ (Graf, 1990; Keating & Chaeberry, 1993). در آزمایشی تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم و کود نیتروژنه، میزان ضریب استهلاک نوری برای گیاه ماریتیغال در تیمارهای مختلف از 0/63 تا 0/68 گزارش شد و طبق این بررسی مشخص شد که ضریب خاموشی نور در اثر افزایش تراکم کاهش می‌یابد (Gholi Beygian et al., 2008). نتایج بررسی دیگری که در رابطه با تأثیر فواصل کاشت در

Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008; Kamkar et al., (2011)

$$GAI = M \times LWR/SL \quad \text{معادله (1)}$$

GAI: شاخص سطح سبز، M: وزن خشک کل (برگ + ساقه)، LWR: نسبت وزن برگ (گرم برگ به گرم کل ماده خشک)، SLW: وزن ویژه برگ (گرم برگ بر مترمربع برگ). نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک درون پاکت‌های کاغذی و به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و در نهایت برای تعیین وزن خشک مورد استفاده قرار گرفتند.

محاسبه کارایی مصرف نور

برآورد مقادیر LAI روزانه از طریق برازش معادله (2) به مقادیر اندازه‌گیری شده به‌دست آمد.

$$y = a + b \cdot 4 * (\exp(-(x-c)/d)) / (1 + \exp(-(x-c)/d))^2 \quad \text{معادله (2)}$$

که در این معادله، y: مقدار LAI روزانه، a: عرض از مبدأ، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI، d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود، می‌باشند.

میزان نور بالا (در چهار جهت عمود بر هم) و پایین کانوپی خالص و مخلوط گیاه ماریتیغال و رازیانه در هر کرت توسط دستگاه Accu PAR مدل LP-80 همزمان با نمونه‌برداری‌های سطح برگ و ماده خشک اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در حد فاصل ساعات 9 تا 13 انجام گرفت.

با توجه به معادله (3) و با داشتن شاخص سطح برگ و اندازه‌گیری نور در بالا و پایین کانوپی، ضریب استهلاک نور (K) براساس رگرسیون خطی بین لگاریتم طبیعی کسر نور عبور کرده (I_i/I_0) در مقابل شاخص سطح برگ به‌دست آمد، قابل ذکر است که محاسبه ضریب خاموشی در تیمارهای خالص انجام گرفت (Keating & Chaeberry, 1993).

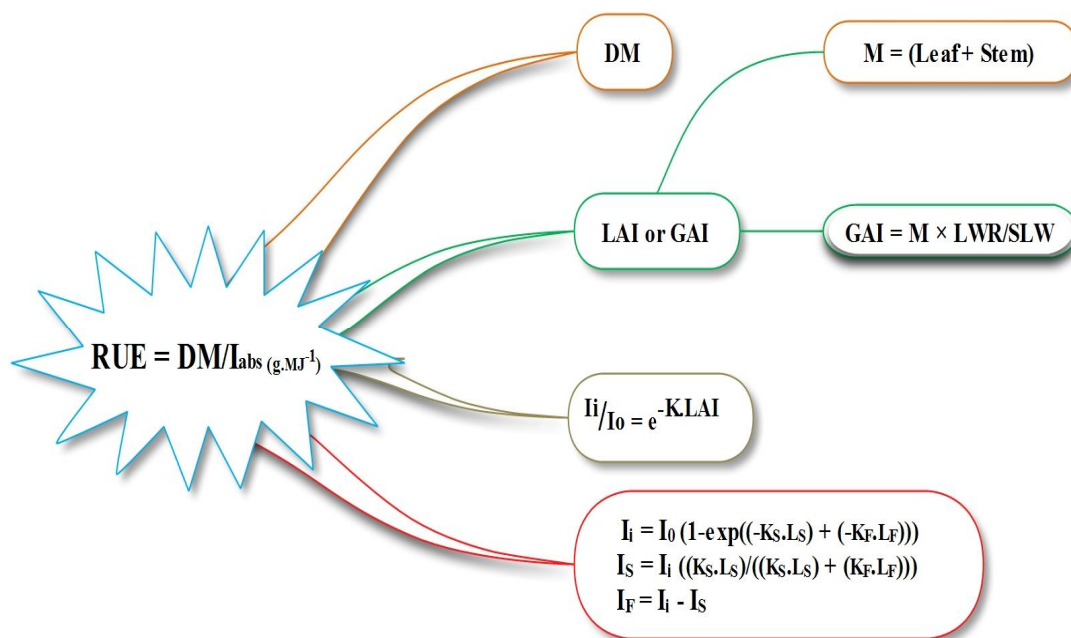
$$I_i/I_0 = e^{-K \cdot LAI} \quad \text{معادله (3)}$$

I_0 : مقدار تشعشع در بالای کانوپی، I_i : مقدار تشعشع در پایین کانوپی، K: ضریب استهلاک نوری و LAI: شاخص سطح برگ می‌باشند.

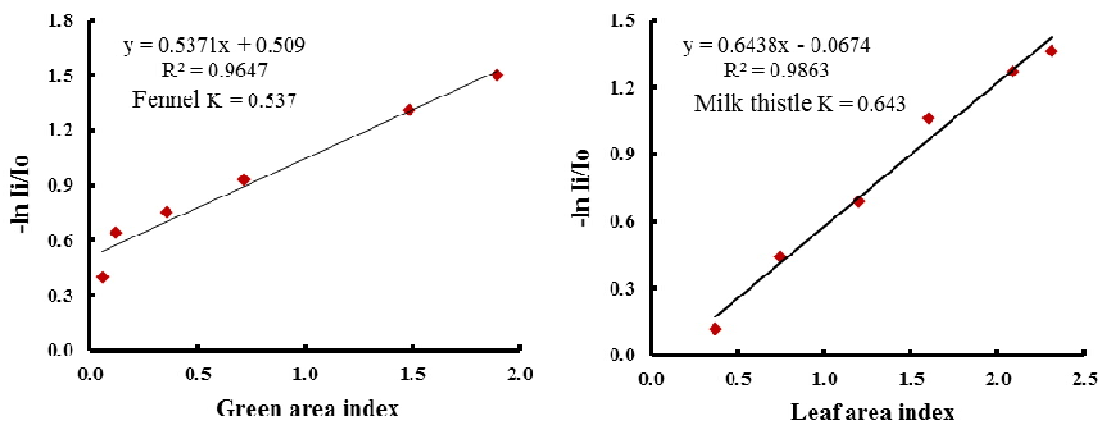
میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه شده توسط خوادریان و فان‌لار (Goudriaan & Van

هم‌خانواده رازیانه می‌باشد، حدود 0/3 گزارش کردند. با توجه به تحقیقات گسترده‌ای که در زمینه کارایی مصرف نور در گیاهان مختلف انجام شده و با توجه به تأثیر شرایط مختلف، ضریب استهلاك نور در گیاهان مختلف تفاوت زیادی را نشان داده است.

جذب نور در گیاه گلرنگ توسط مجدنصیری و همکاران (Majd Nassiri et al., 2000) انجام شد، حاکی از آن بود که بین شاخص سطح برگ و ضریب استهلاك نور رابطه معکوس وجود دارد. کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2011) نیز ضریب استهلاك نور برای گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را که یکی از گیاهان



شکل 2- اجزای تشکیل‌دهنده کارایی مصرف نور
Fig. 2- Constitutive components of radiation use efficiency



شکل 3- برآورد مقادیر ضریب استهلاك نور در گیاه ماریتیغال و رازیانه
داده‌ها مربوط به کشت خالص می‌باشند.

Fig. 3- The estimated value of light extinction coefficient in milk thistle and fennel
Data points were obtained from monoculture.

تشعشع جذب شده

نتایج این آزمایش در رابطه با میزان جذب نور به وضوح نشان داد که میزان تشعشع تجمعی جذب شده در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تک‌کشتی گیاه رازیانه بود. در رابطه با گیاه ماریتیغال نیز نتایج نشان داد که میزان تشعشع تجمعی جذب شده در تیمار کشت مخلوط 75% ماریتیغال - 25% رازیانه، کمی بالاتر از تک‌کشتی این گیاه بود. از طرفی این تیمار بیش‌ترین میزان تشعشع جذب شده (557/91 مگاژول) را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود (جدول 1).

این امر می‌تواند به دلیل پخش مناسب نور در کشت مخلوط و تطابق - پذیری بیش‌تر کانوپی مخلوط با این میزان نور باشد که در نهایت منجر به جذب بهتر نور و تولید ماده خشک متناسب با میزان تشعشع خواهد شد. سوابق پژوهش‌های دیگر انجام شده در زمینه کشت مخلوط نیز نشان می‌دهد که از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک می‌باشد (Banik et al., 2006; Wells & Faden, 1991).

جدول 1- میزان تشعشع تجمعی جذب شده (مگاژول بر مترمربع) در دو گیاه ماریتیغال و رازیانه در سیستم تک‌کشتی و مخلوط.

Table 1- The amount of cumulative absorbed Radiation (MJ.m⁻²) of Milk thistle and Fennel in mono and intercropping systems

تیمار Treatment	تشعشع تجمعی جذب شده توسط کانوپی مخلوط (مگاژول بر مترمربع) Cumulative radiation absorbed by intercrop canopy (MJ.m ⁻²)	تشعشع تجمعی جذب شده توسط کانوپی ماریتیغال (مگاژول بر مترمربع) Cumulative radiation absorbed by Milk thistle canopy (MJ.m ⁻²)	تشعشع تجمعی جذب شده توسط کانوپی رازیانه (مگاژول بر مترمربع) Cumulative radiation absorbed by Fennel canopy (MJ.m ⁻²)
تک‌کشتی ماریتیغال Pureculture of milk thistle	-	550.69	-
تک‌کشتی رازیانه Monocrop of fennel	-	-	265.71
کشت مخلوط 75% ماریتیغال - 25% رازیانه Intercropping (75% milk thistle-25% fennel)	557.91	513.37	44.54
کشت مخلوط 50% ماریتیغال - 50% رازیانه Intercropping (50% milk thistle-50% fennel)	314.04	220.64	93.39
کشت مخلوط 25% ماریتیغال - 75% رازیانه Intercropping (25% Milk thistle-75% Fennel)	286.32	134.68	151.64

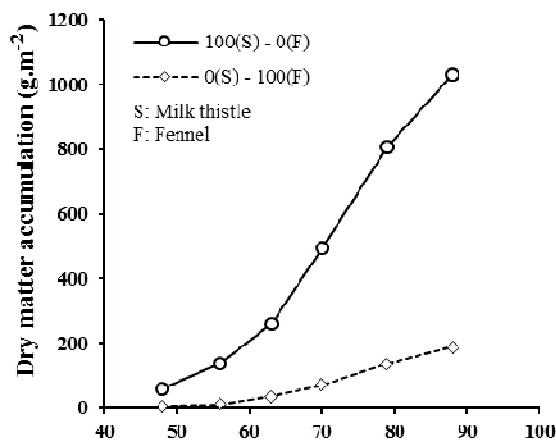
تجمع ماده خشک

نتایج نشان داد که تجمع ماده خشک ماریتیغال و رازیانه تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط قرار گرفت. بیش‌ترین میزان تجمع ماده خشک در تیمار تک‌کشتی ماریتیغال (1028 گرم در مترمربع) و کم‌ترین آن در تیمار تک‌کشتی رازیانه (189 گرم در مترمربع) مشاهده شد (شکل 4 الف). در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بیش‌ترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار کشت مخلوط 3:1 (25% رازیانه: 75% ماریتیغال) با 893 گرم در مترمربع بود (شکل 4 ب).

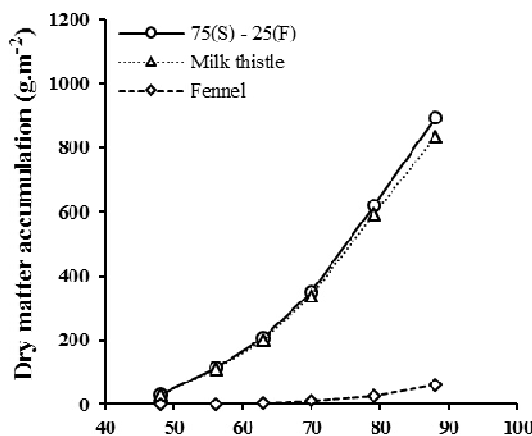
بنابراین با افزایش سهم گیاه رازیانه در سیستم کشت مخلوط و پیش رفتن به سمت الگوهای کشت مخلوط 1:1 (50% رازیانه: 50% ماریتیغال) و کشت مخلوط 1:3 (75% رازیانه: 25% ماریتیغال) میزان تجمع ماده خشک کل کاهش یافت که این امر می‌تواند به دلیل تولید زیست‌توده بسیار کم در گیاه رازیانه در سال اول رشد در مقایسه با گیاه ماریتیغال باشد. البته ذکر این نکته نیز قابل توجه است که زیست‌توده کل تولید شده در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از حالت تک‌کشتی رازیانه بود (شکل 4) که این امر می‌تواند به دلیل توزیع کارآمدتر نور و جذب بیش‌تر توسط کانوپی مخلوط از طریق

میزان کارایی مصرف نور میسر خواهد بود. در پژوهش‌های دیگر نیز افزایش تجمع ماده خشک در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک‌کشتی گزارش شده است (Koocheki et al., 2009; Hanming et al., 2012).

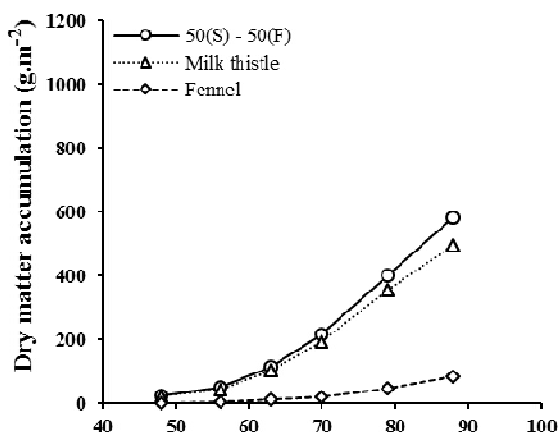
بهبود ساختار کانوپی دو گیاه در کنار یکدیگر باشد. از سویی میزان تجمع ماده خشک، حاصل‌ضرب حد مطلوب تشعشع جذب شده در کارایی مصرف نور می‌باشد ($DM = RUE \times Iabs$). بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که در سیستم‌های مخلوط امکان افزایش ماده خشک کل از طریق بهبود جذب تشعشع و همچنین افزایش



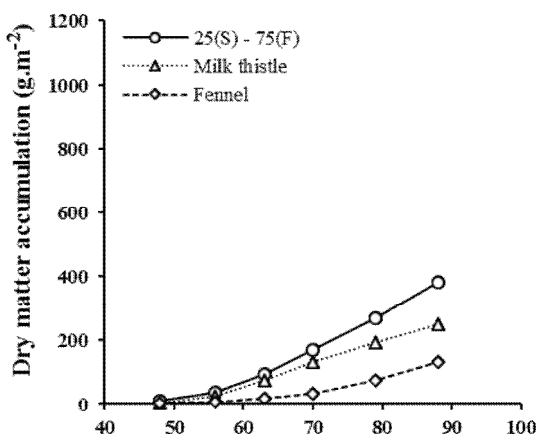
A- Pureculture of milk thistle and fennel



B- Intercropping (75% milk thistle-25% fennel)



D- Intercropping (25% milk thistle-75% fennel)



C- Intercropping (50% milk thistle-50% fennel)

شکل 4- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر روند تجمع ماده خشک کل ماریتیغال و رازیانه طی روزهای بعد از کاشت

Fig. 4- The effect of intercropping treatments on total dry weight of Milk thistle and Fennel during the days after planting. (S: Milk thistle and F: Fennel)

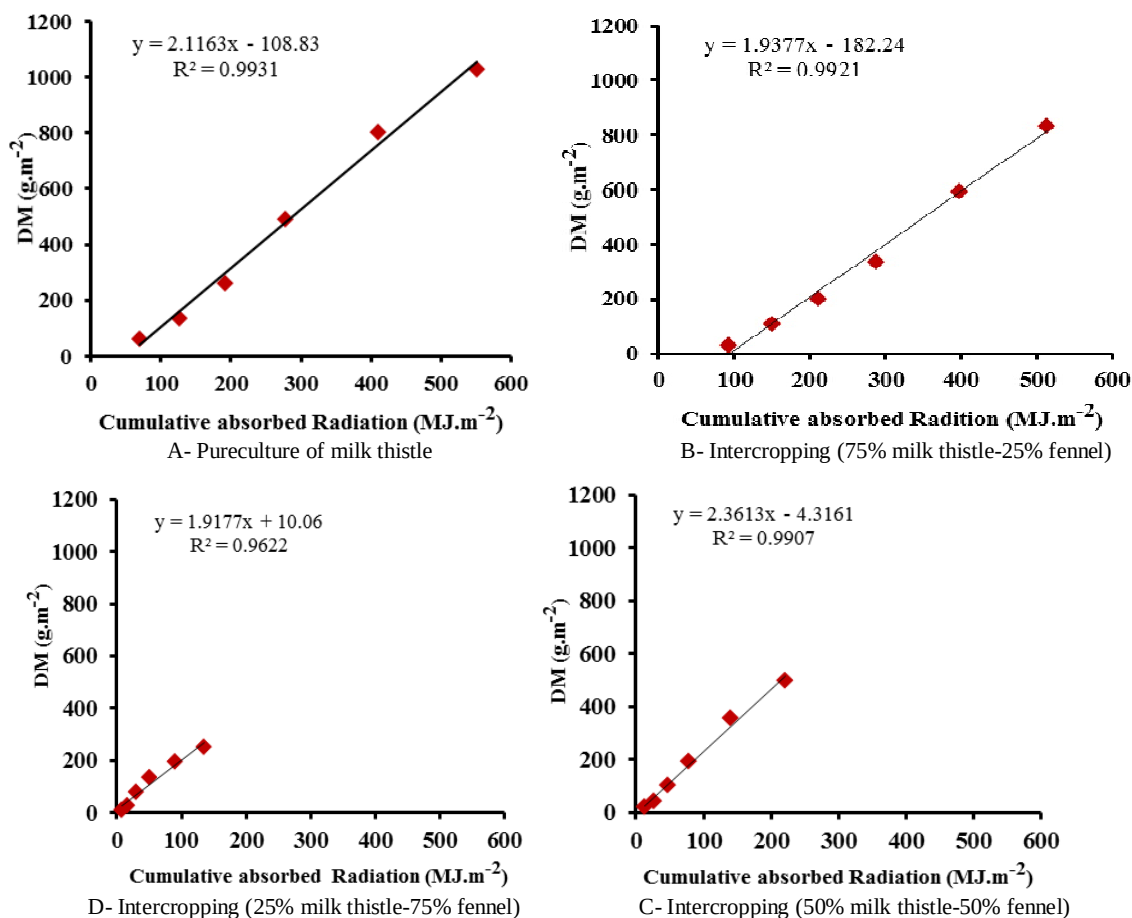
ماریتیغال-50% رازیانه (2/36 گرم بر مگاژول) به‌دست آمد (شکل 5 ج). همچنین بین تیمارهای تک‌کشتی، کشت مخلوط 75%

کارایی مصرف نور در گیاه ماریتیغال

بالاترین میزان کارایی مصرف نور در تیمار کشت مخلوط 50%

کارایی مصرف نور در گیاهان تحت شرایط مختلف وجود دارد و از جمله این گیاهان می‌توان به گندم (*Triticum aestivum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) (Patricio et al., 2012)، سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) (Kumar et al., 2008) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (Sinclair & Muchow, 1999) اشاره کرد. در رابطه با افزایش کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نیز می‌توان به کشت مخلوط بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) (Awal et al., 2006) و کشت مخلوط لوبیا (*Ocimum basilicum* L.) (Alizadeh et al., 2010) اشاره کرد.

ماریتیغال - 25% رازیانه و کشت مخلوط 25% ماریتیغال - 75% رازیانه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول 2). این امر نشان‌دهنده استفاده کاراتر از نور در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با تیمار تک‌کشتی در گیاه ماریتیغال می‌باشد. بین سرعت تولید ماده خشک (گرم در مترمربع در روز) و میزان تشعشع جذب شده تجمعی (مگاژول در مترمربع) رابطه‌ای خطی وجود دارد. شیب این خط که میزان تولید ماده خشک به‌ازای تشعشع جذب شده را نشان می‌دهد به کارایی مصرف نور (گرم به ازای مگاژول) موسوم است. با استفاده از این روش می‌توان سرعت تولید ماده خشک را به سهولت بر اساس تشعشع جذب شده محاسبه کرد (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008). گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش یا کاهش



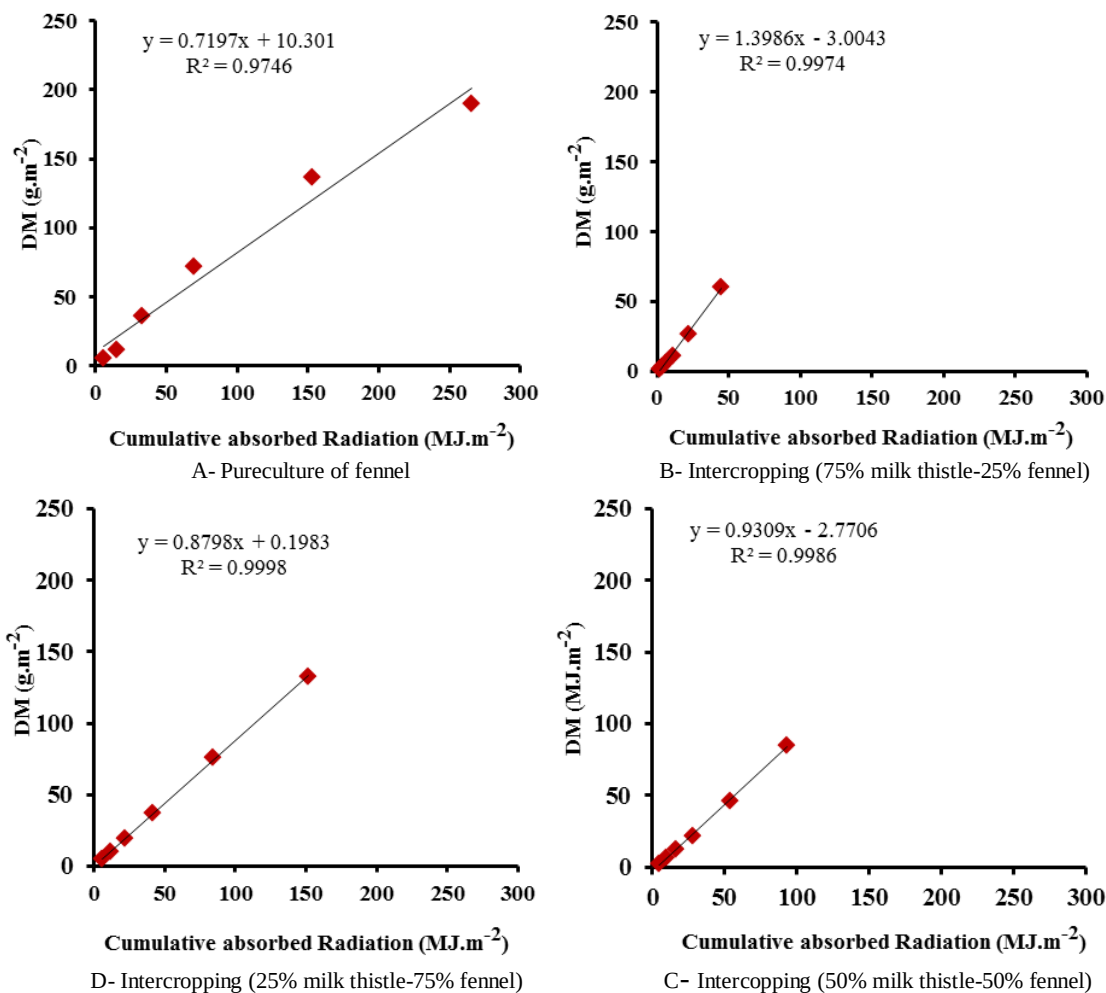
شکل 5- رابطه رگرسیونی بین میزان تجمع ماده خشک و تشعشع جذب شده در کشت خالص و کشت مخلوط ماریتیغال
شیب خط نشان‌دهنده کارایی مصرف نور می‌باشد.

Fig. 5- Linear regression between dry matter accumulation and absorbed radiation of Milk thistle in mono and intercrop systems

The slope of regression indicates radiation use efficiency (RUE).

گیاه ماریتیغال در مقایسه با کارایی مصرف نور در گیاه رازیانه چه در تیمارهای تک کشتی و چه در تیمارهای کشت مخلوط مقادیر بالاتری را دارا بود. این امر می‌تواند به دلیل وجود تفاوت در سرعت رشد دو گیاه، ساختار کانوپی دو گیاه و همچنین چندساله بودن گیاه رازیانه و رشد اندک این گیاه در سال اول در مقایسه با سال دوم رشد باشد که در مجموع باعث شده تا گیاه ماریتیغال میزان زیست‌توده بالاتری را در مقایسه با گیاه رازیانه به ازای مگاژول تشعشع دریافتی تولید کند.

از سویی علی‌رغم تحقیقات زیادی که در رابطه با کارایی مصرف نور انجام شده، گزارش‌های موجود در مورد کارایی مصرف نور در گیاهان دارویی ماریتیغال و رازیانه بسیار محدود می‌باشد. از جمله تحقیقات انجام شده در رابطه با این گیاه می‌توان به تحقیق قلی بیگیان و همکاران (Gholi Beygian et al., 2008)، اشاره کرد که در آن مقدار کارایی مصرف نور در گیاه ماریتیغال تحت تأثیر مقادیر مختلف تراکم و کود نیتروژن حدود 2-1/5 گرم بر مگاژول گزارش شد. همچنین در این آزمایش مشخص شد که کارایی مصرف نور در



شکل 6- رابطه رگرسیونی بین میزان تجمع ماده خشک و تشعشع جذب شده در کشت خالص و کشت مخلوط رازیانه شیب خط نشان‌دهنده کارایی مصرف نور می‌باشد.

Fig. 6- Linear regression between dry matter accumulation and absorbed radiation of Fennel in mono and intercrop systems The slope of regression indicates radiation use efficiency (RUE).

کارایی مصرف نور در گیاه رازیانه

در تمامی تیمارهای کشت مخلوط ماریتیغال و رازیانه، بین ماده خشک تجمعی و میزان تشعشع تجمعی دریافت شده ارتباط خطی وجود داشت که شیب این خط بیانگر کارایی مصرف نور است و میزان آن در گیاه رازیانه از 0/7 تا 1/39 گرم بر مگاژول به ترتیب در تیمارهای تک کشتی و کشت مخلوط 75% ماریتیغال - 25% رازیانه، متغیر بود (شکل 6 الف و ب). کارایی مصرف نور دو تیمار دیگر بین این دو مقدار قرار داشت (شکل 6 ج و د). در بررسی که بر روی گیاه زیره سبز انجام شد میزان کارایی مصرف نور در این گیاه 0/9 گرم بر مگاژول گزارش شد (Kamkar et al., 2011).

به طور کلی، مهم ترین مزیت کشت های مخلوط بالا بردن کارایی جذب و مصرف منابع به ویژه نور است. البته استفاده از این مزایا مستلزم طراحی صحیح مخلوط و انتخاب مناسب گونه های همراه می باشد (Nassiri Mahallati et al., 2011). از این رو بالاتر بودن کارایی

مصرف نور در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با تیمار کشت خالص برای گیاه رازیانه تأیید کننده همین امر است. بالاترین میزان کارایی مصرف نور (1/39 گرم بر مگاژول) در تیمار کشت مخلوط 75% ماریتیغال - 25% رازیانه برای این گیاه حاصل شد (جدول 2). از سویی دیگر این تیمار کم ترین تراکم را در مقایسه با سایر تیمارها برای گیاه رازیانه دارا بود. در مطالعه ای مشخص شده که توزیع بهتر نور درون کانوبی سبب افزایش کارایی مصرف نور می شود (Beheshti et al., 2002). بنابراین، می توان دلیل احتمالی این امر را سازگار شدن گیاه رازیانه به شرایط نوری کم و استفاده کاراتر از همین میزان نور در دسترس در طول فصل زراعی دانست. این مسئله گویای یکی از اصول مهم در رابطه با کشت های مخلوط است و آن اصل تولید رقابتی است که در آن دو گونه به نحوی با یکدیگر رقابت می کنند که هردو از منابع موجود به صورت مؤثرتر و کاراتر استفاده می کنند (Javanshir et al., 2000).

جدول 2- کارایی مصرف نور (گرم ماده خشک بر مگاژول تشعشع) در دو گیاه ماریتیغال و رازیانه در سیستم تک کشتی و مخلوط
Table 2- Radiation use efficiency (g.MJ⁻²) of Milk thistle and Fennel in mono and intercrop systems

تیمار Treatment	ماریتیغال Milk thistle	رازیانه Fennel
تک کشتی ماریتیغال Monocrop of Milk thistle	2.11 ^{b*}	-
تک کشتی رازیانه Monocrop of Fennel	-	0.71 ^d
کشت مخلوط 75% ماریتیغال - 25% رازیانه Intercropping (75% Milk thistle-25% Fennel)	1.93 ^c	1.39 ^a
کشت مخلوط 50% ماریتیغال - 50% رازیانه Intercropping (50% Milk thistle-50% Fennel)	2.36 ^a	0.93 ^b
کشت مخلوط 25% ماریتیغال - 75% رازیانه Intercropping (25% Milk thistle-75% Fennel)	1.91 ^c	0.87 ^c

*در هر ستون تفاوت بین دو میانگین دارای یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیست.

*In each column difference of means having similar letters not significant at the 5% level of probability.

نتیجه گیری

در این پژوهش کشت مخلوط جایگزینی دو گیاه ماریتیغال و رازیانه در مقایسه با کشت خالص آن ها مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی، نتایج نشان داد که کشت مخلوط باعث بهبود کارایی مصرف نور در ماریتیغال و رازیانه می شود. به طوری که بهترین الگوی کشت مخلوط، نسبت کشت 50% ماریتیغال - 50% رازیانه بود. مقدار کارایی مصرف نور برای گیاه ماریتیغال تنها در تیمار کشت مخلوط

50% ماریتیغال - 50% رازیانه در بالاترین مقدار بود. این در حالی است که مقدار کارایی مصرف نور برای گیاه رازیانه در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تک کشتی بود. سیستم های کشت مخلوط یکی از روش های مدیریت تولید محصولات زراعی است که در راستای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده های خارجی اجرا می گردد. البته مطالعات علمی زیادی در زمینه کشت مخلوط انجام گرفته و مزایای حاصله از

مخلوط‌های جایگزینی نسبت به کشت خالص این دو گیاه دارویی نیاز به مطالعات بیشتری دارد. دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب پایان نامه با کد 26556 تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه فردوسی مشهد سپاسگزاری می‌گردد.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری

منابع

- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of radiation interception and use in intercropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology* 2(1): 85-94. (In Persian with English Summary)
- Awal, M.A., Koshi, H., and Iked, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74-83.
- Banayan, M. 2002. Development and Applications of Simulation Models in Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 208 pp. (In Persian)
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systemes in additive series experiment: Advantages and somthering. *European Journal of Agronomy* 24: 324-332.
- Beheshti, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahalati, M. 2002. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. *Nahal and Bazr* 18(4): 417-431. (In Persian with English Summary)
- Davazdah Emami, S., and Majnoon Hosseini, N. 2008. Cultivation and Production of Certain Herbs and Spices. 2nd Edition. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 300 pp. (In Persian)
- Ebrahimpour, F., and Eydizadeh, K. 2008. Medicinal Plants. Payam-e-Nur University Press. Tehran. Iran. pp. 178. (In Persian)
- Gholi Beygian, M., Zarghami, R., Nasri, M., Zargari, K., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2008. Effect of plant density and N-fertilizer on radiation use effeciency and extinction coefficient in milk thistle (*Silybum marianum* L.) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture* 6(1): 1-12. (In Persian with English Summary)
- Goudriaan, J., and Van Laar, H.H. 1994. Modelling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic Press. Dordrecht. Netherlands. 236 pp.
- Graf, B., Gutierrez, A.P., Rakotobe, O., Zahner, P., and Delucchi, V. 1990. A simulation model for the dynamics of rice growth and development. Part II. The competition with weeds for nitrogen and light. *Agricultural Systems* 32: 367-392.
- Hanming, H., Lei, Y., Lihua, Z., Han, W., Liming, F., Yong, X., Youyong, Z., and Chengyun, L. 2012. The Temporal-spatial distribution of light intensity in maize and soybean intercropping systems. *Journal of Resources and Ecology* 3(2): 169-173.
- Hossein Panahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation interception and use in intercropping of maize (*Zea mays* L.) and potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agroecology* 1: 45-54. (In Persian with English Summary)
- Hossein Panahi, F., Pour Amir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2011. Evaluation of radiation interception and use in substitution intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agroecology* 3(1): 106-120. (In Persian with English Summary)
- Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M.B., and Ehyayi, H.R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of Sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products* 43: 606-611.
- Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholi Pour, M. 2000. The Ecology of Intercropping (translated). Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 222 pp. (In Persian)

- Kamkar, B., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Teixeira da Silva, J.A., Rezvani Moghaddam, P., and Kafi, M. 2011. Fungal diseases and inappropriate sowing dates, the most important reducing factors in cumin fields of Iran, a case study in Khorasan provinces. *Crop Protection* 30: 208-215.
- Keating, B.A., and Carberry, P.S. 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Research* 34: 273-301.
- Koocheki, A. 2001. Sustainable Agriculture. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 316 pp. (In Persian)
- Koocheki, A. and Khajeh Hosseini, M., 2008. Modern Agronomy. 2nd Edition. Jihad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. 704 pp. (In Persian)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Madani, F., Feyzi, H., and Amir Moradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by Maize and Bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology* 1(1): 13-23. (In Persian with English Summary)
- Kumar, A., Pandey, V., Shekh, A.M. and Kumar, M. 2008. Radiation use efficiency and weather parameter influence during life cycle of Soybean (*Glycine max* L.) Production as well accumulation of dry matter. *American-Eurasian Journal of Agronomy* (2): 41-44.
- Majd Nasiri, B., and Ahmadi, M.R. 2000. Effect of planting season and density on light distribution and interception in canopy in different safflower (*Carthamus tinctorious* L.) genotypes. *Iranian Journal of Agriculture Science* 36(1): 63-73. (In Persian with English Summary)
- Mazaheri, D. 1994. Intercropping. University of Tehran Press. Tehran, Iran. 262 pp. (In Persian)
- Mirhashemi, S.M., A. Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Evaluating the benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 269-279. (In Persian)
- Nassiri Mahallati, M. 2000. Modeling of the processes of growth of crop plants. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 274 pp. (In Persian)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2011. Radiation uptake and use efficiency in relay intercropping and consecutive culture of winter wheat and maize. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 878-890. (In Persian with English Summary)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A., 2001. Agroecology (translated). Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 459 pp. (In Persian)
- Patricio, S., Ramírezb, M., and Pinochetb, D. 2012. Radiation interception and radiation use efficiency of wheat and pea under different P availabilities. *Field Crops Research* 127: 44-50.
- Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy* 65: 215-265.
- Spitters, C.J.T, Van Keulen, H. and Van Kraalingen, D.W.G. 1989. A Simple and Universal Crop Growth Simulator: SUCROS87. In: *Simulation and Systems Management in Crop Protection*. (Eds). R. Rabbinge, S.A. Ward, and H.H. Van Laar,). Wageningen, The Netherlands p. 147-181.
- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. *Field Crops Research* 93: 10-22.
- Wells, R., and Faden, M. 1991. Soybean growth response to plant density. Relationships among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. *Crop Science* 31: 805-810.
- YiKa, Z., FanJun, C., Long, L., YanHua, C., BingRan, L., YuLing, Z., LiXing, Y., FuSuo, Z. and GuoHua, M. 2012. The role of Maize root size in phosphorus uptake and productivity of Maize/Faba bean and Maize/Wheat intercropping systems. *Life science. Science China* 55(11): 993-1001.



Evaluation of Radiation Interception and Use Efficiency in Substitution Intercropping of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

H. Solouki¹, M. Nassiri Mahallati^{2*}, A. Koocheki² and P. Rezvani Moghaddam²

Submitted: 06-11-2013

Accepted: 25-08-2014

Solouki, H., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2018. Evaluation of radiation interception and use efficiency in substitution intercropping of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Agroecology. 10(2): 313-326.

Introduction

Sunlight is the main source of energy in Agro ecosystems. Light is absorbed by leaves and this energy is stored during the process of photosynthesis in chemical bonds of organic compounds and finally converts to the plant biomass. In order to increase the efficiency of this process and understanding how light changes within the plant canopy is necessary to be aware of how changes in light absorption within a farming system, especially when considering various intercropping systems, agroforestry systems and even non-crop species management. Available reports have shown that the higher resources use efficiency in intercropping systems, especially light, water and nitrogen.

Materials and Methods

This study was aimed to investigate radiation absorption and use efficiency in substitution intercropping of milk thistle (*Silybum marianum* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.). The experiment was set up with five treatments in a randomized complete block design with three replications at the farm of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2012- 2013 growing season. In order to implement an ecological and low input system, no chemical inputs (fertilizers and pesticides) was applied. The experiment constituted 5 treatments: sole crop of milk thistle and fennel, intercropping (75% milk thistle-25% fennel), intercropping (50% milk thistle-50% fennel) and intercropping (25% milk thistle-75% fennel). Crops were harvested every eight days corresponding to 6 harvests starting with the development of the fourth leaf and ending at the early flowering. Above ground dry matter (DM) was determined after oven drying at 70 °C for 48 h. Leaf area was determined on the same harvested area used for the measurement of above ground dry matter. Leaf area of the Milk thistle was determined by LI3100 area meter. The green area index of Fennel was also calculated, according to the equation 1.

$$GAI = M \times LWR/SLW \quad (\text{Equation 1})$$

GAI: green area index, M: daily dry matter allocated to the leaf + stem, LWR: leaf weight ratio and SLW: specific leaf weight.

Incident and transmitted radiation of the canopy was measured using the Sun scan Canopy Analysis System (Accu PAR LP-80). The light extinction coefficient (LEC) was determined from the slope of the linear regression between the natural logarithm of radiation transmission and leaf area index. According to the equation 2.

$$I_i/I_o = e^{-K.LAI} \quad (\text{Equation 2})$$

I_o : amount of radiation on the top of canopy, I_i : amount of radiation at the bottom of canopy, K: light extinction coefficient and LAI: leaf area index.

The daily light absorption for both species was calculated according to the equation 3 to 5.

$$I_i = I_o (1 - \exp((-K_s.L_s) + (-K_f.L_f))) \quad (\text{Equation 3})$$

$$I_s = I_i \frac{(K_s.L_s)}{((K_s.L_s) + (K_f.L_f))} \quad (\text{Equation 4})$$

1 and 2- Phd student and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v10i2.34659

$$I_F = I_t - I_s \quad (\text{Equation 5})$$

I_0 : amount of radiation on the top of canopy, I_t : amount of radiation at the bottom of canopy, I_s : amount of absorbed radiation by milk thistle, I_F : amount of absorbed radiation by fennel, K_s : light extinction coefficient of milk thistle K_F : light extinction coefficient of fennel and L_s : leaf area index of milk thistle and L_F : leaf area index of fennel.

Radiation use efficiency (RUE) was computed by the linear regression between dry matter accumulation (g.m^{-2}) and cumulative amount of radiation absorption (MJ.m^{-2}). The data statistical analysis and draw the figures were performed by Minitab, V16, Excel and Edraw MaxV5.0. Means were also compared by HSD test at the 5% probability level.

Results and Discussion

Results indicated that radiation use efficiency of milk thistle throughout the growing season was variable from 1.91 to 2.36 g.MJ^{-1} and in intercropping treatment (50% milk thistle-50% fennel) was at the highest amount. The amount of radiation use efficiency in fennel was variable from 0.71 to 1.39 g.MJ^{-1} . The best recommendable treatment for intercropping of milk thistle and fennel was (50% milk thistle-50% fennel), in which case radiation use efficiency of milk thistle was at the highest level (2.36 g.MJ^{-1}) and radiation use efficiency of fennel was higher than sole cropping (0.93 g.MJ^{-1}). Based on the findings of this study it seems that enhancing diversity in agronomic practices is an effective operational approach to increasing the efficiency of resources.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project (Grant number 26556) by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Cumulative dry matter, Light extinction coefficient, Medicinal plants, Radiation absorption, Temporal diversity



ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر مقادیر آبیاری و تراکم بوته

محبوبه عبدالمهی مایوان¹، سرور خرم دل^{2*}، علیرضا کوچکی³ و رضا قربانی³

تاریخ دریافت: 1392/12/10

تاریخ پذیرش: 1393/04/13

عبدالمهی مایوان، م، خرم دل، س، کوچکی، ع، و قربانی، ر. 1397. ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر مقادیر آبیاری و تراکم بوته. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 327-339.

چکیده

به منظور بررسی اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک، گل و بذر گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر مقادیر آبیاری و تراکم بوته، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 1391-92 اجرا شد. سه مقدار آبیاری (I_1) 1000، (I_2) 2000 و (I_3) 3000 مترمکعب در هکتار) به عنوان عامل اصلی و چهار تراکم بوته (D_1) 16، (D_2) 20، (D_3) 26/67 و (D_4) 40 به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل مقادیر آبیاری و تراکم بوته بر روی عملکرد گل، بذر، بیولوژیک، تعداد گل، شاخه جانبی و تعداد دانه گیاه دارویی گاوزبان اروپایی معنی‌دار بود. اثر ساده مقدار آبیاری بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین عملکرد گل به ترتیب در تیمارهای D_3I_1 و D_3I_3 با مقادیر 0/81 و 0/14 گرم در مترمربع به دست آمد. با افزایش آبیاری به دلیل بهبود خصوصیات رشدی، به تبع آن عملکرد افزایش یافت، اما افزایش تراکم تا 40 بوته در مترمربع به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب آب و مواد غذایی کاهش رشد و عملکرد را موجب گردید.

واژه‌های کلیدی: رقابت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد گل، گیاه دارویی

مقدمه

اروپا، آفریقای شمالی و آسیای صغیر است. این گیاه در سراسر دنیا و از جمله ایران کشت می‌شود و حاوی مواد موسیلاژی، تانن و ترکیبات فنولی و نیز مقدار کمی آلکالوئید است به طوری که به عنوان یکی از منابع اصلی اسیدهای چرب به شمار می‌رود و از آن به عنوان غنی‌ترین منبع شناخته شده برای گامالینولئیک اسید یاد می‌شود. گامالینولئیک-اسید یکی از اسیدهای چرب نادر در گیاهان است که عموماً به عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت و ورم مفاصل و بسیاری از بیماری‌های دیگر استفاده می‌شود (Naghdi Badi et al, 2007) و گل و برگ آن به عنوان یک ماده معرق، آرام-کننده و تصفیه کننده خون استفاده می‌شود (Wettasinghe & Shahidi, 2005; Zargari, 1982).

آب یکی از مهمترین عوامل محیطی در تولید محصولات مختلف می‌باشد. به طوری که کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند

گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به صورت خام یا فرآوری شده در طب سنتی و مدرن مورد استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرند (Mollafilabi, 2000). تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان رو به افزایش می‌باشد (Carrubba et al., 2002). به گونه‌ای که قرن بیستم را قرن بازگشت به طبیعت و استفاده از داروهای گیاهی نام نهاده‌اند (Golshadi et al., 2002). گاوزبان اروپایی با نام علمی *Borago officinalis* L. گیاهی از خانواده بوراژیناسه، علفی، یک‌ساله و بومی

1 و 2 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آگروآولوژی، دانشیار و استاد، گروه آگروآولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: khorramdel@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.34695

(*) نویسنده مسئول:

در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت. رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Bidokhti et al., 2012) با بررسی اثر تیمارهای کم-آبیاری (آبیاری تا مرحله‌های غنچه‌دهی، گلدهی، شروع تشکیل دانه و رسیدگی کامل دانه (شاهد)) در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اظهار داشتند که ارتفاع بوته، تعداد و وزن کپسول، تعداد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر آبیاری قرار گرفتند و بیشترین عملکرد و اجزای آن برای تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین مقدار در تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی به‌دست آمد.

جهت استفاده مناسب‌تر از عوامل محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی و نیز جلوگیری از بروز رقابت، تعداد بوته در واحد سطح می‌بایست در حد مطلوب باشد. تراکم مطلوب بوته، تراکمی است که در نتیجه آن کلیه عوامل محیطی به‌طور کامل مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال، رقابت‌های درون بوته‌ای و برون بوته‌ای نیز در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب به‌دست آید (Khajehpour, 1999). کریشنامورتی و همکاران (Krishnamoorthy et al., 2000) با بررسی اثر سه مقدار بذر (4، 8 و 12 کیلوگرم در هکتار) و پنج فاصله ردیف (30، 45، 60، 75 و 90 سانتی‌متر) بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد زیان (*Trachyspermum ammi* (Linn). Sprague) دریافتند که بیشترین تعداد انشعابات اولیه و ثانویه، تولید ماده خشک، تعداد چتر، تعداد دانه و وزن دانه برای مقدار چهار کیلوگرم و فاصله ردیف 90 سانتی‌متر بیشتر مشاهده شد. همچنین بالاترین عملکرد دانه به تیمار هشت کیلوگرم و فاصله ردیف 60 سانتی‌متر اختصاص داشت. نوروزپور و رضوانی‌مقدم (Noroozpoor & Rezvani, 2006) نشان دادند که با افزایش تراکم بوته از 150 به 200 بوته در متر مربع عملکرد سیاهدانه افزایش و با افزایش تراکم از 200 به 350 بوته در مترمربع به دلیل افزایش رقابت، عملکرد دانه کاهش یافت، در حالی که درصد اسانس با افزایش تراکم بیشتر از 150 بوته در مترمربع کاهش پیدا کرد. آن‌ها همچنین بیان کردند که بیشترین عملکرد روغن و اسانس برای تراکم 250 بوته در مترمربع حاصل شد. نتایج مطالعه رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Bidokhti et al., 2012) روی بررسی اثر تراکم‌های مختلف بوته (100، 150، 200 و 250 بوته در مترمربع) بر خصوصیات رشد و عملکرد سیاهدانه نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد و وزن کپسول تعداد

صدمات سنگینی به رشد و نمو و همچنین مواد مؤثره گیاهن‌داری دارد نماید (Omidbeigi, 1996). این موضوع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بیشتری برخوردار است (Maman et al., 2004). ایران نیز از جمله کشورهایی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، لذا کمبود آب یکی از بزرگترین چالش‌هایی است که توسعه کشاورزی ایران با آن مواجه خواهد بود (FAO, 2000). بسیاری از فرآیندهایی که در گیاه صورت می‌پذیرد به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به وجود آب بستگی دارد، برخی مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد اندام‌های مختلف گیاه اعم از ریشه و اندام‌های هوایی (De Bruyn et al., 1995; Carrubba et al., 2002; Jangir & Singh, 1996; Patel Hassani et al., 1996)، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک (Hassani & Omidbaygi, 2002)، بسته شدن روزنه‌های هوایی (Hassani & Omidbaygi, 2002; Surendra et al., 1994)، کاهش فتوسنتز (Jangir & Singh, 1996; Hassani & Omidbaygi, 2002) و ترقق (Jangir & Singh, 1996; Simon et al., 1992) می‌شود. نتایج تحقیق دست‌برهان و همکاران (Dastborhan et al., 2013) نشان داد که تنش آبی اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ، وزن خشک برگ، تعداد شاخه گل‌دهنده، وزن خشک بذر، وزن خشک شاخه گل‌دهنده و زیست‌توده گیاه داشت؛ به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی مقدار صفات مورد نظر کاهش یافت. کافی و کشمیری (Kafi & Keshmiri, 2011) گزارش کردند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک توده بومی و رقم هندی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) داشت؛ به طوری‌که در بین تیمارهای آبیاری (یک نوبت در زمان کاشت، دو نوبت در زمان کاشت و گلدهی و سه نوبت در زمان کاشت، گلدهی و پر شدن دانه و چهار نوبت در طول فصل رشد)، بیشترین عملکرد در تیمار سه نوبت آبیاری به دست آمد. لباسچی و شریفی عاشورآبادی (Lebaschi & Sharifi Ashourabadi, 2004) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (100، 75، 50 و 25 درصد ظرفیت مزرعه‌ای) بر تعدادی از گیاهان دارویی شامل اسفرزه (*Plantago psyllium* L.)، بومادران (*Achillea millefolium* L.)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف ارزیابی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد گل، تعداد شاخه جانبی و وزن هزاردانه گیاه دارویی گاو زبان اروپایی تحت تأثیر حجم‌های آبیاری و تراکم‌های بوته، به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد و ارتفاع 985 متر از سطح دریا، در سال زراعی 92-1391 انجام شد. سه حجم آبیاری شامل 1000 (I_1), 2000 (I_2) و 3000 (I_3) مترمکعب در هکتار و چهار تراکم 16 (D_1), 20 (D_2), 26/67 (D_3) و 40 (D_4) بوته در مترمربع به ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی مدنظر قرار گرفتند. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نمونه برداری از عمق 0-30 سانتی متر قبل از کاشت انجام شد که نتایج آن در جدول 1 ارائه شده است.

دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم قرار گرفت؛ به طوری که بالاترین و پایین ترین عملکرد و اجزای آن به ترتیب در تراکم 200 و 250 بوته در مترمربع حاصل گردید. دلالوز و همکاران (Delaluz et al., 2002) نیز گزارش کردند که تراکم، عملکرد نفع فلفلی (*Mentha piperita* L.) را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد، به طوری که بالاترین عملکرد زیست توده برای تراکم 45x30 سانتی متر به دست آمد.

بنابراین، با توجه به موقعیت ایران از نظر اقلیمی، وجود بحران آب و همچنین اهمیت گیاهان دارویی، انجام مطالعه در این زمینه ضروری به نظر می رسد. به همین منظور، این آزمایش با هدف بررسی اثر حجم‌های آبیاری و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گاو زبان اروپایی در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (0-30 سانتی متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0 -30 cm)

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی (%) Organic C (%)	نیترژن کل Total N	فسفر قابل دسترس Available P (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K	بافت Texture
1.91	7.45	0.21	452	5.78	300.12	لومی-سیلت Silt-loam

عملیات آماده سازی بستر کاشت شامل شخم و دیسک در اسفند ماه قبل از شروع آزمایش انجام شد. در اردیبهشت ماه پس از تسطیح زمین و ایجاد فاروهای با فاصله 25 سانتی متر، عملیات کاشت دستی بذر گاو زبان روی شش ردیف دو متر انجام شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب به صورت یک ردیف نکاشت و یک متر در نظر گرفته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی از یک ماه پس از اطمینان از سبز شدن کامل بوته‌ها، با توجه به مقدار آبیاری تا پایان فصل رشد (با فاصله آبیاری هر هفت روز یکبار) با استفاده از کنتور انجام شد. قابل ذکر است میزان آب مورد نیاز برای آبیاری گاو زبان در شرایط آب و هوایی مشهد توسط نرم افزار AGWAT (Alizadeh & Kamali, 2007) برابر با 2000 مترمکعب در هکتار محاسبه شد. در مرحله 4-6 برگی بوته‌ها برای رسیدن به تراکم مورد نظر تنک

شدند. وجین دستی علف‌های هرز بنا به ضرورت در دو مرحله قبل از بسته شدن کانوپی و همزمان با آن انجام شد. عملیات برداشت بوته‌ها در زمان زرد شدن گیاه و با حذف اثرات حاشیه‌ای به منظور تعیین عملکرد بذر و گل همزمان در نیمه دوم مرداد ماه انجام شد. در هنگام برداشت، تعداد شاخه جانبی پنج بوته اندازه گیری و ثبت شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

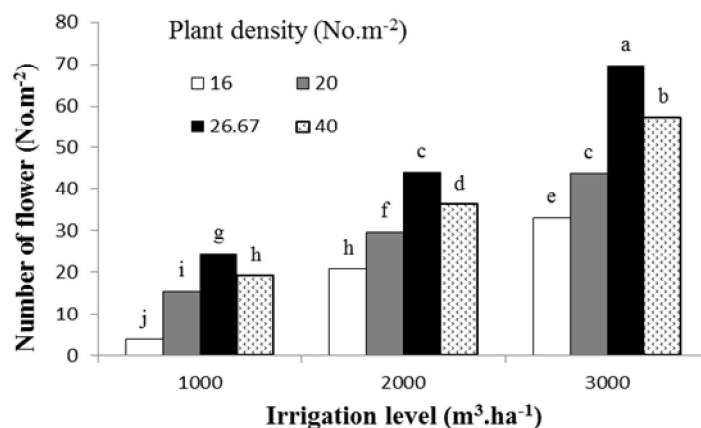
نتایج تجزیه واریانس اثر مقدار آبیاری و تراکم بوته بر خصوصیات رشدی و عملکرد گل و بذر گیاه گاو زبان اروپایی در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گاوزبان تحت تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و تراکم بوته
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of borage as a medicinal plant under different irrigation levels and plant densities

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل No. flower	عملکرد گل Flower yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد بذر Seed yield	تعداد دانه No. seed	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد شاخه جانبی No. branch
تکرار Replication	2	35.382**	0.011 ^{ns}	22.9777 ^{ns}	13.06**	2817.553 ^{ns}	0.975 ^{ns}	0.312**
مقدار آبیاری (A) Irrigation level	2	3710.22**	0.338**	147893.049**	288.36**	432031.537**	11.671**	60.378**
خطای اصلی Main error	4	1.135	0.003	3.779	0.018	2584.026	0.309	0.001
تراکم بوته (B) Plant density (B)	3	1178.462**	0.172**	88782.170**	404.661**	764090.562**	0.307 ^{ns}	45.329**
A × B	6	53.849**	0.012**	3269.765**	26.291**	21848.638*	0.368 ^{ns}	6.113**
خطای فرعی Sub error	18	1.150	0.002	4.456	0.393	6442.620	0.522	0.004
کل Total	35	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (%) C.V (%)		3.24	13.08	0.65	5.43	13.21	7.10	0.84

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: are non-significant and significant at $\alpha=1\%$ probability levels, respectively.



شکل 1- اثر متقابل مقدار آبیاری و تراکم بوته بر تعداد گل گاوزبان اروپایی

میانگین های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

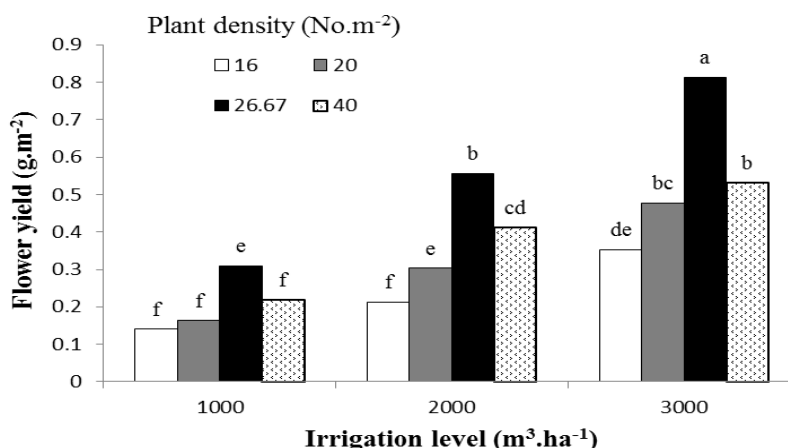
Fig. 1- Interaction effects of irrigation levels and plant densities on flower number of borage

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha=5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.

تعداد گل و عملکرد: اثرات ساده و متقابل مقادیر آبیاری و تراکم بوته بر روی تعداد گل گیاه گاوزبان اروپایی معنی دار بود (جدول

در هکتار عملکرد گل در تراکم مطلوب (D_3) بیش از 60 درصد کاهش یافت (شکل 2). به نظر می‌رسد که کاهش مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ و انتقال مواد آسمیلاتی به سمت گل‌ها (Hopkins, 1995) و نیز کاهش تعداد گل‌ها سبب کاهش عملکرد شده است. با افزایش تراکم تا 26/67 بوته در مترمربع عملکرد گل افزایش یافت، چنین به نظر می‌رسد که تراکم مناسب با تأثیر بر تولید شاخه جانبی می‌تواند تأثیر مطلوبی بر گلدهی و در نتیجه تولید بذر داشته باشد، اما تراکم بالاتر سبب می‌شود که گیاه فضا و عناصر غذایی کمتری در اختیار داشته باشد که در نتیجه به دلیل عدم تناسب بین رشد رویشی و زایشی و همچنین افزایش رقابت استفاده از منابع موجود کاهش تعداد و عملکرد گل و بذر را به دنبال دارد که با نتایج تحقیق (Martin & Deo, 2000) در گیاه دارویی همیشه بهار مطابقت داشت.

(2). بیشترین و کمترین تعداد گل به ترتیب در تیمارهای D_{1I_1} و D_{3I_3} با مقادیر 69/60 و 3/89 گل در مترمربع به دست آمد (شکل 1). شوپرا و همکاران (Shubhra et al., 2004) نیز در بررسی روی همیشه بهار دریافتند که تعداد گل تحت شرایط خشکی به شدت کاهش یافت. افزایش مقدار آبیاری از 1000 به 3000 متر مکعب در هکتار موجب افزایش تعداد گل در تراکم مطلوب (D_3) گردید (شکل 1). اثرات ساده و متقابل مقادیر آبیاری و تراکم بوته بر روی عملکرد گل گیاه گاو زبان اروپایی معنی دار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین عملکرد گل به ترتیب در تیمارهای D_{1I_1} و D_{3I_3} با مقادیر 0/813 و 0/14 گرم در مترمربع به دست آمد. با افزایش آبیاری به دلیل بهبود خصوصیات رشدی، به تبع آن عملکرد گل افزایش یافت که با نتایج پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2006) در گیاه بابونه آلمانی مطابقت داشت. با کاهش مقدار آبیاری از 3000 به 1000 مترمکعب



شکل 2- اثر متقابل مقدار آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد گل گاو زبان اروپایی

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Fig. 2- Interaction effects of irrigation levels and plant densities on flower yield of borage

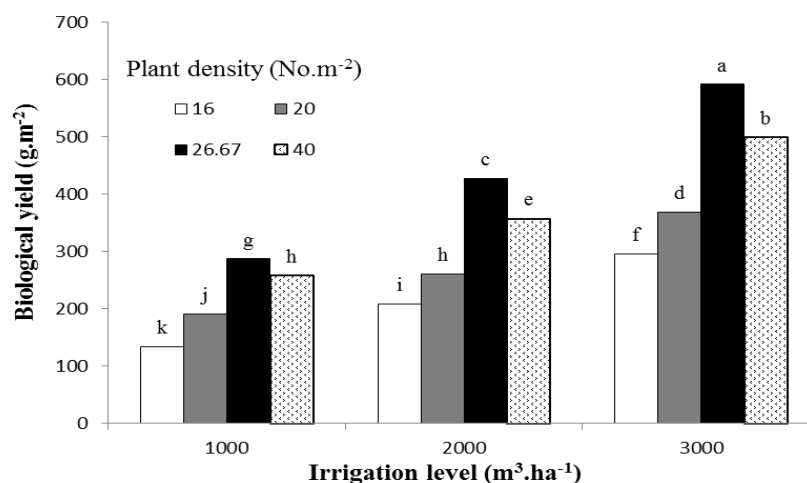
Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha = 5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.

آسمیلات‌ها طی فتوسنتز، منجر به کاهش میزان تجمع ماده خشک گردید (Ferrerers et al., 1998; Bannayan et al., 2008). نجفی و رضوانی مقدم (Nadjafi & Rezvani Moghaddam, 2002) نیز کاهش عملکرد بیولوژیک اسفزه را با افزایش فواصل آبیاری گزارش کردند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد با افزایش تراکم تا حد مطلوب به دلیل جذب مؤثرتر نور و افزایش فتوسنتز، زیست‌توده بیشتری تولید

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک گیاه گاو زبان اروپایی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل آبیاری و تراکم قرار گرفت (جدول 2). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای D_{1I_1} و D_{3I_3} با مقادیر 592/07 و 134/42 گرم در مترمربع به دست آمد (شکل 3). بروز محدودیت آبی در مراحل مختلف رشدی از طریق کاهش سطح برگ، جذب نور و تولید مواد پرورده و

افزایش تراکم تا حد مطلوب به دلیل استفاده بهتر از منابع، مقدار تجمع ماده خشک ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات‌ها افزایش یافت.

گرفته شده است، اما افزایش تراکم بیش از حد مطلوب به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب منابع به‌ویژه نور و در نتیجه سایه-اندازی بوته‌ها، در نهایت، موجب کاهش عملکرد بیولوژیک گردید. بیولک و همکاران (Bullock et al., 2002) نیز گزارش نمودند که با



شکل 3 - اثر مقدار آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک گاوزبان اروپایی

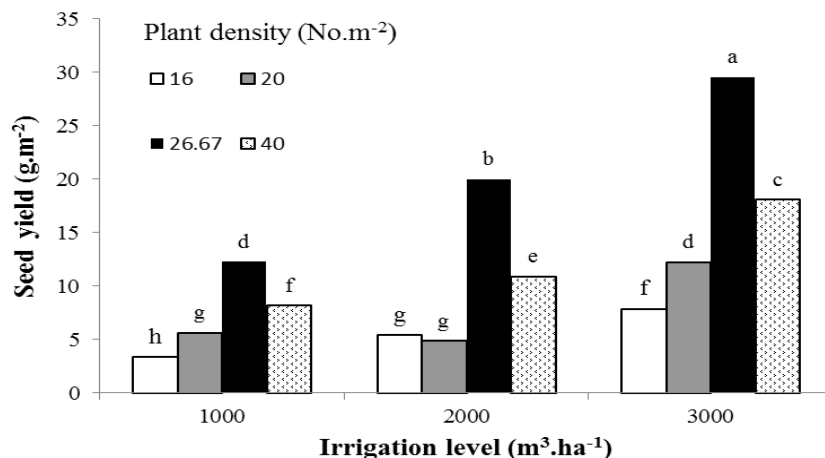
میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Fig. 3- Interaction effects of irrigation levels and plant densities on biological yield of borage

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha = 5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.

عملکرد دانه: اثرات ساده و متقابل مقادیر آبیاری و تراکم بوته به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه گیاه دارویی گاوزبان اروپایی را تحت تأثیر قرار داد (جدول 2). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای D_3I_3 و D_1I_1 با مقادیر 29/57 و 3/36 گرم در مترمربع به‌دست آمد (شکل 4). به‌نظر می‌رسد که افزایش مقدار آبیاری منجر به بهبود رشد رویشی شده و از طریق تحریک رشد اندام‌های رویشی، در نتیجه افزایش تولید مواد فتوسنتزی و به‌تبع آن افزایش عملکرد دانه را موجب شد. افزایش تراکم بوته تا سطح مطلوب (26/67 بوته در مترمربع) باعث استفاده منابع گردیده که در نتیجه افزایش عملکرد دانه را موجب شده است؛ در صورتی که در تراکم بالاتر از حد مطلوب، به‌دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها برای جذب منابع و فضا، عملکرد کاهش یافت. نجفی و رضوانی مقدم (Nadjafi & Rezvani Moghaddam, 2002) نیز کاهش عملکرد دانه اسفرزه را تحت تأثیر افزایش فواصل آبیاری گزارش کردند. برنگور و فاسی (Berenguer & Faci, 2001) گزارش کردند که در شرایط خشکی، افزایش تراکم به بالاتر از حد مطلوب سبب کاهش شدیدتر عملکرد شد. آن‌ها دلیل این امر را به تخلیه سریع‌تر رطوبت موجود در خاک تحت تأثیر افزایش تراکم نسبت دادند که در نتیجه باعث شده است گیاهان زودتر تنش خشکی را درک کنند.

تعداد دانه و وزن هزار دانه: اثر ساده و متقابل آبیاری و تراکم بر روی تعداد دانه گیاه گاوزبان اروپایی معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین تعداد دانه در مترمربع به‌ترتیب در تیمارهای D_3I_3 و D_1I_1 با 1239/5 و 173/4 دانه در مترمربع به‌دست آمد (شکل 5). در بسیاری از گیاهان، وقوع تنش آبی در زمان گلدهی موجب کاهش تعداد گل‌های بارور و به‌دنبال آن کاهش تعداد دانه می‌گردد که در نتیجه کاهش بسیار زیاد عملکرد را به دنبال دارد (Koocheki, 1998). چنین به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بیش از تراکم مطلوب به‌دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای بین بوته‌های مجاور برای جذب آب و مواد غذایی تعداد دانه در مترمربع کاهش یافته است.

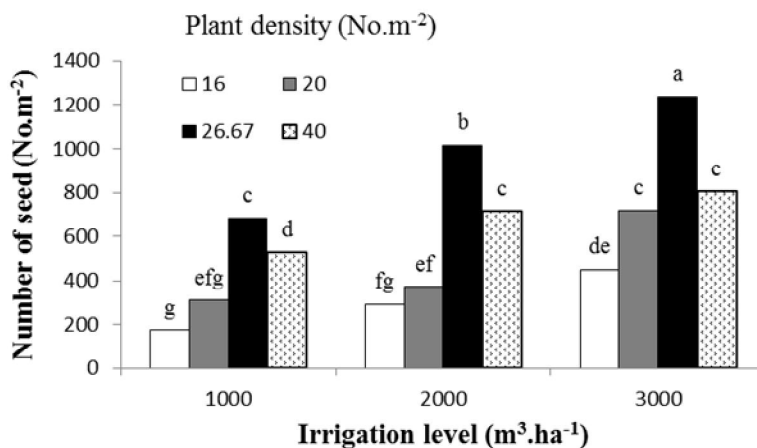


شکل 4- اثر متقابل مقدار آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد دانه گاوزبان اروپایی

میانگین های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

Fig. 4 - Interaction effects of irrigation levels and plant densities on seed yield of borage

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha = 5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.



شکل 5- اثر مقدار آبیاری و تراکم بوته بر تعداد دانه گاوزبان اروپایی

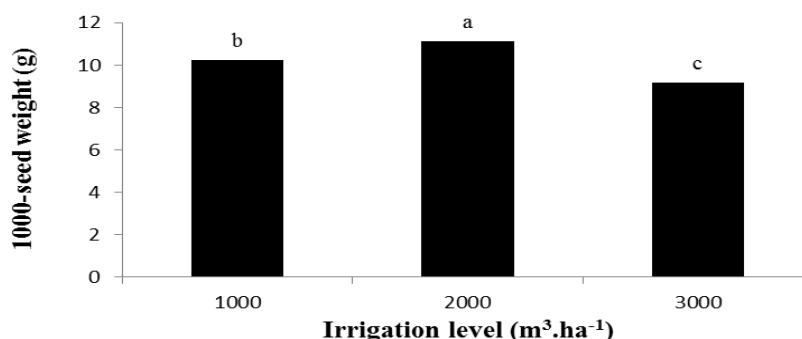
میانگین های دارای حروف مشترک، فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

Fig. 5- Interaction effects of irrigation levels and plant densities on branch number of borage

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha = 5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.

3000 مترمکعب در هکتار با مقادیر 11/12 و 9/15 گرم به دست آمد. با افزایش مقدار آبیاری از 1000 به 3000 متر مکعب، وزن هزار دانه حدود 11 درصد کاهش یافت (شکل 6).

اثر ساده مقادیر آبیاری بر وزن هزار دانه گیاه دارویی گاوزبان اروپایی معنی دار شد (جدول 2). البته اثر ساده تراکم و همچنین اثر متقابل تراکم و آبیاری بر وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول 2). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در مقادیر آبیاری 2000 و



شکل 6- اثر مقدار آبیاری بر وزن هزاردانه گاوزبان اروپایی

میانگین های دارای حروف مشترک، فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

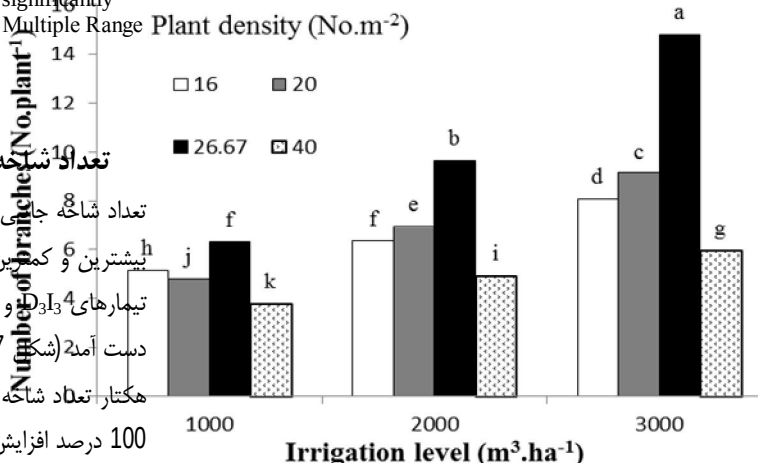
Fig. 6- Effect of irrigation levels on 1000-seed weight of borage

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha=5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.

افزایش رشد سبزینه ای و رویشی گیاه در شرایط اعمال آبیاری کامل، منجر به تشکیل دانه های کوچک تر، ولی بیشتر شده است (Amiri Deh Ahmadi et al., 2012). تحقیقات نشان دهنده وجود رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد می باشد، به طوری که افزایش یک جزء، کاهش جزء دیگر را به دنبال دارد (Gardner, 1985). جانگیر و سینگ (Jangir & Singh, 1996) کاهش وزن هزار دانه را در دفعات آبیاری بیشتر در گیاه زیره سبز گزارش کردند. همچنین اگر چه در تراکم های مختلف بوته تفاوت معنی داری از نظر آماری روی وزن

هزار دانه مشاهده نشد، اما با افزایش تراکم وزن هزاردانه کاهش یافت. بهدانی و راشد (Behdani & Rashed, 1999) نیز گزارش کردند که تراکم های مختلف تأثیر چندانی بر وزن هزار دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) نداشت، اما در بین تراکم های اعمال شده تراکم 2000 بوته در هکتار (پایین ترین تراکم) بالاترین وزن هزار دانه را دارا بود. به نظر می رسد که افزایش وزن هزار دانه در تراکم های پایین، مکانیسمی در جهت جلوگیری از کاهش عملکرد ناشی از تراکم کم تر بوته باشد.

Means followed by similar letters have not significantly different at $\alpha=5\%$ probability level, Duncan's Multiple Range Test.



شکل 7- اثر مقدار آبیاری و تراکم بوته بر تعداد شاخه جانبی گاوزبان اروپایی

میانگین های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

Fig. 7- Interaction effects of irrigation levels and plant densities on branch number of borage

تعداد شاخه جانبی: اثر ساده و متقابل آبیاری و تراکم بر روی تعداد شاخه جانبی گیاه گاوزبان اروپایی معنی دار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی در مترمربع به ترتیب در تیمارهای $D_{3/3}$ و $D_{4/1}$ با $14/80$ و $3/78$ شاخه جانبی در مترمربع به دست آمده (شکل 7). با افزایش آبیاری از 1000 به 3000 مترمکعب در هکتار تعداد شاخه جانبی در مترمربع در تراکم مطلوب (D_3) بیش از 100 درصد افزایش یافت. با کاهش مقدار رطوبت و افزایش شدت بروز تنش خشکی از رشد رویشی گیاه کاسته شد و از آنجا که در شرایط بروز تنش راهکار گیاه این است که با حداقل رشد رویشی وارد مرحله رشد زایشی شود و دوره رشد خود را به سرعت به اتمام برساند، بنابراین، تعداد شاخه جانبی روندی کاهش نشان داد. کوچکی و

قرار داد. با کاهش مقدار آبیاری خصوصیات رشدی و عملکرد به دلیل بروز تنش رطوبتی کاهش یافت. افزایش تراکم تا 40 بوته در مترمربع از طریق افزایش رقابت درون گونه‌ای نیز کاهش رشد و عملکرد را موجب گردید. به‌طور کلی، بالاترین مقادیر عملکرد گل، دانه و بیولوژیک تعدادگل، بذر و شاخه‌های جانبی برای تیمار 3000 متر-مکعب در هکتار و تراکم بوته 27 بوته در مترمربع به‌دست آمد. بنابراین، برای دستیابی به رشد و عملکرد مطلوب جهت بهره‌برداری از منابع بایستی تأمین مطلوب میزان آب و تراکم مطلوب را جهت دستیابی به عملکرد مناسب مدنظر قرار داد.

همکاران (Koocheki et al., 2006) گزارش کردند که با افزایش فواصل آبیاری تعداد شاخه‌های جانبی در رازیانه روند کاهشی داشت. همچنین با افزایش تراکم بیش از سطح بهینه تعداد شاخه جانبی کاهش پیدا کرد که شاید به‌دلیل محدود شدن فضا برای رشد هر بوته و افزایش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها برای جذب منابع مربوط باشد که در نتیجه رشد رویشی و زایشی را کاهش داده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر آبیاری و تراکم بوته به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد گیاه دارویی گاو زبان اروپایی را تحت تأثیر

منابع

- Alizadeh, A., and Kamali, G.A. 2007. Crops Water Requirements. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran. 223 pp. (In Persian)
- Amiri Deh Ahmadi, S.R., Rezvani Moghaddam, P., and Ehyae, H.R. 2012. The effects of drought stress on morphological traits and yield of three medicinal plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10(1): 116-124. (In Persian with English Summary)
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L., and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovate* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Indian Journal of Crops Production 27: 11-16.
- Behdani, M.A., and Rashed, M.H. 1999. Effect of variety and plant density on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agricultural Science and Technology 12: 57-64. (In Persian with English Summary)
- Berenguer, M., and Faci, J. 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy 15: 43-55.
- Bullock, D.G., Nielson, R.I., and Nyquist, W.E. 2000. A growth analysis comparison of sweet basil growth in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 29: 256-258.
- Carrubba, A., Torre, R.L.A., and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. Proceeding of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 207-213.
- Dastborhan, S., Ghassemi-Golezani, K., and Zehtab-Salmasi, S. 2013. Changes in morphology and grain weight of borage (*Borago officinalis* L.) in response to seed priming and water limitation. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(3): 313-317.
- De Bruyn, J., Pretorius, P., and Human, J.J. 1995. Water sensitive periods during the reproductive growth phase of *Glycine max* L. II Establishing water stress sensitivity. Crop Science 174: 197-203.
- Delaluz, L.A., Fiallot, V.F., Ferradat, C.R., and Borregot, G.M. 2002. Investigación agrícolas an especies de uso frecuente en la medicina tradicional 111. Toronjl de menthe (*Mentha piperita* L.) Revista cubana de Plantas Medicinales 7(2): 1-4.
- Fereres, E., Orgaz, F., and Villalobos, F.L. 1998. Crop productivity in water-limited environments. In: Proceedings of the Fifth ESA Congress, Nitra, the Slovak Republic p. 317-318.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2000. FAO Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture. Special Alert, No. 308. Near East and South Asia.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. The Iowa State University Press. 327 pp.
- Golshadi, A., Ansari, R., Agari, S., Sarrafzadegan, F., and Bashtam, M. 2002. An investigation of knowledge,

beliefs and practice to herbal medicines in population of Isfahan city. Journal of Medicinal Plants 2: 21-28. (In Persian with English Summary)

Hassani, A., and Omidbaygi, R. 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural Sciences 12(3): 47-59. (In Persian with English Summary)

Hopkins, W.G. 1995. Introduction to Plant Physiology. John Wiley and Sons, INC. New York, USA.

Jangir, R.P., and Singh, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy 41: 140-143.

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)

Khajepour, M.R. 1999. Principals of Agronomy. Jihad Daneshgahi Publications Center, Industrial University of Isfahan Branch, Isfahan, Iran. (In Persian)

Koocheki, A. 1998. Production and Improvement of Crops for Dryland. Mashhad University Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Azizi, G. 2006. The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) landraces. Iranian Journal of Field Crops Research 4(1): 131-140. (In Persian with English Summary)

Krishnamoorthy, V., Madalageri, M.B., and Basavaraj, N. 2000. Response of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) to seed rate and spacing. International Journal of Tropical Agriculture 18: 379-383.

Lebaschi, M.H., and Sharifi Ashourabadi, E. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20(3): 249-261. (In Persian with English Summary)

Maman, N., Mason, S.C., Lyon, D.J., and Dhungana, P. 2004. Yield Components of pearl millet and grain sorghum across environments in the Central Great Plains. Crop Science 44: 2138-2145.

Martin, R.J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand Journal of Crops and Horticultural Sciences 28: 37-44.

Mollafilabi, A. 2000. Technology of seed production and mass proliferation of medicinal herbs. Iranian Organization for Scientific and Industrial Researches, Khorasan Center, Iran. (In Persian)

Nadjafi, F., and Rezvani Moghaddam, P. 2002. Effects of irrigation regimes and plant densities on yield and agronomic characteristics of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Agricultural Sciences and Technology 16(2): 59-65. (In Persian with English Summary)

Naghdi Badi, H., Sorooshzadeh, A., Rezazadeh, S., Sharifi, M., Ghalavand, A., and Omid, H. 2007. Review on Borage (Valuable medicinal plant and the plant source of gamma linolenic acid). Journal of Medicinal Plants 24: 1-13. (In Persian)

Noroozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). Pajouhesh and Sazandegi 77: 133-138. (In Persian with English Summary)

Omid Beigi, R. 1996. Producing and Processing of Medicinal Plant. Tarahan Nashr Publication. Mashhad, Iran. 424 pp. (In Persian)

Patel, B.S., Sadaria, S.G., and Patel, J.C. 1996. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water use efficiency of blond psyllium (*Plantago ovata*). Indian Journal of Agronomy 41: 136-139.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Agronomy Journal 5(3): 451-455. (In Persian)

Rezvan Bidokhti, S., Sanjani, S., Dashtban, A.R., and Hesam Arefi, I. 2012. Evaluation of yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.) in different plant densities under deficit irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 10(2): 382- 391. (In Persian with English Summary)

Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C.L., and Munjal, R. 2004. Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. Biologia Plantarum 48(3): 445-448.

Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., and Charles, D.J. 1992. Water stress induced alterations in essential content and composition on of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.

Surendra, S.R., Tomar, K.P., Gupta, K.P., Mohd, A., and Nigam, K.B. 1994. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Indian Journal of Agronomy 30: 442-447.

Wettasinghe, M., and Shahidi, F. 2005. Fe (III) chelation activity of extract of Borago and evening primrose meals. Food Research International 35: 65-71.

Zargari, A. 1982. Medicinal Plants. Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)



Evaluation of Yield and Yield Component of Borage (*Borago officinalis* L.) Affected as Irrigation Level and Plant Density

M. Abdollahi Mayvan¹, S. Khorramdel^{2*}, A. Koocheki³ and R. Ghorbani³

Submitted: 01-03-2014

Accepted: 04-07-2014

Abdollahi Mayvan, M., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2018. Evaluation of yield and yield component of borage (*Borago officinalis* L.) affected as irrigation level and plant density. Journal of Agroecology. 10(2): 327-339.

Introduction

Medicinal plants are in use by a large portion of population for their medicinal therapeutic effects. Borage (*Borago officinalis* L.) is an annual herbaceous, and hairy medicinal plant which height changes within 70 to 100 cm. Stems are straight, often branched, hollow, and covered by tough fibers. Its leaves are alternate and simple and are covered with tough fibers. The flowers are blue and rarely appear white or rose colored. This plant belongs to the family of Boraginaceae. The plant is also commercially cultivated for borage seed oil extracted from its seeds. Water is one of the important factors affecting growth and yield of medicinal plant. Increasing plant production per unit of water is one of the greatest challenges facing the researchers especially in arid and semi-arid regions. Plant density is an important agronomic factor that manipulate micro environment of the field and impacts growth, development and yield of plants. Within certain limits, increase of plant population density decreases the growth and yield per plant but the reverse occurs for yield per unit area. The optimum plant density to attain highest yield may vary with the plant and geographical location. Present study aims to investigate the possibility of improving the yield and yield components of borage affected as irrigation levels and plant densities.

Materials and Methods

A field experiment was conducted as split plot experiment based on a complete randomized block design (CRBD) with three replications at Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2012-2013. Three irrigation levels (1000 (I1), 2000 (I2) and 3000 (I3) m³.ha⁻¹) and four plant densities (16 (D1), 20 (D2), 26.67 (D3), 40 (D4) plants.m⁻²) allocated to the main plot and sub plot, respectively. Water requirement for the medicinal plant under Mashhad climatic conditions was determined by using AGWAT equal to 2000 m³.ha⁻¹. When the plants were yellow harvesting operation was performed. At first, five plants per plot were randomly selected for measurement of yield components. After removal of margins, to determine the seed yield, the remaining area was harvested. The studied criteria were number of flowers, flower yield, biological yield, seed yield, number of seed, 1000-seed weight and number of branches per plant of borage. To analyze the variance of the experimental data and drawing of diagrams, MSTAT-C 8 and Excel software was used. Means were compared according to Duncan multiple test at the 5% probability level.

Results and Discussion

Results showed that simple and interaction effects of irrigation level and plant density were significant on flower yield, seed yield, biological yield, flower number, branch number and seed number of borage. One thousand-seed yield affected significantly by different irrigation levels. These morphological changes in growth can be considered as a morphological adaptation of the medicinal plant to water and environmental stresses to decrease transpiration and to induce a lower consumption of water. The growth is the most important process that is affected by water stress and the decrease in the growth of cells leads to decrease the plant height and number of branches. The highest and the lowest flower yield were observed in I3D3 and I1D1 with 0.81 and 0.14 g.m⁻², respectively. The maximum and the minimum flower number, biological yield and seed yield were

1, 2 and 3- MSc student in Agroecology, Associate Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v10i2.34695

recorded in D3I3 (with 69.60 flows.m⁻², 592.07 g.m⁻² and 29.57 g.m⁻²) and D1I1 (with 3.89 flows.m⁻², 134.42 g.m⁻² and 3.36 g.m⁻²) respectively.

Conclusion

According to the results obtained in the present study, the effects of irrigation levels and plant densities had significant effects on yield and yield components of borage. By increasing in irrigation level improved growth characteristics and yield, but by increasing in plat density up to 40 plants.m⁻² declined its growth and yield due to inter species competition for water and nutrient absorption.

Acknowledgement

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

Keywords: Biological yield, Competition, Flower yield, Medicinal plant, Seed yield



ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برخی گیاهان زراعی در استان کرمانشاه

اشکان عسگری¹، علیرضا کوچکی^{2*} و مهدی نصیری محلاتی²

تاریخ دریافت: 1393/02/10

تاریخ پذیرش: 1393/03/18

عسگری، ا.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م.، 1397. ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برای گیاهان زراعی در استان کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 340-352.

چکیده

تنوع زیستی کشاورزی همواره مبنایی برای تداوم کارکرد سیستم‌های تولید غذا و فراهم‌کننده خدمات فرهنگی و زیباشناختی در جوامع انسانی است. در این مطالعه، تنوع گیاهان زراعی در استان کرمانشاه با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون، یکنواختی سیمپسون و تشابه سورنسون برای کل استان و شهرستان‌ها به تفکیک محاسبه شدند. برای محاسبه این شاخص‌ها از سطح زیرکشت گیاهان در شهرستان‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که در این استان 19 گونه مورد کشت و کار قرار گرفته که به هشت تیره گیاهی تعلق داشتند در این بین بیشترین سطح زیرکشت مربوط به تیره‌های پوآسه (71%) و لگومینوز (25%) و در بین گیاهان، گندم (*Triticum aestivum* L.) (51%) و نخود (*Cicer arietinum* L.) (23%) بود. بالاترین غنای گونه‌ای در شهرستان‌های صحنه (19)، کرمانشاه (17) و سرپل ذهاب (17) مشاهده گردید. شهرستان‌های هرسین (2/48)، صحنه (2/24) و کنگاور (2/2) بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون را دارا بودند. روند شاخص‌ها در بازه زمانی بین سال‌های 1378 تا 1388 نشان داد که مقدار شاخص شانون مزارع دیم استان با گذشت زمان کاهش یافته ($R=0/48$) که دلیل آن کاهش یکنواختی بوده است. در نهایت، همبستگی بین شاخص‌های شانون با سیمپسون (0/78) و غنای گونه‌ای با یکنواختی (-0/85) در سطح احتمال 1% معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سورنسون، شاخص شانون، شاخص یکنواختی، غنای گونه‌ای

مقدمه

(Falco & Chavas, 2009). همچنین، گزارش شده است که تنوع

گیاهان زراعی بر افزایش بهره‌وری کشاورزی از طریق احیاء خاک و کنترل هجوم آفات، باعث امنیت و ثبات درآمد کشاورزان می‌گردد (Asrat et al., 2010; Di Falcao et al., 2010; Di Falcao & Perrings, 2005).

از طرفی، شاخص‌های تنوع گونه‌ای برای تصمیم‌گیری در مورد مدیریت، حفاظت بوم‌نظام و همچنین به‌عنوان شاخصی از سلامت و کارکرد بوم‌نظام محسوب می‌شوند (Chapin et al., 2000; Chiarucci et al., 2011; Hooper et al., 2012). الگوهای تنوع گیاهی عمدتاً توسط عوامل محلی مانند خاک، مدیریت، سابقه کاربری اراضی و فعل و انفعالات زیستی تعیین می‌شود (Michalcová et al., 2011; Reitalu et al., 2012).

برای نشان دادن وضعیت تنوع شاخص‌های متعددی ارائه شده است (Chiarucci et al., 2011; Magurran, 2004). به‌طوری‌که

تنوع زیستی می‌تواند به‌عنوان یک پشتیبان در انجام فرآیندهای زیست محیطی و شکل‌گیری خدمات بوم‌نظام عمل کند (Borrval et al., 2000; Petchey et al., 1999; Baumgartner & Quaas, 2008). تنوع زیستی شامل تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع بوم‌نظام‌ها می‌شود (Ghalegolab Behbahani et al., 2013). شواهدی وجود دارد که تنوع گیاهان زراعی اهمیت زیادی در نظام‌های اکولوژیکی و خدمات بوم‌نظام دارند (Wood & Lenne, 1999; Tilman et al., 1996; Loreau & Hector, 2001). کشت گونه‌های متعدد زراعی می‌تواند ریسک تولید و قیمت را کاهش دهد (Di

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*)- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir)

محصولات کشاورزی در سیزده شهرستان استان کرمانشاه بوده که در طی بازه زمانی بین سال‌های 1378 تا 1388 ثبت شده بود. به‌منظور تعیین مقدار تنوع زیستی محصولات، شاخص‌های غنای گونه‌ای، تنوع شانون، سیمپسون، یکنواختی سیمپسون، کارماگو و تشابه سورنسون در هریک از شهرستان‌ها با استفاده از معادله 1 تا 5 محاسبه گردید.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (1) \text{ معادله}$$

$$H' = - \sum_i p_i \ln p_i \quad (2) \text{ معادله}$$

$$E_c = 1 - \left(\sum_{i=1}^s \sum_{j=1+i}^s \left[\frac{p_i - p_j}{s} \right] \right) \quad (3) \text{ معادله}$$

$$E \frac{1}{D} = \frac{1/D}{s} \quad (4) \text{ معادله}$$

$$Similarity = \frac{2V_{ij}}{V_i + V_j} \quad (5) \text{ معادله}$$

P_i : نسبت سطح زیر کشت گونه i به کل سطح، S : تعداد کل گونه‌ها، D : مقدار شاخص سیمپسون، H : شاخص تنوع شانون، E_c : شاخص کارماگو، E : شاخص یکنواختی سیمپسون، V_{ij} : تعداد گونه-های مشترک دو منطقه، V_i : تعداد گونه‌های منطقه اول و V_j : تعداد گونه‌های منطقه دوم می‌باشد (Shannon, 1948; Simpson, 1949). محاسبه شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology انجام شد.

نتایج و بحث

گونه‌های موجود در استان

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، 19 گونه گیاهی در سطح استان مورد کشت و کار قرار گرفته بود (جدول 2). نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) تعداد گونه‌های زراعی از گروه غلات، حبوبات و علوفه‌ای را برای استان کرمانشاه 20 گونه گزارش کردند که در این بین گندم، نخود (*Cicer arietinum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به‌ترتیب بیشترین

در اکثر مطالعات شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون-وینر و سیمپسون مورد استفاده قرار می‌گیرند (Magurran, 2004; Gauthier et al., 2014 Butturi et al., 2010). غنای گونه‌ای ساده‌ترین روش اندازه-گیری تنوع است که تفاوت فراوانی افراد را در نظر نمی‌گیرد در حالی-که شاخص شانون، تنوع را با توجه به فراوانی افراد هر گونه نشان می‌دهد (Gotelli & Colwell, 2001; Margalef, 1958; Magurran, 2004; Shannon, 1948).

نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2005) با بررسی تنوع گونه‌های زراعی با استفاده از شاخص‌های غنای گونه‌ای و شانون-وینر در ایران و تعداد آن‌ها را 37 گونه گزارش نمودند که از این تعداد 7 گونه پاییزه و 30 گونه بهاره بود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) با ارزیابی وضعیت تنوع نظام‌های زراعی در ایران عنوان کردند که دو نظام زراعی رایج در کشور مبتنی بر گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oriza sativa* L.) است، همچنین تناوب‌های زراعی در کشور دارای تنوع زیادی نیستند و طول دوره آن‌ها کوتاه بوده که این امر موجب ناکارآمدی تناوب‌ها شده است و در کل تنوع زیستی کشاورزی ایران ضعیف می‌باشد. نجندرا (Nagendra, 2002) مقدار شاخص‌های شانون و سیمپسون را به‌منظور اندازه‌گیری تنوع دو چشم‌انداز در کشور هند مقایسه کرد. اِب (Abebe, 2013) تنوع گیاهان زراعی را در جنوب اتیوپی با استفاده از شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون و یکنواختی تعیین کرد.

هدف از این مطالعه بررسی تنوع محصولات زراعی در استان کرمانشاه از طریق محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی و مقایسه تنوع گونه‌ای بین شهرستان‌های استان و همچنین، تعیین روند سطح زیرکشت و مقدار شاخص‌های تنوع در بازه زمانی بین سال‌های 1378 تا 1388 بود.

مواد و روش‌ها

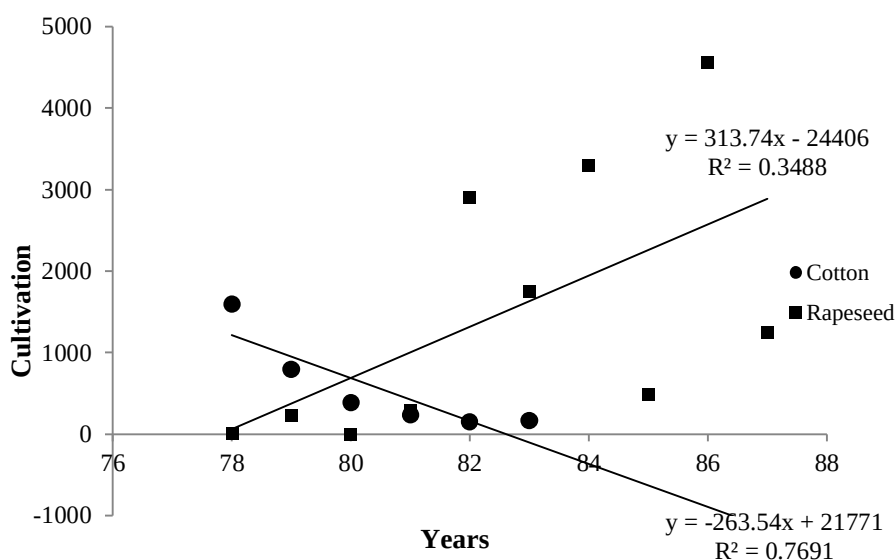
استان کرمانشاه با وسعتی بالغ بر 2/5 میلیون هکتار بین عرض جغرافیایی 33 تا 35 درجه شمالی و طول 45 تا 47 درجه شرقی در غرب کشور قرار دارد. سطح اراضی کشاورزی استان حدود 950 هزار هکتار است که برابر با 5 درصد کل اراضی کشاورزی کشور می‌باشد. داده‌های مورد نیاز این مطالعه از دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. داده‌ها مربوط به سطح زیرکشت

کمترین سطح زیرکشت را دارا بودند. گونه‌های گیاهی موجود در منطقه به هشت تیره گیاهی تعلق داشتند، که تیره‌های لگومینوز (5)، پوآسه (4) و سولاناسه (3) به‌ترتیب بیشترین تعداد گونه و از نظر سطح زیرکشت پوآسه (71%) و لگومینوز (25%) به‌ترتیب بالاترین درصد زیرکشت را دارا بودند (جدول 1).

سطح زیرکشت را به خود اختصاص دادند. به‌طوری‌که 51% از زمین‌های کشاورزی استان تحت کشت گندم و 23% زیرکشت نخود قرار داشت. با توجه به گزارش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) نظام‌های زراعی استان کرمانشاه مبتنی بر کشت گندم بوده است. همچنین گیاهان توتون (*Nicotiana rustica* L.)، خربزه (*Cucumis melo* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌ترتیب

جدول 1- درصد سطح زیرکشت تیره‌های گیاهی موجود در استان کرمانشاه
Table 1- Percentage of cultivation area family plant in Kermanshah province

تیره Family	تعداد گونه Number of species	درصد سطح زیرکشت Percentage of cultivation area
Poaceae گندمیان	4	71.21
Leguminosae بقولات	5	25.58
Chenopodiaceae چغندریان	1	1.46
Solanaceae سیب زمینیان	3	0.58
Cucurbitaceae کدوئیان	3	0.57
Brassicaceae شب بوئیان	1	0.33
Alliaceae سیر	1	0.16
Malvaceae پنبه‌کیان	1	0.1



شکل 1- سطح زیرکشت پنبه و کلزا در استان کرمانشاه طی سال‌های 1378-1388
Fig. 1- Cotton and rapeseed cultivation areas in Kermanshah province during 1999-2009

جدول ۲ - گونه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه
Table 2-Observed species in the studied region

نام Name	نام علمی Scientific Name	تیره Family	هرسین Harsin	گیلان غرب Gilan-e Gharb	کنگاور Kangawar	کرمانشاه Kermanshah	قصر شیرین Qasr-e Shirin	صحنه Sahneh	سنقر Sonqor	سربل Sarpol	روانسر Ravansa	دالاهو Dalahu	جوانرود Javanruds	پاوه Paweh	اسلام آباد Eslamabad
پنبه Cotton	<i>Gossypium</i> sp.	Malvaceae	*	*	-	*	*	*	-	*	-	-	-	-	-
پیاز Onion	<i>Allium cepa</i>	Alliaceae	*	-	-	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-
توتون Tobacco	<i>Nicotiana rustica</i>	Solanaceae	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*	-
جو Barley	<i>Hordeum vulgare</i>	Poaceae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
چندرند Sugar beet	<i>Beta vulgaris</i>	Chenopodiaceae	*	-	*	*	-	*	*	-	-	-	-	-	*
خربزه Honeydew	<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae	-	-	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	*
خیار Cucumber	<i>Cucumis sativus</i>	Cucurbitaceae	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*
ذرت Corn	<i>Zea mays</i>	Poaceae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*
سیب زمینی Potato	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae	*	-	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	*
شیر Clover	<i>Trifolium</i> sp.	Leguminosae	*	*	*	*	-	*	*	*	*	-	*	*	-
برنج Rice	<i>Oriza sativa</i>	Poaceae	-	*	*	-	*	*	*	*	-	-	-	-	-
عدس Lentil	<i>Lens culinaris</i>	Leguminosae	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*
کزرا Rapeseed	<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	*	*	*	*	-	*	*	*	*	-	*	-	*
گندم Wheat	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
گوجه فرنگی Tomato	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Solanaceae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
لوبیا bean	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Leguminosae	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	*
نخود Chickpea	<i>Cicer arietinum</i>	Leguminosae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
هندوانه Watermelon	<i>Citrullus vulgaris</i>	Cucurbitaceae	*	-	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	*
پودجه Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Leguminosae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*

منابع آبی بوده و باعث شده کشاورزان اقدام به کشت محصولات متنوع تری نمایند. با توجه به این که 73% از گونه‌های استان به صورت بهاره کشت می‌شوند و همچنین با توجه به شرایط اقلیمی استان، در صورتی می‌توان اقدام به کشت آن‌ها نمود که مزارع آبیاری شوند، همین عامل سبب شده که تنوع مزارع آبی استان بیشتر از اراضی دیم باشد. در بین گونه‌های موجود 15 گونه فقط به صورت آبی کشت می‌شوند و امکان کشت دیم فقط برای چهار گونه وجود دارد.

شاخص شانون وینر

تنوع تنها به وسیله تعداد گونه‌ها تعیین نشده، بلکه فراوانی گونه‌ها نیز عامل مهمی در افزایش تنوع محسوب می‌شوند. در شاخص شانون-وینر تنوع با توجه به سطح زیرکشت هر گونه و نسبت آن به کل سطح زیرکشت محاسبه می‌گردد که مقدار تنوع ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است (Magurran, 2004). در این مطالعه مقدار این شاخص برای کل استان 1/92 به دست آمد، بیشترین مقدار این شاخص مربوط به مزارع آبی شهرستان‌های پاوه (2/56)، صحنه (2/52) و هرسین (2/48) می‌باشد. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) گزارش کردند که تنوع گونه‌ای ارتباط زیادی با عوامل اقلیمی به خصوص بارندگی دارد. همچنین مقدار شاخص شانون برای اراضی آبی استان 2/51 به دست آمد که از شانون مزارع دیم (1/48) بیشتر بود. در کلیه شهرستان‌ها به جز شهرستان دالاهو مقدار این شاخص مانند غنای گونه‌ای برای مزارع آبی از دیم بیشتر بود. در شهرستان دالاهو بر خلاف مناطق دیگر مقدار این شاخص در مزارع دیم بیشتر از آبی بود که دلیل آن مربوط به یکنواختی سطح زیر کشت محصولات دیم در مقایسه با محصولات آبی بوده و از طرفی مقدار غنای گونه‌های آبی کم و غالبیت گندم نیز وجود داشت که این عوامل در مجموع باعث این تناقض یا به عبارت دیگر بیشتر بودن شاخص شانون مزارع دیم در مقایسه با آبی شد. همان‌طور که از جدول (3) پیداست مقدار شاخص شانون در مزارع آبی از دیم بیشتر بوده که نشان‌دهنده تأثیرگذاری آب از طریق امکان آبیاری نمودن مزارع بر تنوع گونه‌های زراعی بوده است. گیاهانی مانند چغندر (*Beta vulgaris* L.)، سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.)، کلزا، برنج و ... در استان فقط در صورت وجود آب برای آبیاری قابل کشت

برخی گونه‌ها مانند گندم، جو، نخود و گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) تقریباً در تمام مناطق استان کشت می‌شوند. در محدوده زمانی این مطالعه سطح زیرکشت بعضی از محصولات روند صعودی داشته و برخی نیز کاهش یافته که نمونه بارز آن کلزا (*Brassica napus* L.) و پنبه است. در بین سال‌های 1378 تا 1388 سطح زیرکشت پنبه کاهش یافته و در مقابل کلزا روندی افزایشی داشته، سطح زیرکشت پنبه با سرعت بیشتری کاهش پیدا کرده یا به تعبیر دیگر مقدار شیب خط آن بیشتر از کلزا است. به عبارت دیگر کلزا تا حدی جایگزین کشت پنبه در استان شده است که دلیل آن مرتبط با ترویج و تشویق به کشت کلزا در منطقه و از طرف دیگر واردات پنبه می‌باشد که باعث اقتصادی نبودن تولید این محصول در منطقه گردید (شکل 1).

بررسی سطح زیرکشت محصولات آبی و دیم استان نشان داد که 23% سطح زیر کشت گیاهان زراعی مربوط به مزارع آبی و 77% زیرکشت محصولات دیم می‌باشد. همچنین تعداد گونه‌های بهاره 14 و پاییزه 5 گونه می‌باشد که 73% گونه‌ها بهاره و فقط 27% به صورت پاییزه کشت می‌شوند. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) درصد گونه‌های زراعی بهاره و پاییزه را در ایران به ترتیب 81% و 19% گزارش کردند که نتایج ایشان تا حدودی مشابه با نتایج این تحقیق می‌باشد.

شاخص‌های تنوع زیستی

شاخص غنای گونه‌ای: این شاخص نشان‌دهنده تعداد گونه‌های کشت شده بدون در نظر گرفتن سطح زیرکشت یا فراوانی آن‌ها در یک منطقه می‌باشد (Seaby & Henderson, 2007). به طور کلی، شاخص دقیقی برای نمایش تنوع محسوب نمی‌شود. نجنندرا (Nagendra, 2002) عنوان کرد که غنای گونه‌ای به تنهایی نمی‌تواند مقدار واقعی تنوع را بدون در نظر گرفتن فراوانی هر گونه نشان دهد.

نتایج حاصل از محاسبه شاخص غنای گونه‌ای نشان داد که مقدار این شاخص در کل استان کرمانشاه 19 است و شهرستان‌های صحنه (19 گونه)، کرمانشاه (17 گونه) و سرپل ذهاب (17 گونه) بالاترین مقدار را داشتند (جدول 3). غنای گونه‌ای مزارع آبی استان (19) بسیار بیشتر از اراضی دیم (8) بوده است (شکل 2) که دلیل آن دسترسی به

هستند. بنابراین، کشت این گیاهان در مزارع آبی صورت می‌گیرد که باعث افزایش تعداد گونه‌ها و در نتیجه مقدار این شاخص شده است.

جدول 3- شاخص‌های تنوع زیستی محصولات زراعی در استان کرمانشاه

Table 3- Biodiversity indices of crops in Kermanshah Province

شاخص Index	غنا گونه‌ای Species richness	تنوع Diversity						یکنواختی Evenness					
		شانون-وینر Shannon wiener				سیمپسون Simpson 1-d		سیمپسون Simpson 1/d			کامارگو Carmago		
		کل Total	کل Total	آبی Irrigated	دیم Dryland	کل Total	آبی Irrigated	کل Total	آبی Irrigated	دیم Dryland	کل Total	آبی Irrigated	دیم Dryland
استان Province	19	1.92	2.51	1.48	0.65	0.71	0.6	0.15	0.18	0.31	0.16	0.24	0.28
اسلام آباد Eslamabad	14	1.79	2.4	1.38	0.62	0.74	0.57	0.19	0.28	0.58	0.18	0.29	0.53
پاوه Paweh	11	2.11	2.56	1.45	0.69	0.79	0.59	0.29	0.46	0.62	0.3	0.45	0.58
جوانرود Jawanroud	10	1.78	2	1.43	0.63	0.66	0.6	0.28	0.33	0.5	0.26	0.34	0.45
دالاهو Dalahu	6	1.39	0.72	1.37	0.57	0.25	0.57	0.39	0.45	0.6	0.35	0.46	0.54
روانسر Ravansar	8	1.76	1.46	1.52	0.65	0.5	0.64	0.36	0.28	0.92	0.33	0.31	0.85
سرپل Sarpol	17	1.88	1.64	1.43	0.58	0.5	0.58	0.14	0.11	0.6	0.17	0.15	0.57
سنقر Sonqor	16	1.78	2.46	1.33	0.58	0.75	0.52	0.15	0.25	0.52	0.17	0.26	0.49
صحنه Sahneh	19	2.24	2.52	1.58	0.67	0.67	0.63	0.16	0.16	0.55	0.2	0.26	0.5
قصر شیرین Qasr-e Shirin	15	1.22	1.97	0.58	0.34	0.62	0.18	0.1	0.19	0.24	0.13	0.22	0.25
کرمانشاه Kermanshah	17	2.02	2.1	1.55	0.68	0.65	0.64	0.18	0.17	0.7	0.18	0.2	0.64
کنگاور Kangawar	16	2.2	2.25	1.67	0.69	0.65	0.66	0.2	0.19	0.58	0.22	0.26	0.53
گیلانغرب Gilan-e Gharb	13	1.56	1.62	1.71	0.54	0.5	0.63	0.17	0.16	0.54	0.17	0.21	0.53
هرسین Harsin	16	2.48	2.48	1.03	0.75	0.74	0.48	0.25	0.24	0.64	0.26	0.26	0.59

غالبیت را افزایش داده است (شکل 3). نجندرا (Nagendra, 2002) گزارش کرد مقدار شاخص شانون و سیمپسون در دو چشم انداز با غنای گونه اییکسان، پاسخ متفاوتی داشته‌اند که دلیل تفاوت بین آن‌ها مقدار یکنواختی گونه‌ها بوده است. مقدار کاهش شاخص شانون مزارع دیم در این بازه زمانی حدود 0/06 در سال بوده است. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده گیاهان گندم (52%)، جو (17%)، نخود (30%) و عدس (1%) تنها گونه‌هایی هستند که به‌صورت دیم در استان کشت می‌گردند.

همچنین محاسبه شاخص شانون در سال‌های مورد مطالعه نشان داد که مقدار این شاخص طی بازه زمانی مورد مطالعه برای مزارع آبی و شاخص کل تقریباً ثابت بوده است، ولی مقدار شاخص شانون مزارع دیم روند کاهشی داشته و شیب خط آن نیز بیشتر بوده، هرچه شیب خط بیشتر باشد نشان‌دهنده کاهش سریع‌تر مقدار این شاخص در طول زمان می‌باشد که دلیل آن مرتبط با افزایش سطح زیر کشت گندم و جو و کاهش سطح زیر کشت نخود و عدس (*Lens culinaris* Medic.) بوده که همین امر یکنواختی بین این گیاهان را کاهش و

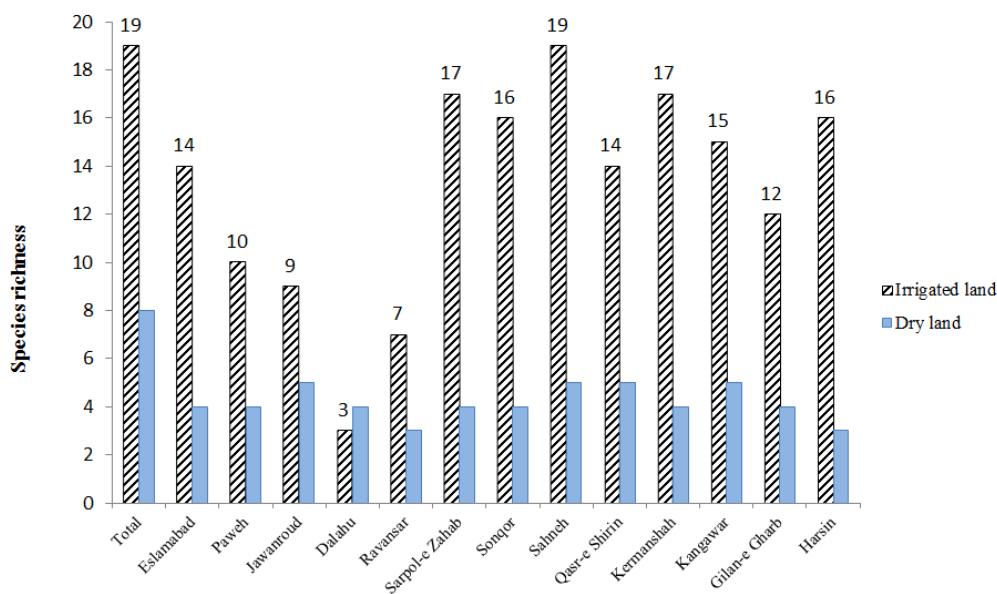
مقدار عددی این شاخص بین صفر و یک قرار دارد، زمانی که تمام گونه‌ها در دو منطقه مشابه باشند مقدار این شاخص برابر با یک خواهد بود که 100 درصد شباهت را نشان می‌دهد (Boyce & Ellison, 2001). نتایج حاکی از آن است که شهرستان سنقر با شهرستان‌های صحنه (0/94)، کنگاور (0/96) و کرمانشاه (0/94) و شهرستان صحنه با کرمانشاه (0/94) و کرمانشاه با هرسین (0/96) و در نهایت، کنگاور با اسلام آباد (0/93) بیشترین تشابه را در گونه‌های زیرکشت با یکدیگر دارا بودند (جدول 4). یکی از دلایل شباهت گونه‌های کاشته شده در شهرستان‌های کنگاور، سنقر، صحنه، هرسین و کرمانشاه نزدیکی جغرافیایی آن‌ها به یکدیگر است که باعث به وجود آمدن شرایط محیطی تقریباً مشابهی گردیده است. در کل مقدار شباهت شهرستان‌های استان از نظر گونه‌های زراعی با یکدیگر بالا بود که دلیل آن حضور تعدادی از گونه‌ها به صورت مشترک بین تمام شهرستان‌ها می‌باشد که این امر، افزایش مقدار شاخص سورنسون را به همراه داشت.

شاخص یکنواختی سیمپسون

شاخص یکنواختی سیمپسون مقدار یکنواختی گونه‌های زراعی را از نظر فراوانی یا سطح زیرکشت در مناطق مورد نظر نشان می‌دهد. مقدار این شاخص بین صفر و یک قرار داشته و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد مقدار یکنواختی بیشتر خواهد بود (Seaby & Henderson, 2007). در بین شهرستان‌های مورد مطالعه بیشترین یکنواختی مربوط به مزارع دیم شهرستان روانسر (0/92) و کرمانشاه (0/7) بود که نمایان‌گر این موضوع است که گونه‌های دیم در این مناطق سطح زیرکشت تقریباً یکسان داشته و یا گونه غالب وجود ندارد، ولی در سایر شهرستان‌ها به دلیل سطح زیرکشت بالای گندم مقدار این شاخص پایین است که به نوبه خود غالبیت گندم را در این مناطق بیان می‌کند (جدول 3).

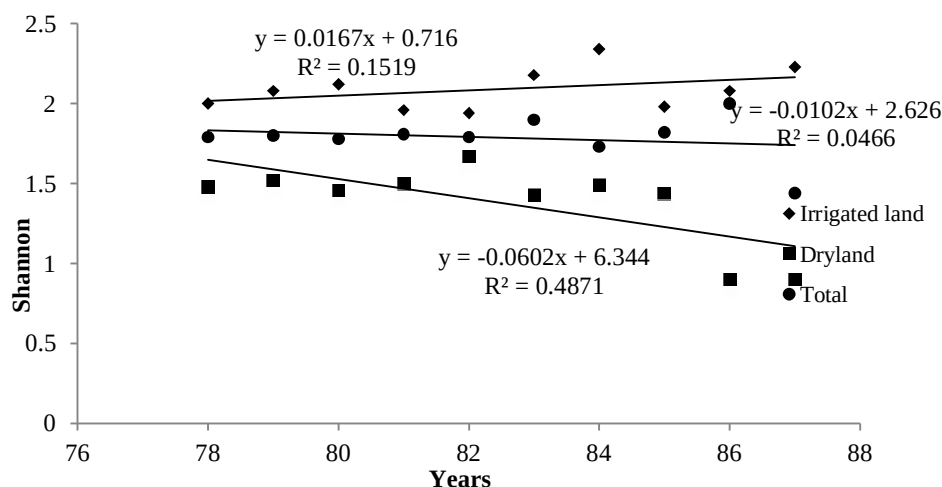
شاخص تشابه سورنسون

کاربرد اصلی این شاخص بررسی میزان شباهت یا مقایسه مناطق از نظر تشابه گونه‌های موجود در آن‌ها می‌باشد (Magurran, 2004).



شکل 2- غنای گونه‌ای گیاهان زراعی در مزارع دیم و آبی استان کرمانشاه

Fig. 2- Species richness index of crops in irrigated and dryland farms of Kermanshah province



شکل 3- مقدار شاخص شانون در استان کرمانشاه و روند آن در بازه زمانی 1378-1388

Fig. 3- The Shannon index of Kermanshah and trends in the period 1999-2009

جدول 4- مقدار شاخص تشابه سورنسون بین شهرهای استان کرمانشاه

Table 4- The Sorenson similarity index between the cities of Kermanshah Province

	Esalamabad اسلام آباد	Paweh پاوه	Jawanroud جوانرود	Dalahu دالاهو	Ravansar روانسر	Sarpol-e Zahab سرپل ذهاب	Sonqor سنقر	Sahneh صحنه	Qasr-e Shirin قصر شیرین	Kermanshah کرمانشاه	Kangawar کنگاور	Gilan-e Gharb گیلان غرب	Harsin هرسین
Esalamabad اسلام آباد	1												
Paweh پاوه	0.64	1											
Jawanroud جوانرود	0.58	0.76	1										
Dalahu دالاهو	0.6	0.7	0.75	1									
Ravansar روانسر	0.63	0.6	0.8	0.57	1								
Sarpol-e Zahab سرپل ذهاب	0.83	0.62	0.68	0.52	0.64	1							
Sonqor سنقر	0.9	0.71	0.68	0.52	0.64	0.94	1						
Sahneh صحنه	0.84	0.73	0.77	0.48	0.59	0.94	0.94	1					
Qasr-e Shirin قصر شیرین	0.82	0.69	0.59	0.57	0.52	0.93	0.87	0.88	1				
Kermanshah کرمانشاه	0.9	0.71	0.68	0.52	0.64	0.94	0.94	0.94	0.87	1			
Kangawar کنگاور	0.93	0.66	0.85	0.54	0.66	0.9	0.96	0.91	0.83	0.9	1		
Gilan-e Gharb گیلان غرب	0.74	0.75	0.8	0.63	0.76	0.86	0.8	0.81	0.78	0.8	0.82	1	
Harsin هرسین	0.86	0.74	0.71	0.54	0.66	0.9	0.9	0.91	0.83	0.96	0.8	0.82	1

همبستگی بین شاخص‌ها

برای پی بردن به رابطه بین شاخص‌ها از آزمون همبستگی استفاده شد، نتایج نشان داد که بین شاخص‌های محاسبه شده در مطالعه روابط معنی‌داری وجود دارد. همبستگی بین دو شاخص تنوع شانون و تنوع سیمپسون در سطح احتمال یک درصد ($0/87^{**}$) معنی‌دار گردید، زیرا این دو شاخص میزان تنوع را با توجه به فراوانی بیان می‌کنند. همچنین رابطه غنای گونه‌ای با شاخص‌های یکنواختی سیمپسون ($-0/85^{**}$) و کارماگو ($-0/77^{**}$) معنی‌دار و از نوع

معکوس است که رابطه منفی بین آن‌ها را نشان می‌دهد با افزایش غنای گونه‌ای، یکنواختی کمتر می‌شود. در این مطالعه با افزایش غنای گونه‌ای مقدار یکنواختی کاهش یافته یا به عبارتی غالبیت تعدادی از گونه‌های زراعی خاص افزایش می‌یابد که بر روی این شاخص‌ها اثر منفی داشت و یا به عبارت دیگر، گونه‌هایی مانند پنبه، خربزه، برنج و توتون وجود دارند که سطح زیرکشت آن‌ها پایین است که باعث افزایش غنای گونه‌ای می‌شوند، در حالی که کاهش شاخص یکنواختی را به همراه دارند.

جدول 5- همبستگی بین شاخص‌های تنوع زیستی محاسبه شده
Table 5- The correlation between biodiversity indices calculated

شاخص Index	غنای گونه‌ای Species richness	شانون وینر Shannon wiener	تنوع سیمپسون Simpson	یکنواختی سیمپسون Simpson evenness	کارماگو Carmago
Species richness	1				
Shannon wiener	0.47 ^{ns}	1			
Simpson	0.08 ^{ns}	0.87 ^{**}	1		
Simpson evenness	-0.85 ^{**}	-0.03 ^{ns}	0.39 ^{ns}	1	
Carmago	-0.77 ^{**}	0.11 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.98 ^{**}	1

تنوع گروه‌های کارکردی

در این مطالعه مقدار شاخص غنای گونه‌ای، شانون و یکنواختی برای هر یک از گروه‌های کارکردی محاسبه شد. مقدار شاخص شانون محصولات جالیزی (2/1) بیشترین مقدار را داشتند و غلات 1/07، محصولات علوفه‌ای 0/97، گیاهان صنعتی 1/33 و حبوبات 0/18 به‌دست آمد که تقریباً مقادیر شاخص شانون غلات و

محصولات علوفه‌ای مشابه مقدار گزارش شده نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) برای استان کرمانشاه بود. مقدار شانون برای حبوبات کمترین مقدار را داشت که دلیل آن بالا بودن سطح زیرکشت نخود در مقایسه با عدس و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در منطقه مورد نظر می‌باشد.

جدول 6- شاخص‌های تنوع زیستی برای گروه‌های کارکردی
Table 6 - Biodiversity indices for functional groups

	غنای گونه‌ای Species richness	شانون وینر Shannon wiener	یکنواختی Evenness
غلات Cereal	4	1.07	0.43
حبوبات Legume	3	0.18	0.34
صنعتی Industrial	5	1.33	0.37
علوفه‌ای Forage	2	0.97	0.96
جالیزی Kitchen garden	5	2.1	0.78

نتیجه‌گیری

در بین شهرستان‌های استان بیشترین غنای گونه‌ای مربوط به صحنه، کرمانشاه و سرپل ذهاب می‌باشد، در حالی که بیشترین مقدار شاخص شانون مربوط به شهرهای هرسین، کنگاور و صحنه است، نشان می‌دهد که شاخص غنای گونه‌ای بالا لزوماً نشان‌دهنده تنوع زیستی بالا نمی‌باشد. تنوع بالا در این شهرها عمدتاً به دلیل کشت گیاهان متنوع و در مساحت‌های تقریباً برابر است که خود مانع غالبیت گونه‌ها می‌گردد. کلاً در این مطالعه مقدار تمامی شاخص‌های محاسبه

شده برای بیان تنوع زیستی گیاهان کشاورزی، در مزارع آبی استان از مقدار آن‌ها برای کل اراضی (مجموع آبی و دیم) و اراضی دیم بیشتر بوده است که تأثیرگذاری منابع آبی را بر تنوع در سطح استان نشان می‌دهد. همچنین نتایج آزمون‌هایی که برای پی بردن به شباهت شهرستان‌ها از نظر تنوع محاسبه شد نشان دادند که شهرهایی که از نظر جغرافیایی به یکدیگر نزدیک‌تر هستند تا حدی تنوع مشابهی را دارند.

منابع

- Abebe, T. 2013. Determinants of crop diversity and composition in Enset-Coffee agroforestry homegardens of Southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 114: 29-38.
- Asrat, S., Yesuf, M., Carlsson, F., and Wale, E. 2010. Farmers' preferences for crop variety traits: lessons for on-farm conservation and technology adoption. *Ecological Economics* 15: 2394-2401.
- Baumgärtner, S., and Quaas, M.F. 2010. Managing increasing environmental risks through agro-biodiversity and agri-environmental policies. *Agricultural Economics* 41: 483-496.
- Borrvall, C., Ebenman, B., and Jonsson, T. 2000. Biodiversity lessens the risk of cascading extinction in model food webs. *Ecology Letters* 3: 131-136.
- Boyce, R.L., and Ellison, P.C. 2001. Choosing the best similarity index when performing fuzzy set ordination on binary data. *Journal of Vegetation Science* 12: 711-720.
- Butturi, D., Junior, M.P., Giacomini, H., and Junior, P.M. 2014. Computer intensive methods for controlling bias in a generalized species diversity index. *Ecological Indicators* 37: 90-98.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C., and Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chiarucci, A., Bacaro, G., and Scheiner, S.M. 2011. Old and new challenges in using species diversity for assessing biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences* 366: 2426-2437.
- Di Falco, S., and Chavas, J.P. 2009. On crop biodiversity, risk exposure and food security in the highlands of Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics* 91: 600-611.
- Di Falco, S., and Perrings, C. 2005. Crop biodiversity, risk management and the implications of agricultural assistance. *Ecological Economics* 55: 459-466.
- Di Falco, S., Bezabih, M., and Yesuf, M. 2010. Seeds for livelihood: crop biodiversity and food production in Ethiopia. *Ecological Economics* 15: 1695-1702.
- Gauthier, O., Sarrazin, J., and Desbruyères, D. 2010. Measure and mis-measure of species diversity in deep-sea chemosynthetic communities. *Marine Ecology Progress Series* 402: 285-302.
- Ghalegolab Behbahani, A., Khoshbakht, K., Tabrizi, L., and Davari, A. 2013. A comparative assessment of Agrobiodiversity indices in farms, gardens and home gardens (Case study: of Jajrood basin). *Journal of Agroecology* 5(2): 161-168. (In Persian with English Summary)
- Gotelli, N.J., and Colwell, R.K. 2011. Estimating Species Richness. In: Magurran, A.E., McGill, B.J. (Eds.), *Frontiers in Measuring Biodiversity*. Oxford University Press, New York, NY p. 39-54.
- Hooper, D.U., Adair, E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E.K., Hungate, B.A., Matulich, K.L., Gonzalez, A., Duffy, J.E., Gamfeldt, L., and O'Connor, M.I. 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* 486: U105-U129.

- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Asghaipoor, M.R., and Khodashenas, A. 2004. Biodiversity of fruits and vegetables in Iran. *Journal of Iranian Field Crops Research* 2: 79-87. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Jahanbin, and Zarae, A. 2004. Diversity of cultivars in Iran. *Desert* 9: 49-67. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zarea Fizabadi, A., and Jahanbib, G. 2004. Diversity of cropping system in Iran. *Pajouhesh and Sazandegi* 63: 70-83. (In Persian with English Summary)
- Loreau, M., and Hector, A. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature* 412: 72-76.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford. UK. 256p.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36-71.
- Michalcová, D., Gilbert, J.C., Lawson, C.S., Gowing, D.J.G., and Marrs, R.H. 2011. The combined effect of waterlogging, extractable P and soil pH on diversity: a case study on mesotrophic grasslands in the UK. *Plant Ecology* 212: 879-888.
- Nagendra, H. 2002. Opposite trends in response for the shannon and simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22: 175-186.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. *Desert* 10: 33-50. (In Persian with English Summary)
- Petchey, O.L., McPhearson, P.T., Casey, T.M., and Morin, P.J. 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402: 69-72.
- Reitalu, T., Purschke, O., Johansson, L.J., Hall, K., Sykes, M.T., and Prentice, H.C. 2012. Responses of grassland species richness to local and landscape factors depend on spatial scale and habitat specialization. *Journal of Vegetation Science* 23: 41-51.
- Seaby, R.M.H., and Henderson, P.A. 2007. *Measuring and understanding biodiversity*. Publisher Pisces Conservation p. 132.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423.
- Simpson, E.G. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688-689.
- Tilman, D., Wedin, D., and Knops, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- Wood, D., and Lenné, J.M. 1999. *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management*. (Eds.), CABI, Wallingford.



Evaluation of Biodiversity Indices for Some Agronomical Plants in Kermanshah Province

A. Asgari¹, A. Koocheki^{2*} and M. Nassiri Mahallati²

Submitted: 30-04-2014

Accepted: 08-06-2014

Asgari, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. 2018. Evaluation of biodiversity indexes of crops in Kermanshah province. Journal of Agroecology. 10(2): 340-352.

Introduction

Agrobiodiversity has been operated as a foundation for sustaining food production systems and ecosystem services function in human societies. Biodiversity is known as a source for the environmental process and ecosystem services. Ecologists believe that increasing the species richness in farms is the cause of ecological stability in crops. Many studies have been done in relation with the importance of crop diversity. Most of them stated that crop diversity is one the main key to form ecosystem services in ecological ecosystem. Economically, polyculture can reduce production risk. Furthermore, crop diversity can lead to increase productivity by several procedures such as pest control and soil fertility. Eventually, crop diversity brings economic stability. The purpose of this study, was to calculate crop diversity using the biodiversity indices in Kermanshah province.

Materials and Methods

Kermanshah province is located in west of Iran with latitude of 33 to 35 and longitude of 45 to 47 and covers 2.5 million hectares. Crop data includes planting area in 13 cities during 1999 and 2010. Thirteen cities in the area were evaluated in the study, including Eslamabad, Paweh, Jawanroud, Dalahu, Ravansar, Sarpol-e Zahab, Sonqor, Sahneh, Qasr-e Shirin, Kermanshah, Kangawar, Gilan-e Gharb, Harsin. Crop data was obtained from ministry of agriculture. In order to quantify crop diversity, Species richness, Shannon, Simpson, Simpson evenness and Sorenson similarity, indices were calculated. We used the planting area of varoiuse crops to calculate the indices. The Ecological Methodology software was applied to calculate mentioned indices.

Results and Discussion

According to our study, 19 crop species was planted in study area. Wheat was highest planted crop followed by wheat, chickpea, barley and corn so that 51% of planted area was devoted to wheat and 33% was devoted to chickpea. All the 19 crop species was classified into eight families. Leguminos, Poaceae and Solanaceae had highest number of species, respectively. Poaceae (71%) and Leguminos (25%) were highest in terms of planting area. The results of present study demonstrated that 23% of crops type was planted as irrigated and 77% as dry farming. Moreover, 14 species were categorized as summer crops and five species as winter crops. Species richness was 19 across the province. Species richness in Sahneh (19 species), Kermanshah (17 species) and Sarpol Zahab (17 species) were highest. A big difference was obtained between Species richness in irrigated lands (19) and drylands (8), irrigated lands was more that drylands. It may be as result of water availability in irrigated lands. Shannon index was acquired 1.92 in Kermanshah province and highest value was obtained in irrigated land of Pave (2.56) and followed by Sahneh (2.52) and Harsin (2.48). Shannon index in irrigated lands (2.51) was more than drylands (1.48). These findings may attribute to water availability; the crops such as sugar beet (*Beta vulgaris* L.), potato (*Solanum tuberosum* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), canola (*Brassica napus* L.) and paddy would plant if water is available for irrigation. Among the cities, highest Simpson evenness was belonged to dry lands of Ravansar (0.92) and Kermanshah (0.7). It implied that there is no dominant crop in these area or crops are uniformly distributed across the area. However, in other

1 and 2- PhD student of Agroecology and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v10i2.34755

cities wheat (*Triticum aestivum* L.) is dominated; so, evenness is low. Shannon index was highest for kitchen garden and it was around 2.1 followed by cereals (1.07), forage (0.97), industrial crops (1.33) and beans (0.18). Finally, correlation between Shannon and Simpson indices (0.78**) and species richness and evenness (-0.85**) were calculated.

Conclusion

Wheat and chickpea (*Cicer arietinum* L.) are the most popular crops and are cultivated in Kermanshah province (west of Iran), however, these plants are dominance than others. Cultivate monoculture systems in the province has increased the vulnerability of agricultural systems and for the low diversity, the risk of pests, diseases, and weeds are high than diverse systems.

Keywords: Evenness index, Shannon index, Sorenson index, Species richness



شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی ایران:

2- معرفی گیاهان کم بهره‌برداری شده و فراموش شده

علیرضا کوچکی^{1*}، پرویز رضوانی مقدم¹، اشکان عسگری² و رضا رستمی²

تاریخ دریافت: 1393/02/08

تاریخ پذیرش: 1393/03/31

کوچکی، ع، رضوانی مقدم، پ، عسگری، ا، و رستمی، ر. 1397. شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی ایران: 2- معرفی گیاهان کم بهره‌برداری شده و فراموش شده. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 353-367.

چکیده

به‌منظور شناسایی گونه‌های گیاهان زراعی فراموش شده و بررسی علل خروج این گیاهان از نظام‌های زراعی ایران مطالعه‌ای در سطح استان‌های کشور و نیز براساس طبقه‌بندی اقلیمی در سال 1392 به اجرا درآمد. اجرای پژوهش در دو بخش مطالعات اسنادی و میدانی دنبال شد. گیاهان شناسایی شده بر اساس درجه فراموشی یا کاهش سطح زیرکشت به دو دسته گیاهان کم بهره‌برداری شده و فراموش شده تقسیم‌بندی شدند. 16 گیاه کم بهره‌برداری شده متعلق به 12 خانواده گیاهی و سه گیاه فراموش شده متعلق به دو خانواده گیاهی تفکیک و دلایل فراموشی، سابقه تاریخی کشت آن‌ها در ایران و نیز موقعیت و سطح زیر کشت کنونی آن‌ها مورد بحث قرار گرفت. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به منداب (*Eruca sativa* L.)، خشخاش (*Papaver somniferum* L.) و وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) اشاره کرد. جایگزینی این گونه‌ها به وسیله گونه‌های جدید و توان رقابتی کمتر آن‌ها در مقایسه با گیاهان اصلاح شده با عملکرد بالا، تغییرات عمده در سید غذایی و الگوی مصرف، مسائل اجتماعی-اقتصادی و سیاسی و نیز محدودیت‌های اعمال شده به‌دلیل گاه‌آلودگی کاربردهای سوء برخی گونه‌ها از جمله دلایل فراموش شدن و یا کاربرد محدود این گیاهان ارزیابی شد. در این میان جایگزینی به وسیله گونه‌های جدید و نیز پیشرفت‌های فنی در تولید دارو و فرآورده‌های صنعتی شیمیایی به‌عنوان دلیل عمده فراموشی گیاهان با مصرف صنعتی مورد تأکید قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گونه‌های جدید، مواد شیمیایی

مقدمه

الگوهای تنوع ژنتیکی و استفاده از آن‌ها هنوز هم تا حد زیادی مبهم است. امروزه حفاظت از تنوع زیستی یکی از مفاهیم اصلی توسعه پایدار است (Ghalegolab Behbahani et al., 2013). افزایش اتکاء غذایی به محصولات زراعی عمده باعث کوچک شدن سبد غذایی بشر و وابستگی نسل‌های بعدی می‌شود (Prescott-Allen, 1990). این تناقص تغذیه‌ای (Ogle & Grivetti, 1995) ریشه در ساده‌سازی کشاورزی دارد، فرآیندی که برخی از گیاهان بر اساس مزیت نسبی در طیف وسیع‌تری از زیستگاه‌ها کشت می‌شوند. هرچند ساده‌سازی کیفیت مواد غذایی را کاهش داده ولی احتمال برداشت موفقیت‌آمیز را افزایش می‌دهد (Collins & Hawtin, 1999). با این

تنوع زیستی گیاهی تأمین‌کننده غذا، سرپناه، دارو و بسیاری از فرآورده‌های دیگر، زندگی را بر روی کره زمین لذت‌بخش و امکان‌پذیر می‌کند (WCMC, 1992; UNEP, 1995). مراکز تنوع بسیاری از گونه‌های معمول زراعی امروزه شناخته شده است (Zeven & de Wet, 1982)، اما در مورد بسیاری از گونه‌های دیگر، اهمیت محلی،

1 و 2- به‌ترتیب استاد و دانشجوی دکتری، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: Akooch@um.ac.ir)

وجود گرسنگی پنهان در کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در کودکان و افراد مسن قابل رویت است (FAO, 1997) و همچنین در کشورهای توسعه یافته نیز در بین گروه‌های اجتماعی آسیب‌پذیرتر در حال افزایش می‌باشد.

ساده‌سازی بوم‌نظام‌های کشاورزی باعث کمتر استفاده شدن و یا فراموش شدن برخی از گونه‌های زراعی شده که در گذشته نقش قابل توجهی در تغذیه بشر داشته‌اند، ولی امروزه به دست فراموشی سپرده شده‌اند. بسیاری از گیاهان فراموش شده و کمتر استفاده شده به شرایط بومی خود، به‌خوبی سازگارند و نقش قابل ملاحظه‌ای در سید غذایی، مسائل فرهنگی و اقتصادی جوامع محلی داشته‌اند (Rezvani Moghaddam, 2008)، که این عوامل اهمیت آن‌ها را نشان می‌دهد. گیاهان فراموش شده و کمتر استفاده شده، گیاهانی هستند که به‌صورت سنتی در مراکز اصلی که از آن منشأ گرفته‌اند جایی که برای جوامع محلی و استفاده‌های سنتی از اهمیت بالایی برخوردارند کشت می‌شوند، ولی به دلایل متعددی این گیاهان جایگاه خود را در الگوهای زراعی از دست داده‌اند. لذا این گیاهان کمتر به‌وسیله محققین کشاورزی و حفاظت‌کنندگان منابع ژنتیکی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Rezvani Moghaddam, 2008).

با توجه به توزیع جغرافیایی، یک گونه در برخی از مناطق ممکن است به‌صورت کمتر استفاده شده و در مناطق دیگر به‌عنوان یک گیاه اصلی مطرح باشد (Padulosi et al., 1987). با توجه به عامل زمان، درجه فراموش شدن یک محصول ممکن است به‌دلیل سیستم‌های بازاریابی در کشورهای مختلف متفاوت باشد.

عادت تغذیه‌ای در جوامع مختلف یکی از عوامل تأثیرگذار می‌باشد که تغییر آن کار بسیار مشکلی است. مثلاً در آسیا یک غذای بدون برنج (*Oriza sativa* L.) غیر قابل قبول است یا غذای بدون سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یا نان در اروپا یا امریکای شمالی محال است. دلایل و مسائل سیاسی کشت محصولات دانه‌ای اصلی در عمده نقاط جهان باعث شده است که بسیاری از دولت‌ها از طریق پرداخت مقادیر قابل توجهی یارانه در تولید این محصولات و حمایت از آن‌ها از طریق اختصاص بودجه‌های هنگفت جهت تحقیقات و بازاریابی آن‌ها، این گیاهان را در الگوهای کشت خود حفظ کنند (Rezvani Moghaddam, 2008).

در قرن گذشته عمده تحقیقات کشاورزی در جهان بر روی چند محصول استراتژیک از جمله سویا (*Glycine max* L.)، ذرت (*Zea*

mays L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج و سیب زمینی متمرکز بوده است. تحولات شگرفی که در این محصولات با بهره‌گیری از فناوری‌های مختلف از جمله اصلاح و دست‌ورزی‌های ژنتیکی، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی صورت پذیرفته، منجر شده که قدرت رقابت گیاهان بومی و منطقه‌ای که برای قرن‌ها نیازهای غذایی و لیفی جمعیت کره زمین را تأمین می‌کرده‌اند کاهش پیدا کند. نتیجه این روند کاهش تدریجی جایگاه این گونه گیاهان در الگوهای مختلف کشت در سراسر جهان و نتیجه آن کاهش تنوع زیستی کشاورزی شده است. بنابراین برنامه‌ریزی دقیق و مدون در عرصه‌های پژوهش و فناوری در زمینه گیاهان فراموش شده و کمتر استفاده شده، به‌منظور جلوگیری از فراموشی این گیاهان مهم و با ارزش ضروری است.

هدف از این مطالعه شناسایی گونه‌های زراعی فراموش شده و کمتر استفاده شده در کشور، شناسایی گیاهان جدیدی که جایگزین گیاهان فراموش شده و کمتر استفاده شده در هر منطقه شده‌اند و بررسی علل خارج شدن این گیاهان از نظام‌های زراعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا اطلاعات مورد نیاز برای هر گونه گیاهی در فرم اطلاعاتی مخصوص که بدین منظور طراحی شد، جمع‌آوری گردید که در آن اطلاعاتی از قبیل نام محلی، مشخصات منطقه کشت، گروه‌بندی گیاهان بر اساس نوع مصرف (نظیر غلات، گیاهان صنعتی، علوفه‌ای، دارویی و غیره)، سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح، نوع رشد بر اساس فصل (پاییزه، بهاره و دو منظوره)، گروه‌بندی بر اساس تیپ رشد علفی، بوته‌ای یا درختچه‌ای، نیازهای زراعی و علل خارج شدن از تناوب زراعی و یا کمتر استفاده شدن آن گنجانده شد.

در این مرحله بررسی و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از منابع اطلاعاتی و اسنادی موجود در استان‌ها، پایگاه‌های اطلاعاتی و اینترنتی انجام شد. همچنین تحقیقات نظری، مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعه و بررسی گزارش‌ها و مستندات موجود در سطح هر منطقه صورت گرفت و بعضاً در برخی مناطق مطالعات میدانی نیز صورت گرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از این مطالعه، گیاهان شناسایی شده بر حسب کاهش سطح زیرکشت به دو دسته گیاهان کمتر استفاده شده و فراموش شده تقسیم شدند که در قسمت اول گیاهان کمتر استفاده شده معرفی می گردند:

الف) گیاهان کمتر استفاده شده در ایران

گیاهان کمتر استفاده شده، شامل آن دسته از گیاهان می‌شود که در برخی مناطق فراموش شده ولی در برخی نقاط دیگر ایران مورد کشت و کار قرار گرفته و در مناطقی نیز با کاهش سطح زیرکشت مواجه شده‌اند (جدول 1).

جدول 1- اسامی گیاهان کمتر استفاده شده در ایران
Table 1- Names of under utilized crops in Iran

نام	نام علمی	خانواده
Name	Scientific name	Family
ارزن	<i>Panicum miliaceum</i> L.	گندمیان
Millet		Poaceae
سورگوم	<i>Sorghum bicolor</i> L.	گندمیان
Sorghum		Poaceae
چاودار	<i>Secale cereale</i> L.	گندمیان
Rye		Poaceae
کنف	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	پنیرک
Kenaf		Malvaceae
کتان	<i>Linum usitatissimum</i> L.	لیناسه
Flax		Linaceae
بزرک	<i>Linum usitatissimum</i> L.	لیناسه
Flax		Linaceae
اسپرس	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	حبوبات
Sainfoin		Fabaceae
خلر	<i>Lathyrus sativus</i> L.	حبوبات
Lathyrus		Fabaceae
گلرنگ	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	کاسنی
Safflower		Asteraceae
کنجد	<i>Sesamum indicum</i> L.	کنجد
Sesame		Pedaliaceae
کرچک	<i>Ricinus communis</i> L.	فرفیون
Castor bean		Euphorbiaceae
شاهدانه	<i>Cannabis sativa</i> L.	شاهدانه
Cannabis		Cannabaceae
روناس	<i>Rubia tinctorum</i> L.	روناسیان
Rubia		Rubiaceae
حنا	<i>Lawsonia inermis</i> L.	لیتراسه آ
Henna		Lythraceae
سیب زمینی شیرین	<i>Ipomoea batatas</i> L.	نیلوفران
Sweet potato		Convolvulaceae
تنباکو	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	بادمجانیان
Tobacco		Solanaceae

1-ارزن

ارزن با نام علمی *Panicum miliaceum* L. متعلق به تیره گندمیان می‌باشد. این گیاه در ایران و برخی کشورها سابقه کشت زیادی دارد و نیز در مناطق گرمسیر به مقدار زیاد کشت می‌شود.

گزارش‌های تاریخی زیادی مبنی بر سابقه زراعت ارزن در ایران وجود دارد. که برخی معتقدند در دوران ساسانیان (Fazel Pour, 2001; Olfati, 1995) و قاجاریه (Bagheri Zonoz, 2003) در ایران از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. نصیری و همکاران (Nassiri et

(al., 2004) اظهار داشتند که ارزن در استان‌های آذربایجان غربی، شرقی، اصفهان، خراسان، فارس و کردستان کشت می‌شده است و آن را یک گیاه در حال فراموشی معرفی کردند. ارزن با داشتن پتانسیل بالا برای مطرح شدن در مناطق خشک در ایران جایگاه مناسبی ندارد، ولی می‌توان آن را به عنوان یک گیاه فراموش شده تلقی کرد (Nabati & Rezvani Moghaddam, 2006; Seghatoleslami et al., 2005).

این گیاه علی‌رغم این‌که سابقه کشت و کار طولانی در ایران و جهان دارد، ولی ورود و توسعه گیاهان دانه‌ای دیگر مانند ذرت موجب کاهش اهمیت این گیاه گردید، زیرا عملکرد کمتری نسبت به ذرت دارد. عوامل ضد کیفیت در دانه و همچنین حساسیت به حمله پرندگان موجب عدم تمایل کشاورزان به کشت این محصول شده است. معرفی گونه‌های جدید غلات دانه‌ای، از دست رفتن قدرت رقابت این گونه‌ها در مقایسه با گونه‌های پر محصول، تغییرات تدریجی در تقاضا، اقتصاد و مسائل فرهنگی، سیاسی و ممنوعیت‌های مذهبی و در نهایت حذف تدریجی گروه‌های محلی که روش‌های کشت و طبخ این گیاهان را به‌خوبی می‌دانستند از جمله عوامل متعدد در فراموشی گیاهان زارعی به‌شمار می‌آید (Normohamadi et al., 2005).

2- سورگوم

ذرت خوشه‌ای با نام علمی *Sorghum bicolor* L. گیاهی یک - ساله از تیره گندمیان است. کشت این گیاه از زمان‌های خیلی قدیم در آفریقا و هندوستان متداول بوده است (Samadi, 1983). گزارش‌هایی مبنی بر کشت آن پس از ظهور اسلام در کرمان وجود دارد (Yavari, 1980). قدرت تحمل خشکی سورگوم از سایر غلات زیادتر است و به شتر گیاهان زراعی معروف است (Imam, 2003). سورگوم جایگاه مطلوبی در کشور ندارد و کاشت آن محدود و عمدتاً با هدف تأمین علوفه برای دام انجام می‌شود (Rezvani Moghaddam, 2008). سطح زیرکشت آن در ایران در سال 1365 فقط شش هزار هکتار گزارش شده، ولی در سال 1382 به چهل هزار هکتار افزایش یافته است.

باتوجه به این‌که هدف اصلی از کاشت سورگوم، دانه می‌باشد گیاهی مانند ذرت توانسته با عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر جایگزین آن شود که موجب کاهش قیمت جهانی آن در مقایسه با ذرت شده است

(Rezvani Moghaddam, 2008). همچنین در گیاه سورگوم ماده - ای به نام اسیدسیانیدریک وجود دارد که به‌عنوان یک ماده ضد کیفیت برای این گیاه محسوب می‌شود که همین عامل تأثیر منفی بر کشت آن دارد. این عوامل مجموعاً سبب شده سطح زیرکشت این گیاه کاهش یافته و به سمت فراموشی پیش برود.

3- چاودار

چاودار گیاهی با نام علمی *Secale cereale* L. از تیره گندمیان می‌باشد. در گذشته نه چندان دور در مناطق سردسیری ایران کشت آن رواج داشته ولی رفته رفته محدود شده است (Imam, 2003). برخی مورخان معتقدند که چاودار در ایران باستان مورد کشت و کار قرار می‌گرفته است (Fazel Pour, 2001). معمولاً به‌منظور استفاده از دانه برای تغذیه انسان کشت می‌شود. نان حاصل از آرد چاودار دیرتر از نان گندم کیفیت خود را از دست می‌دهد. چاودار کاربرد فراوانی دارد از علوفه سبز و تازه آن برای تغذیه دام و از ساقه آن برای بافتن حصیر و تولید الکل استفاده می‌شود (Khodabandeh, 1994). سطح زیرکشت این محصول از 3500 هکتار در سال 1370 به حدود 300 هکتار در سال 1379 رسیده است که کاهش شدید سطح زیرکشت این گیاه را نشان می‌دهد (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). نورمحمدی و حاج سیدهدادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) چاودار را به‌عنوان یک گیاه در حال فراموشی در ایران معرفی کردند.

دلایل متعددی برای کاهش سطح زیرکشت چاودار در اکوسیستم‌های کشاورزی وجود دارد. رنگ نان چاودار تیره تر از نان گندم است همچنین ارزش غذایی کمتری از گندم دارد (Imam, 2003). مقدار عملکرد این محصول کمتر از جو (*Hordeum vulgare* L.) و گندم است و می‌توان به تحقیقات علمی نیز اشاره کرد که محققان بیشتر تمایل به سمت گندم دارند که همه این عوامل موجب کاهش روز افزون این محصول شده است. نکته قابل ذکر سیاست‌های دولت بر خودکفایی گندم و حمایت از آن بر کشت این محصول بی‌تأثیر نبوده است. باید خاطر نشان کرد که در گذشته قدرت خرید مردم کم بوده و با توجه به قیمت چاودار از آن برای تهیه نان استفاده می‌شده است، ولی در حال حاضر الگوی مصرف خانوارهای ایرانی نسبت به قبل تغییر کرده است.

4- کنف

کنف با نام علمی *Hibiscus cannabinus* L. گیاهی است از تیره پنبرک¹ و از گیاهان بومی مناطق گرم و مرطوب می‌باشد. سابقه کشت طولانی در کشور دارد (Bagheri Zonoz, 2003; Birjandi, 2008). کشت و کار کنف در ایران تا قبل از احداث کارخانجات کنف جنبه صنعتی نداشت و در شمال ایران زارعین برای رفع بعضی احتیاجات خود مثل تهیه طناب و برای بافتن وسایل صید ماهی از آن استفاده می‌کردند (Samadi, 1983). در بین گیاهان لیفی، اقتصادی‌ترین گیاه برای تولید خمیر کاغذ، گیاه کنف می‌باشد به‌طوری که عملکرد کاغذ کنف بیشتر از کاغذ حاصل از چوب درختان است؛ همچنین خمیر حاصل از کنف نسبت به باگاس نیشکر، برتری دارد. از کنف در تولید گونی، نخ، صافی قند، طناب، تور ماهیگیری، نخ فرش ماشینی، موکت، عایق‌بندی لوله‌ها و بستر دام استفاده می‌شود (Khodabandeh, 1994).

کنف در استان‌های فارس و کرمان نیز کشت می‌شود علاوه بر این در شهرستان‌های ایرانشهر، بندرعباس، میناب و مهران و استان خوزستان نیز می‌تواند کاشته شود (Khodabandeh, 1994; Samadi, 1983). سطح زیرکشت کنف در سال 1349 حدود 4000 هکتار با میانگین 1250 کیلوگرم تولید الیاف در هکتار (Khajeh Pour, 1991)، در سال 1350 به 2157 هکتار رسید (Karimi, 2004) و در سال 1365 حدود 40 هکتار گزارش شده است (Khajeh Pour, 1991). نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) و همچنین نورمحمدی و حاج سیدهادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) گزارش کردند که کنف یک گونه فراموش شده در ایران است. کنف از جمله گیاهان فراموش شده است که کار تحقیقاتی زیادی در کشور ایران برای آن صورت نگرفته و کشت آن به‌صورت یک محصول فرعی در استان‌های شمالی کشور می‌باشد (Khajeh Pour, 1991). هزینه‌های تولید این گیاه نسبت به الیاف مصنوعی بالا بوده و توان رقابت با آن‌ها را ندارد (Rezvani Moghaddam, 2008). در گذشته به‌طور گسترده برای تولید الیاف پوست آن در منطقه گرگان کشت می‌شده است، اما با توسعه فناوری تولید الیاف مصنوعی به‌تدریج به فراموشی سپرده شد. عدم وجود صنایع گونی بافی در کشور یکی دیگر از دلایل مرتبط با کاهش کشت کنف می‌باشد.

5- کتان

کتان با نام علمی *Linum usitatissimum* L. از تیره لیناسه² گیاهی علفی و یک‌ساله از دولپه‌ای‌ها می‌باشد. با توجه به شواهد تاریخی این گیاه در دوره ساسانی (Bagheri Zonoz, 2003; Birjandi, 2008; Hamedani, 1989) در ایران کشت می‌شده است.

این گیاه در استان‌های آذربایجان شرقی، غربی، اصفهان، خوزستان، زنجان، فارس، کرمان، لرستان و مازندران به‌صورت پراکنده کشت می‌شود (Khodabandeh, 1994). سطح زیرکشت این گیاه در سال 1340 حدود 9000 هکتار بوده و در سال 1365 به 2280 هکتار رسیده است. با در نظر گرفتن توسعه کشت پنبه (*Gossypium sp*) و افزایش مصرف الیاف مصنوعی، سطح زیرکشت کتان همچنان روند کاهشی داشت تا در سال 1379 به 107 هکتار رسید (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). چنین وضعیتی گویای آن است که در صورت عدم برنامه‌ریزی مناسب و تغییر رویه، از هم اکنون می‌توان این گیاه را به عنوان یک گیاه فراموش شده در نظر گرفت. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) و نورمحمدی و حاج سیدهادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) از آن به‌عنوان یک گیاه در حال فراموشی نام بردند. با توجه به استفاده‌های فراوانی که این گیاه در صنعت پارچه بافی، روغن کشی و دارویی دارد، ولی سطح زیرکشت این گیاه اندک است (Khajeh Pour, 1991). همچنین نبودن ادوات مکانیزاسیون جهت کاشت و برداشت از دلایل عدم توسعه این گیاه می‌باشد. متأسفانه تحقیقات کمی بر روی این گیاه در خصوص نیازهای زراعی و اکولوژیکی در ایران صورت گرفته است که همین امر موجب شده است که جایگاه مطلوبی در الگوهای کشت نداشته باشد.

6- بزرک

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) از تیره لیناسه و کتان از نظر گیاه‌شناسی یک گونه محسوب می‌شوند، ولی از نظر خصوصیات رشدی متفاوت می‌باشند. عموماً بزرک برای روغن کاشته می‌شود و دارای الیاف کوتاه با کیفیت پایین است (Khajeh Pour, 1991). روغن بزرک کاربرد فراوانی برای مصرف دارویی، خوراکی و صنایع رنگ دارد. بزرک در آذربایجان غربی سابقه کشت داشته (Nassiri et al., 2004).

al., 2004) و سطح زیرکشت آن در سال 1355 در بیشترین مقدار خود بوده که حدود 14000 هکتار با عملکرد کمتر از 500 کیلوگرم دانه در هکتار تخمین زده شده است (Khajeh Pour, 1991).
بزرگ یک گیاه روغنی بوده و در صنایع رنگ‌سازی کاربرد دارد و ورود روغن‌های حاصل از ترکیبات نفتی مواد روغنی شیمیایی به بازار تا حد زیادی بر تولید این گیاه مؤثر بوده است؛ با توجه به عملکرد بسیار پایین این گیاه (حدود 500 کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عملکرد پتانسیل (بیش از 2 تن در هکتار) و مطلوب (بیش از 1 تن در هکتار) اقتصادی نبودن تولید این گیاه را در ایران باعث شده است و موجب به حاشیه رانده شدن بزرگ گردیده است. همچنین کنجاله این گیاه دارای ماده گلوکزیدی به نام لینامارین است که در بعضی موارد باعث مسمومیت دام می‌شود (Karimi, 2004).

7- اسپرس

اسپرس با نام علمی *Onobrychis vicifolia* Scop. از تیره حبوبات می‌باشد. مبداء اولیه اسپرس نواحی شرقی دریای مدیترانه و آسیای شرقی است (Karimi, 2004). نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) و نورمحمدی و حاج سیدهادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) اسپرس را یک گیاه در حال فراموشی در ایران معرفی کردند. اسپرس از جمله گیاهان علوفه‌ای به‌شمار می‌آید که از این گیاه می‌توان در دیم‌زارها استفاده کرد. گیاه مذکور مقاومت زیادی به چرای مفرط از خود نشان می‌دهد و این گیاه را در مناطق خشک کشت می‌کنند این گونه در استان‌های اردبیل، کردستان، آذربایجان، اصفهان، تهران، قزوین و زنجان سابقه کشت دارد (Sharif Abadi & Sari, 2001). بررسی روند سطح زیر کشت این گیاه در ایران نشان می‌دهد که سطح زیر کشت آن در سال 1369 حدود 69466 هکتار بوده که در سال 1376 به 58894 هکتار رسیده است. روند کاهش سطح زیرکشت آن ادامه داشته تا این‌که در سال 1381 به 36221 هکتار رسید (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004).

توجه به محصولاتی همچون ذرت علوفه‌ای و نیز یونجه (*Medicago sativa* L.) و شبدر (*Trifolium* sp. L.) باعث شده تا سایر محصولات علوفه‌ای از جمله اسپرس در حاشیه قرار گرفته و با این روند مسیر فراموش شدن آن هموار شود. سیاست دولت در جهت خودکفایی گندم و اقدام به کشت گندم دیم در زمین‌های ضعیفی که

قبلاً زیرکشت محصولاتی همچون اسپرس بودند یکی از دلایل کاهش این گیاه تلقی می‌شود.

8- خلر (سنگنک)

خلر با نام علمی *Lathyrus sativus* L. متعلق به تیره حبوبات¹ است. این گیاه به‌طور وسیعی در ایران، خاورمیانه، بخشی از آفریقا و هندوستان کشت می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). ارزش بالای خلر به خاطر تحمل آن در برابر شرایط نامساعد محیطی است. دانه خلر ارزان‌ترین حبوبات در هندوستان است و اغلب به‌عنوان علوفه کشت می‌شود، اما بذره‌ای آن غذای مردم فقیر است (Koocheki & Banayan, 1994). سطح زیر کشت خلر در ایران در سال 1375 معادل 7040 هکتار بوده که در سال 1381 به 1957 هکتار کاهش پیدا کرده است که این روند نشان‌دهنده کاهش 72 درصد سطح زیرکشت این محصول است. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) همچنین نورمحمدی و حاج سیدهادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) خلر را یک گیاه فراموش شده در ایران معرفی کردند.

خلر به‌منظور استفاده از دانه و علوفه کشت می‌شود که مصرف دانه‌های این گیاه به‌مدت طولانی موجب بروز بیماری لاتیریس می‌گردد که در اثر آن انسان فلج می‌شود (Koocheki & Banayan, 1994). همچنین توسعه کشت ارقام مختلف گیاهان علوفه‌ای همچون یونجه و شبدر که در مقایسه با خلر عملکرد بیشتری دارند سبب گرایش زارعین به کشت این گیاهان شده که این عوامل مجموعاً بر توسعه کشت خلر تأثیر منفی داشتند.

9- گلرنگ

گیاهی یک‌ساله یا دوساله با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. از تیره کاسنی² می‌باشد. موطن اصلی گلرنگ کشورهای خاورمیانه به‌خصوص ترکیه و ایران شناخته شده است (Samadi, 1983). از گلبرگ‌های گلرنگ به‌دلیل وجود ماده رنگی کارتامین، به‌عنوان رنگ غذای طبیعی به جای زعفران (*Crocus sativus* L.) استفاده می‌کنند. از روغن دانه آن نیز به عنوان روغن گیاهی مایع کم ضرر خیلی استقبال می‌شود. از دانه گلرنگ برای تغذیه طیور و گلبرگ‌های آن

1- Fabaceae

2- Asteraceae

فارس، خوزستان، خراسان رضوی و اردبیل همه ساله 80 درصد سطح زیر کشت کنجد کشور را به خود اختصاص داده اند (Rashidi, 2012). بررسی سطح زیرکشت این گیاه نشان می‌دهد که بیشترین مربوط به سال 1379 با 62261 هکتار بوده که در سال 1381 به 42282 هکتار رسیده و همواره روند کاهشی داشته است (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). دلایل متنوعی برای کاهش کشت این گیاه در ایران وجود دارد که می‌توان به سستی بودن کشت، حساسیت شدید ارقام کنجد به بیماری‌ها، برداشت سستی و غیر مکانیزه (با توجه به ماهیت محصول به دلیل عدم همزمان رسی کپسول‌ها و ریزش)، جدا بودن این محصول از چرخه یارانه و تسهیلات و نداشتن نرخ خرید تضمینی برای محصول کنجد اشاره کرد (Rashidi, 2012).

11- کرچک

کرچک با نام علمی *Ricinus communis* L. از خانواده فرفیون¹ می‌باشد که به‌صورت یک‌ساله و چندساله وجود دارد. که مبداء اصلی آن هندوستان است و به‌صورت بوته‌های یک‌ساله و چندساله دیده می‌شود. در ایران نیز از قدیم‌الایام به‌صورت یک‌ساله در اغلب نواحی کشور کشت می‌شده و در نواحی گرمسیری بوته‌های چندساله بیشتر هستند (Samadi, 1983). این گیاه سابقه کشت طولانی در ایران دارد، گزارش‌های مختلفی از کاشت آن در دوره ساسانیان (Bagheri Zonoz, 2003) وجود دارد.

روغن کرچک در صنایع پتروشیمی، لاستیک، رنگ، وسایل آرایشی و پزشکی استفاده می‌شود. همچنین به‌عنوان روغن در صنایع هواپیماسازی و نظامی کاربرد دارد (Rezvani Moghaddam, 2008). سطح زیرکشت این گیاه در سال 1381 نسبت به سال 1375 ، 99/6 درصد کاهش داشته و به عبارتی مؤید فراموش شدن کرچک است (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). همچنین نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) گزارش کردند که این گیاه در استان‌های آذربایجان و اصفهان کشت می‌شده و به‌عنوان یک گیاه در حال فراموش شدن در کشور معرفی کردند. روغن کرچک در گذشته کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف داشته ولی امروزه به‌دلیل پیشرفت علم و ساخت ترکیبات شیمیایی و مصنوعی، دیگر کاربرد چندانی ندارد و همین دلایل موجب کاهش روزافزون این گیاه از

برای رنگ‌رزی استفاده می‌شود (Rastgar, 2005).

گلرنگ از قدیم در ایران مخصوصاً در اصفهان، یزد و کرمان و در خراسان و آذربایجان با هدف تهیه رنگ کشت می‌شده است. حداکثر سطح زیرکشت آن در ایران در سال 1370 حدود 1000 هکتار با عملکرد 700 کیلوگرم در هکتار بوده است (Khajeh Pour, 1991). گلرنگ جزء گیاهان کم‌تر استفاده شده تلقی می‌شود، این گیاهان در طول تاریخ بشر به‌طور گسترده کشت می‌شده ولی هم‌اکنون به دلایلی مانند مسائل اقتصادی، فرهنگی و ژنتیکی سطح زیرکشت آن‌ها کاهش یافته است. در طی چند دهه اخیر به دلیل ورود رنگ‌های شیمیایی از اهمیت کشت و کار گلرنگ در ایران کاسته شده است (Rezvani Moghaddam, 2008). همچنین به‌دلیل تمرکز در بهبود خصوصیات ژنتیکی گیاهان اصلی که سهم عمده‌ای در تأمین نیازهای انسان دارند، این گیاهان قدرت رقابت با آن‌ها را ندارند در نتیجه در حال از بین رفتن هستند.

10- کنجد

گیاهی یک‌ساله با نام علمی *Sesamun indicum* L. از گرمادوست و روز کوتاه است. هرودوت مورخ یونانی (425-484 قبل از میلاد مسیح) در آثار خود به این گیاه در محدوده بین‌النهرین اشاره می‌کند و منشاء اصلی کنجد را آسیا و ایران می‌داند. در قدیمی‌ترین اطلاعات می‌توان به کشت آن در ایران حدود 2000 سال قبل از میلاد اشاره کرد که ثابت می‌کند ایران یکی از نقاط عمده کشت کنجد بوده است (Rashidi, 2012). شواهد تاریخی بسیاری درباره زراعت کنجد در کشور وجود دارد (Hamedani, 1989) در زمان استیلای مغول بر ایران (Bagheri Zonoz, 2003) و در دوره انوشیروان (Fazel Pour, 2001) کنجد در مناطق مختلف ایران کشت می‌شده است. کنجد از گیاهان فراموش شده ایران تلقی می‌شود که استفاده‌های روغنی و علوفه‌ای دارد (Safari & Koocheki, 2005; Papari Moghaddam & Bahrani, 2002). نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2004) کنجد را به‌عنوان یک گیاه فراموش شده معرفی کردند که در استان‌های مازندران، اصفهان، خراسان، فارس و کرمانشاه کشت می‌شده است. نورمحمدی و حاج سیدهادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) گزارش کردند کنجد در بعضی نقاط کشور در حال فراموشی است.

زراعت کنجد در 22 استان کشور انجام می‌گیرد و پنج استان

عرصه‌های کشاورزی من جمله در ایران شده است. کنجاله کرچک به دلیل سمی بودن مورد استفاده دام قرار نمی‌گیرد (Karimi, 2004). گیاهچه‌های پاکوتاه این گیاه نمی‌تواند با علف‌های هرز مناطق گرمسیری به خوبی رقابت کنند همچنین آفات و عوامل بیماری‌زای بسیاری کرچک را مورد حمله قرار می‌دهند (Rastgar, 2005).

12-شاهدانه

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* L. از تیره شاهدانه¹ می‌باشد. زراعت شاهدانه در ایران قدمت تاریخی دارد، بر اساس منابع تاریخی در دوران انوشیروان (Birjandi, 2001; Fazel Pour, 2001; Olfati, 1995) کشت می‌شده است. تولید شاهدانه در درجه اول برای استفاده از الیاف آن است که برای تهیه طناب، گونی، نخ قند، کمر بند نجات و برزنت به کار می‌رود (Khodabandeh, 1994). علاوه بر تهیه الیاف، از دانه آن به مقدار زیاد در صنعت روغن کشی و داروسازی استفاده می‌گردد. در لرستان، شیراز، کازرون، آذربایجان و خراسان به صورت پراکنده کشت می‌شده است (Nassiri et al., 2004). سطح زیرکشت شاهدانه در ایران در سال 1381 حدود 816 هکتار گزارش شده است (Koocheki et al., 2004). نورمحمدی و حاج سیدهدادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) از شاهدانه به عنوان یک گیاه در حال فراموشی در ایران نام بردند.

علی‌رغم کاربردهای فراوان دارویی شاهدانه، این گیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات روان گردان (تولید ماری جوانا و حشیش) همواره مورد بی‌مهری در بسیاری از بوم‌نظام‌های زراعی جهان شده که خود عاملی در جهت فراموشی آن محسوب می‌گردد (Rezvani, 2008; Moghaddam, 2008). امروزه استفاده از الیاف مصنوعی و ارزان قیمت سبب تأثیر منفی بر بازار الیاف طبیعی این محصول شده است.

13-روناس

روناس با نام علمی *Rubia tinctorum* L. به خانواده روناسیان² تعلق دارد. بنا بر مستندات تاریخی روناس در قرن ششم قبل از میلاد (دوره ساسانیان) در ایران کشت می‌شده است (Bagheri Zonoz, 2003; Fazel Pour, 2001; Birjandi, 2008). همچنین به نقل از ابومنصور در قرن دهم میلادی، کشت این گیاه در خراسان مرسوم

بوده است (Olfati, 1995). روناس گیاهی صنعتی است و بیشترین مصرف آن برای تولید رنگ می‌باشد. رشد و نمو این گیاه در آب و خاک شور و بازدهی بسیار مطلوب اقتصادی آن باعث گردیده تا مردم اردکان به آن طلای سرخ بگویند. روناس در نواحی غربی ایران، اطراف دماوند، اراک، تبریز، یزد، خوی، دیلمان و ارومیه به صورت وحشی رویش می‌یابد و زراعت آن امروزه بیشتر در استان‌های یزد و کرمان صورت می‌گیرد. شهرستان اردکان به دلیل داشتن خاک‌های شور و مناسب کشت روناس یکی از قطب‌های تولید روناس مطرح می‌باشد به طوری که در این شهرستان متوسط عملکرد خشک ریشه روناس بیش از 9 تن در هکتار با کیفیت مطلوب رنگ قرمز آلیزارین می‌باشد. متوسط عملکرد ریشه روناس در استان یزد بین 4/5 تا 7/5 تن در هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت این گیاه در 1381 حدود 33 هکتار گزارش شده است (Koocheki et al., 2004).

هدف اصلی از کشت روناس تولید رنگ آن است، که با توسعه رنگ شیمیایی مصنوعی کشت این گیاه نیز تحت تأثیر قرار گرفته است. از سال 1376 نیز به علت نزول قیمت روناس کشت به نصف تقلیل یافته و خرید و فروش آن به ندرت صورت می‌گیرد و این امر رکود اقتصادی زیادی در پی داشته و دارد. روناس تا حدی به برخی از بیماری‌ها و آفات نیز حساس است.

14-حنا

حنا با نام علمی *Lawsonia Inermis* L. گیاهی از خانواده لیتراسه³ است. خاستگاه و رویشگاه حنا را عده‌ای هند و برخی مصر باستان می‌دانند. و بر این باورند که این گیاه در سده 12 میلادی از مصر به هند برده شده است (Encarta Encyclopedia, 2003). علاوه بر این که از قدیم الایام در ایران کشت می‌شده، امروزه نیز در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان کشت می‌شود. (Fazel Pour, 2001; Anonymous, 1982). به نقل از ابومنصور در قرن دهم میلادی کشت حنا در سیستان رایج بوده است (Olfati, 1995).

15- سیب زمینی شیرین

سیب زمینی شیرین (*Ipomoea batatas* L.) یک گیاه دو لپه‌ای علفی رونده است که به خانواده نیلوفریان⁴ تعلق دارد (Wolf, 1992).

3- Lythraceae
4- Convolvulaceae

1- Cannabinacea
2- Rubiaceae

رونق خاصی ندارد. دلیل اصلی آن واردات این محصول از سایر کشورهای جهان می‌باشد.

ب) گیاهان فراموش شده در ایران

دسته دوم شامل گیاهانی هستند که در اثر عوامل مختلف با شدت بیشتری از بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران کنار گذاشته شده‌اند و در بیشتر مناطق کشور فراموش شده‌اند (جدول 2).

جدول 2- اسامی گیاهان فراموش شده در ایران		
Table 2 - Names of neglected crops in Iran		
نام	نام علمی	خانواده
Name	Scientific name	Family
منداب	<i>Eruca sativa</i> L.	شب بوئیان
Arugula		Brassicaceae
خشخاش	<i>Papaver somniferum</i> L.	شقایقیان
Opium poppy		Papaveraceae
وسمه	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	حبوبات
Woad		Fabaceae

1- منداب

منداب گیاهی است یک‌ساله با نام علمی *Eruca sativa* L. و متعلق به تیره شب بوئیان² می‌باشد. به‌عنوان یک گیاه بومی ایران مطرح است که قدیم‌الایام از بلوچستان تا مازندران کشت می‌شده است (Olfati, 1995; Nassiri et al., 2004). روغن منداب در صنایع دارویی، غذایی و در گذشته به‌عنوان سوخت کاربرد داشته است. در گذشته از آن به‌عنوان سوخت برای چراغ استفاده می‌شد، در ایران منداب برای تولید روغن و همچنین علوفه کشت می‌شود (Karimi, 2004). سطح زیر کشت این گیاه در سال 1367 حدود 1633 هکتار بوده که در سال 1381 به 99 هکتار کاهش یافته است. با توجه به توسعه کشت گیاهان روغنی دیگر به‌خصوص کلزا (*Brassica napus* L.) در کشور، موجبات فراموش شدن آن فراهم شده است (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004).

امروزه به‌دلیل ورود متنوع منابع سوخت‌های فسیلی به بازار، استفاده از روغن منداب به‌عنوان سوخت به فراموشی سپرده شده است و با توجه به عدم توجیه اقتصادی و عدم تمایل محققین برای کار کردن بر روی این گیاه، تلاشی در بهبود کیفیت روغن تولیدی در این گیاه به‌منظور مصرف انسانی (که به‌دلیل دارا بودن برخی گلیکوزیدها

سیب زمینی شیرین در سال‌های نه چندان دور در استان‌های کرمانشاه، سیستان و بلوچستان و هرمزگان کشت می‌شد، اما متأسفانه در سال‌های اخیر به‌دست فراموشی سپرده شده است. این گیاه به‌دلیل دارا بودن اینولین در صنعت اهمیت زیادی دارد، ولی به‌دلیل ورود ترکیبات مشابه سنتتیک به بازار کشت و کار این گیاه کاهش پیدا کرده است. این گیاه کاربردهای خوراکی و دارویی فراوانی دارد، از آن در تهیه ترشی؛ در درمان معده و کلیه و در رفع تشنگی و تب نیز استفاده می‌شود.

عوامل اقتصادی یکی از تأثیرگذارترین فاکتورها بر فراموشی یک گیاه محسوب می‌شود. خرید کم مردم باعث عدم رونق برخی محصولات در بازار و عدم فروش آن‌ها شده و در نتیجه ناپدید شدن آن‌ها را سرعت می‌بخشد (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). قیمت بالای این محصول در بازار و ذائقه‌پسندی آن در بین مردم و همچنین مقاومت به خشکی و کم توقع بودن به نهاده‌ها، می‌تواند برای توسعه این گیاه مفید باشد (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004).

16- تنباکو

تنباکو با نام علمی *Nicotiana tabacum* L. گیاهی از خانواده بادمجانیان¹ است. مصرف اصلی این گیاه تدخین دود حاصل از سوزاندن برگ‌های خشک آن است که دارای نیکوتین است. این کار با پیچیدن آن در کاغذ یا پیچیدن برگ‌های برش نخورده آن به صورت سیگار، سیگار برگ و یا ریختن آن‌ها در سرقلیان و تدخین (کشیدن) آن‌ها انجام می‌شود. در اواخر قرن پانزدهم میلادی پس از آن که کریستف کلمب قاره آمریکا را کشف کرد، استعمال تنباکو را از سرخ‌پوستان آموخت، از نظر سرخ‌پوستان تنباکو گیاهی مقدس بود. تنباکو به اقتصاد آمریکا کمک شایانی کرد و به اروپا و سپس دیگر نقاط جهان راه یافت.

این گیاه در دوره هخامنشیان (Bahrami, 1951) و قاجاریه (Anonymous, 1982) در ایران کشت می‌شده است. کشت آن در سال 1600 میلادی (Bagheri Zonoz, 2003) و قرن یازدهم هجری در گیلان گزارش شده است (Birjandi, 2008). برخی گزارشات درباره ورود آن از آمریکا حکایت دارد (Sanio Saltaneh, 1911). با این حال، سطح زیر کشت اندکی در کشور دارد و کشت آن

استفاده از آن محدود شده است،) نشده که خود شرایط لازم برای فراموش شدن در بوم‌نظام‌های زراعی را مهیا نموده است. از دیگر کاربردهای این گیاه علوفه برای تغذیه دام می‌باشد که با ورود ارقام مختلف یونجه میزان تقاضای برای علوفه منداب توسط کشاورزان به شدت کاهش یافته است که در نهایت مجموعه این عوامل باعث کاهش سطح زیر کشت این گیاه در عرصه‌های کشاورزی کشور شده است.

2- خشخاش

خشخاش با نام علمی *Papaver somniferum* L. گیاهی یک ساله و سریع‌ال رشد متعلق به تیره شقایقیان¹ می‌باشد. در دوره قاجاریه سهم قابل توجهی در کشاورزی ایران داشته است (Bagheri 2003; Anonymous. 1982) به خصوص در نیمه دوم قرن نوزدهم میلادی به قدری سود حاصل از کشت خشخاش در بین روستاییان بالا بود که از کشت گندم دست کشیدند (Bahrami, 1951). هادی الفتی به نقل از ابومنصور که قرن 10 میلادی می‌زیسته است اشاره‌ای به کشت خشخاش در ایران داشته است (Olfati, 1995). از دانه خشخاش برای تهیه نان در گذشته استفاده می‌شده و روغن آن نیز برای مصارف تغذیه کاربرد داشته است (Rastgar, 2005). بیرجندی (Birjandi, 2008) عنوان کرد که در روزگاران گذشته گیاه خشخاش در استان‌های خراسان، اصفهان، فارس، همدان و کرمانشاه کشت می‌شده است. از سال 1334 به مدت 13 سال کشت خشخاش در ایران به طور کلی ممنوع شد و مبارزه جدی با مصرف تریاک در کشور قوت گرفت که حاصل آن افزایش کشت خشخاش در کشورهای همسایه و گرایش مردم به مصرف مواد مخدر جایگزین به خصوص هروئین شد و نتیجه مطلوبی در بر نداشت. از سال 1347 قانونی تصویب شد که بر اساس آن کشت محدود خشخاش برای مبارزه با قاچاق این ماده و کنترل بازار تقاضای آن در کشور آزاد شد و ضمن آن توزیع کوپنی تریاک به معتادان در کشور انجام می‌شد که این برنامه تا خرداد ماه 59 یعنی دو سال پس از پیروزی انقلاب ادامه داشت و مجدداً از این سال کشت و کار خشخاش در ایران ممنوع شد (Anonymous. 2006).

3- وسمه

جنس گیاه وسمه متشکل از گونه‌های بسیار زیادی که حدود 750 گونه گیاهی می‌باشد که در سراسر مناطق استوایی و زیر استوایی آفریقا، آسیا و آمریکا پراکندگی دارد. وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) گیاهی دو ساله، متعلق به خانواده حبوبات² است در سال‌های اخیر این گیاه به دلیل تولید رنگ طبیعی آبی متالیک مورد توجه قرار گرفته است. جنس *اندیگوفر*³ در ایران شامل شش گونه گیاه درختچه‌ای بوده که در مناطق جنوبی ایران می‌رویند. این گونه‌ها شامل *I. oblongifolia*, *I. argentea*, *Indigofera articulata* و *intricate* هستند (Mozafarian, 1981). این گیاه در ایران به طور عمده در منطقه جیرفت و کهنوج و همچنین در شهرستان‌های ایرانشهر و بم کشت و کار می‌شود. وسمه گیاهی درختچه‌ای است که برگ‌های آن در مصارف اقتصادی تحت عنوان نیل کاربرد دارند. عصاره برگ‌ها و پودر آن در درمان بیماری‌های دیابت، صرع و تصفیه کبد به طور گسترده استفاده می‌شود. این گیاه سابقه کشت و کار طولانی در ایران دارد (Hamedani, 1989; Anonymous, 1982) برخی معتقدند که در دوره ساسانی (نوشیروان) از هندوستان به ایران وارد شده است (Olfati, 1995; Bahrami, 1951; Fazel Pour, 2001). گزارش‌هایی نیز وجود دارد که وسمه در قرن ششم میلادی وارد ایران شده است (Olfati, 1995). در برخی منابع اشاره شده که در استان کرمان (در دوره ساسانیان) و استان خوزستان (در دوره قاجار) کشت می‌شده است (Bagheri Zonoz, 2003). وسمه جزو گیاهانی است که هروری در کتاب ارشاد الزراعة به روش کشت و کار آن اشاره کرده (Olfati, 1995) و همچنین نورمحمدی و حاج سیدهدادی (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004) آن را به عنوان یک گیاه در حال فراموشی معرفی کرده‌اند.

این گیاه در سال 1365 حدود 1694 هکتار سطح زیرکشت داشته که در سال 1381 به 161 هکتار کاهش یافته است. که این امر نشان‌دهنده کاهش 90 درصدی سطح زیرکشت این محصول در مدت زمان کوتاهی می‌باشد. اگر کاهش به همین صورت ادامه داشته باشد این گیاه را باید فراموش شده تلقی نمود. جایگزینی رنگ‌های طبیعی با رنگ‌های مصنوعی یکی از دلایل فراموش شدن محصولات می-

2- Fabaceae
3- Indigofera

1- Papaveraceae

حاکی از ضرورت اجتناب‌ناپذیر در پیدا کردن جایگزین‌های مؤثر در تخفیف تبعات این پدیده می‌باشد. با توجه به همگامی تاریخی بسیاری از گونه‌های گیاهان فراموش شده در تأمین غذا و دارو در کشور ما و نیز سازگاری ضمنی این گیاهان به شرایط متنوع اقلیمی ایران توجه مجدد به این گیاهان یکی از راهکارهای مؤثر در حفظ آن‌ها است. احیای جایگاه این قبیل گیاهان در الگوی کشت و بهره‌گیری از دانش بومی در تولید این گیاهان می‌تواند از راهکارهای موسوم به سازگاری در مواجهه با پدیده تغییر اقلیم قلمداد شود. لازم به یادآوری است که حذف این گونه‌ها از بوم‌نظام‌های زراعی مصادف با فراموشی دانش بومی و آداب و فرهنگ‌های مربوط در تولید این گیاهان می‌باشد. یکی دیگر از دلایل مهم حاشیه‌ای شدن این گیاهان تبدیل کشاورزی سنتی و معیشتی به کشاورزی مدرن و مکانیزه می‌باشد. در این صورت کشاورزان امروزی دیگر به تأمین معیشت و تأمین غذا خود فکر نمی‌کنند، بلکه هدف اصلی آن‌ها حصول درآمد بیشتر می‌باشد. بنابراین، گیاهانی مانند گندم و ذرت که شرایط مکانیزه آن‌ها فراهم است و کارهای به زراعی و بهنژادی زیادی روی آن‌ها صورت گرفته، را کشت می‌کنند. در پایان برنامه‌ریزی‌های مدون برای تحقیقات جامع در حوزه شناخت و فناوری گیاهان فراموش شده که ردپای آن‌ها در تأمین معیشت خانوارهای روستایی هنوز هم دیده می‌شود، لازم و ضروری ارزیابی می‌شود.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهش شماره 1/23665 مورخ 1391/9/22 معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

باشد. نیل (وسمه) نیز یکی از این گیاهان محسوب می‌شود که در حال حاضر تولید رنگ‌های شیمیایی موجب به حاشیه رانده شدن این گیاه در ایران شده است (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004).

نتیجه‌گیری

تحقیقات گسترده و اختصاص بودجه جهت احیای نقش و جایگاه گیاهان فراموش شده از جمله راهکارهای کارگشاه در حمایت از این گیاهان می‌باشد. البته بیشترین چالش‌ها در راستای حمایت از گونه‌های فراموش شده در حال حاضر درک، استقبال و پرداخت عملی به آن‌هاست. یک موضوع مهم در بهبود استفاده از گونه‌های فراموش شده، جهانی‌سازی بازار محصولات کشاورزی است. در ایران نیز توجه بیش از حد به چند محصول استراتژیک و در نظر نگرفتن سایر محصولات زراعی موجب کاهش تنوع زیستی کشاورزی و توسعه تک کشتی در کشور شده است (Normohamadi & Haj Seyed Hadi, 2004). حمایت‌های زیاد از گندم و کلزا از این جمله محسوب می‌گردد. گونه‌های فراموش شده می‌توانند نقش به‌سزایی در تأمین امنیت غذایی و ارتقای سطح کیفی تغذیه‌ای که منادی تأمین امنیت غذایی است، داشته باشند. حذف این گونه گیاهان از سبد غذایی بشر در صورتی بیشتر جلوه گر می‌شود که پیامدهای اجتناب‌ناپذیر تغییر اقلیم بر تولیدات غذایی را مدنظر قرار دهیم. بر اساس مطالعات انجام شده، در ایران تا سال‌های 2015 و 2050 متوسط دمای فصلی، حداقل در زمستان 2 درجه سانتی‌گراد و حداکثر در تابستان 4/7 درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (Koochehi et al., 2007). این پدیده همراه با کاهش بارندگی پاییزه به‌میزان متوسط 8 تا 11 درصد و نیز افزایش طول دوره خشکی به‌صورت توأمان بروز پیدا خواهد کرد. این مسئله

منابع

- Anonymous. 2003. Ground Issues and Dehghani. Agah Publication, Tehran, Iran 265 pp. (In Persian)
- Anonymous. 2006. Historical roles of UK on circulating drug consumption in Iran. Fars News Agency. <http://www.farsnews.com/printable.php?nn=8502110192>. (In Persian)
- Bagheri Zonoz, A. 2003. History of Development Agricultural Sciences of Iran (The ancient period to nowadays). Tehran University Press, Tehran, Iran 328 pp. (In Persian)
- Bahrami, T. 1951. Agriculture History of Iran. Tehran University Press, Tehran, Iran 227 pp. (In Persian)
- Birjandi, A. 2008. Cognition of Agriculture (Chapter Twelve). Mirasemaktoob Research Center, Tehran, Iran 232 pp. (In Persian)
- Collins, W.W., and Hawtin, G.C. 1999. Conserving and Using Crop Plant Biodiversity in Agroecosystems p. 267-281 in Biodiversity in Agroecosystems (W.W. Collins and C.O. Qualset, eds). CRC Press, Boca Raton, Washington.

- Encarta Encyclopedia Deluxe CD. 2003. Microsoft Corporation.
- FAO. 1997. Human Nutrition in the developing World. FAO Food and Nutrition Series No. 29. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fazel Pour, T. 2001. Agricultural History of Period of Sasanian. Pagohandeh Publication 196 pp. (In Persian)
- Ghalegolab Behbahani, A., Khoshbakht, K., Tabrizi, L., and Davari, A. 2013. A comparative assessment of Agrobiodiversity indices in farms, gardens and home gardens (Case study: of Jajrood basin). Journal of Agroecology 5(2): 161-168. (In Persian with English Summary)
- Hamedani, R.F. 1989. Asar o ehya. Tehran University Press, Tehran, Iran 231 pp. (In Persian)
- Imam, Y. 2003. Cereal Crops. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 190 pp. (In Persian)
- Karimi, H. 2004. Crops. Tehran University Press, Tehran, Iran 714 pp. (In Persian)
- Khajeh Pour, M. 1991. Industrial Crop Production. Published by Jahad Daneshgahi, Sanati Isfahan, Isfahan, Iran 251 pp. (In Persian)
- Khodabandeh, N. 1994. Industrial Crops. Sepehr Publication. Tehran, Iran 456pp. (In Persian)
- Koocheki, A., and Banayan, M. 1994. Puls Crops. Jahad. Daneshgahi, Mashhad Publications, Mashhad, Iran 236 pp. (In Persian)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Kamali, G.H. 2007. Climate indices of Iran under climate change. Iranian Journal of Field Crops Research 5: 133-142. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 208-216. (In Persian with English Summary)
- Mozafarian, V. 1981. Dictionary of Plant Names of Iran. Farhang Moaser Press, Tehran, Iran 740 pp. (In Persian)
- Nabati, J., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. The effect of irrigation intervals on qualitative and quantitative traits of forage millet, sorghum and corn. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 21-29. (In Persian with English Summary)
- Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2004. Diversity of crop species in Iran. Desert 10: 33-50. (In Persian with English Summary)
- Normohamadi, G., and Haj Seyed Hadi, M. 2004. Neglected crop in Iran. 8th Iranian Crop Science Congress. Gilan University, Gilan, Iran. (In Persian)
- Normohamadi, G.H., Haj Seyed Hadi, M., Darzi, T., and Movahedi Dehnavi, M. 2005. Missed field and horticultural crops from the year 1492 the other pathway. Islamic Azad University Press, Tehran, Iran 584 pp. (In Persian)
- Ogle, B.M., and Grivetti, L.E. 1995. Legacy of the chameleon: edible wild plants in the Kingdom of Swaziland, Southern Africa. A cultural, ecological, nutritional study. Part II- Demographics, species availability and dietary use, analyses by ecological zone. Ecology of Food and Nutrition 17: 1-30.
- Olfati, H. 1995. History of Agriculture and Animal in Iran. Amir Kabir Publications, Tehran, Iran 788 pp. (In Persian)
- Padulosi, S., Cifarelli, S., Monti, L.M., and Perrino, P. 1987. Cowpea Germplasm in Southern Italy. FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter, Rome, Italy 71: 37-37.
- Papari Moghaddam Fard, A., and Bahrani, M.J. 2005. Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 36: 129-135. (In Persian with English Summary)
- Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Published by Jahad Daneshgahi, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Prescott, A. 1990. How many plants feed the world? Conservation Biology 4: 365-374.
- Rashidi, M. 2012. Sesame role in cropping pattern, productivity and sustainable development in Fars Province. Agriculture Organization of Fars Province. Tehran, Iran. (In Persian)
- Rastgar, M.A. 2005. Industrial Crops. Barahmand Publication 479 pp. (In Persian)
- Rezvani Moghaddam, P. 2008. New and Forgotten Plants. In Modern Agriculture. Edited by: Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. Jahad Daneshgahi, Mashhad Publications p. 446-472. (In Persian)
- Safari, M., and Koocheki, A. 2002. Sesame yield and yield components responses to tillage methods and residue management in different rotations. Journal of Agricultural Science and Technology 16: 27-34. (In Persian with English Summary)
- Samadi, A. 1983. Industrial Crops (oil and fiber plants). Ahvaz Jundishapur University Press, Ahvaz, Iran 273 pp.

(In Persian)

Sanio Saltaneh, A. 1911. Agriculture and Horticulture. Illustrated Library. Tehran, Iran 180 pp. (In Persian)

Seghatoleslami, M.J., Kafi, M., Majidi, I., Nour-Mohammadi, G., Darvish, F., and Ghazizadeh, A. 2005. Effect of drought stress on leaf soluble sugar content, leaf rolling index and relative water content of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 3: 220-231. (In Persian with English Summary)

Sharif Abadi, H., and Sari, M.A. 2001. Forage Crops. Publications of Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran 311 pp. (In Persian)

UNEP. 1995. Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Program University Press, Cambridge, UK.

WCMC. 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources – World Conservation Monitoring Center, Chapman and Hall, London, New York 5494 pp.

Woolfe, J. 1992. Sweet Potato: An Untapped Food Resource, Cambridge University Press, UK.

Yavari, A. 1980. Introduction to the Recognition of Traditional Farming of Iran. Board of Translation and Publication Book, Tehran, Iran 192 pp. (In Persian)

Yoshimoto, M. 1999. Antimutagenicity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) roots. Bioscience Biotechnology and Biochemistry 63: 537-541.

Zeven, A.C., and J.M.J., Wet. 1982. Dictionary of Cultivated Plants and Their Regions of Diversity Excluding Most Ornamentals Forest Trees and Lower Plants. 2nd Ed. Pudoc, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.



Identification and Evaluation of Agronomic and Ecological Neglected Crops in Agroecosystems of Iran:

2 - Introduction of under Utilized and Neglected Crops

A. Koocheki^{1*}, P. Rezvani Moghaddam¹, A. Asgari², R. Rostami²

Submitted: 24-04-2014

Accepted: 21-06-2014

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Asgari, A., and Rostami, R. 2018. Identification and evaluation of agronomic and ecological neglected crops in agroecosystems of Iran: 2 - Introduction of under utilized and neglected crops. *Journal of Agroecology*. 10(2): 353-367.

Introduction

Conventional agriculture has led to a massive erosion of plant genetic resources in agroecosystems, due to agricultural intensification. Such process has resulted in underutilized and neglected crops, many of which were historically adapted to the local environmental conditions, they were grown. These crops were important in terms of both diet and socio-economic aspects of local communities. Underutilized crops are regarded as new crops for those who use them for the first time most of which were used widely once in the past but now due to different reasons are less attracted to the farmers and the users. Neglected crops are still cultivated in their center of origin by the local communities. They contributed significantly to biodiversity of cropping systems. However little is known about the agronomic and environmental criteria of these crops based on the new area of environmental changes. Since neglected crops are low input and extensive in terms of inputs, yield improvement, quality, marketing and policy framework strategies are needed in order to enhance their proper use and economic value. Traditionally these crops were used as food, fiber, fodder, oil and medicinal sources but at present due to their unrecognized properties and also poor consumer's awareness they have not been brought to use in a wide scale. One of the important issues related to the reintroduction of these crops to the cropping system is proper understanding of their properties and the way they could be adapted to the new area of technologies. However, care should be taking to preserve their genetic identity based on the low input cropping systems. The aim of the present study was to identify neglected and underutilized crops in Iran for the possible reintroduction to the cropping systems on the account of serious environmental changes.

Materials and Methods

This study was based on the field and documented data collection by questionnaire field visit, interview and literature review. Species were classified into two groups of underutilized and neglected and their specifications such as local and scientific names, ecological criteria, yield, life span (annual, biennial and perennial), growth form (herb, woody and ...) and cultivation requirements, historical use and present status in the country were investigated.

Results and Discussion

There were 17 less-used species (in 13 families) and 5 forgotten species (in 4 families). Low competitive value of these species compared with those of high productive value crops, introduction of new crop varieties, deep changes in food and drug consumption regime, political and socio-economic factors and finally prohibition for cultivation of some species such as opium were the cause of this neglect. In addition replacement with new species adapted to new technologies was also responsible for substitution. As the demand for new nutritional traits is increasing, neglected crops can overcome the constraints to the wider production and use. Although attempts for large-scale cultivation of neglected and underutilized crops appear to be increasingly exhausted, many species have the potential to contribute to food security, nutrition, health and income generation and consequently more socio-economic benefits. Despite their potential for food diversification and providing

1 and 2- Professor and PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Akooch@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.37111

important nutrients such as vitamins and minerals, they continue to attract little research and development attention.

Conclusion

In the context of the present study underutilized crops for Iran considered to be species such as sesame (*Sesamun indicum*), flax (*Linum usitatissimum*), Jutte (*Hibiscus cannabinus*), castor bean (*Ricinus communis*), sorghum (*Sorghum bicolor*), hemp (*Cannabis sativa*), safflower (*Carthamus tinctorius*), Secale (*Secale cereale*), millet (*Panucum miliaceum*), lathyrus (*Lathyrus sativus*), Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), Rubia (*Rubia tinctorum*), Sweet Potato (*Ipomoea batatas*), Henna (*Lawsonia inermis*), Tobacco (*Nicotiana tabacum*) and Rheum (*Rheum ribes*) and the important neglected crops are opium (*Papaver somniferum*), Eruca (*Eruca sativa*), Vasmeh (*Indigofera tinctoria*) and Rumex (*Rumex acetosella*).

Keywords: Industrial crops, Less-used species, Neglected crops, New crop species, Socio-economic factors, Underutilized crops



برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک)

سید مهدی جوادزاده^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، محمد بنایان اول^۲ و جواد اصیلی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۵

جوادزاده، م.، رضوانی مقدم، پ.، بنایان اول، م.، و اصیلی، ج. ۱۳۹۷. برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰ (۲): ۳۶۸-۳۸۵.

چکیده

بررسی فنولوژی گیاهان دارویی برای تنظیم برنامه‌های بهره‌برداری، مواد مؤثر، جمع‌آوری بذرها، مبارزه با آفات، جلوگیری از برداشت‌های بی‌موقع، از بین بردن علف‌های هرز در مراحل مختلف فنولوژی حائز اهمیت است. هر گیاه برحسب شرایط آب و هوایی برای دوره حیات خود نیاز به کسب مقدار معینی حرارت دارد. در این پژوهش مراحل فنولوژیکی چای ترش و نیازهای حرارتی آن در منطقه ایرانشهر طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ بررسی شده است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که برحسب دمای مؤثر طول دوره فعالیت بیولوژی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در این منطقه ۱۸۳ روز می‌باشد که در این مدت گیاه در مجموع به ۵۰۱۳/۸۴ درجه-روز رشد حرارت در مراحل فنولوژیکی نیاز دارد. طی این دوره نه مرحله فنولوژی بر اساس مقیاس BBCH به ثبت رسید که عبارت بودند از جوانه‌زنی، توسعه برگ‌ها، تشکیل شاخه‌های فرعی، افزایش طول ساقه اصلی، ظهور گل‌آذین، گلدهی، نمو غوزه‌ها، رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها و مرحله پیری که به ترتیب در هر مرحله به ۱۵۳، ۱۰۵۱، ۵۰۶، ۵۸۳، ۷۳۰، ۸۹۲، ۳۴۹ و ۲۴۶ درجه-روز رشد نیاز دارد. به دلیل وجود دماهای بالا در طول دوره رشد چای ترش، این گیاه با سرعت بیشتری مراحل فنولوژیکی خود را طی نموده و به بلوغ فیزیولوژیکی رسید. با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد افزایش بقایای گیاهی در سطح خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و کاهش دمای محیط خاک شده که خود باعث تأخیر در وقوع مراحل فنولوژیکی گیاه شده است.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، گلدهی، نیازهای حرارتی، ویژگی‌های اقلیمی

مقدمه

انتشار بذر وجود دارد. مطالعه و بررسی تاریخ و زمان این وقایع، فنولوژی یا زیست‌گرد نام دارد، به عبارت دیگر فنولوژی تقویم وقایع تاریخ زندگی گیاهان است (Modir Shanechi, 1994). مطالعه فنولوژی گونه‌های گیاهی با اهداف متفاوتی انجام می‌شود. در بهره‌برداری از گیاهان دارویی نیز دانستن مراحل مختلف حیاتی گیاهان ضروری است، زیرا ترکیبات مؤثره گیاهان از نظر کمی و کیفی در طول دوره رشد دچار تغییر و تحول می‌گردند. پیش‌بینی صحیح مراحل فنولوژی گیاه زراعی برای بهینه‌سازی فعالیت‌های مدیریتی در مزرعه و سازگاری بهتر تقویم زراعی با نظام‌های اگرواکولوژیک خاص، بسیار مهم می‌باشد (Khanal, 2005). با تعیین مراحل فنولوژی در هر منطقه و دانستن نیاز حرارتی هر مرحله

فنولوژی در لغت از کلمه Phenomenology به معنی پدیده‌شناسی گرفته شده است. فنولوژی یا پدیده‌شناسی یکی از مباحث علم اکولوژی است که در آن دوره زندگی گیاه از زمان شروع رویش تا خواب دائم زمستانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در طول زندگی گیاه وقایع مهمی همچون جوانه‌زدن بذر، رشد رویشی، تشکیل میوه و

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استاد گروه فارماکوتوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

(Email: rezvani@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jag.v10i2.38318

فنولوژی و کل دوره رشد گیاه می‌توان بسیاری از مسائل به زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب، آبیاری به‌موقع، زمان مناسب برداشت، زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌ها و انتخاب ارقام مناسب در بهترین زمان ممکن انجام شود (Koocheki & Nassiri, 1992). به‌رحال فنولوژی علمی است که به کمک آن می‌توان تغییرات فصلی و مورفولوژی را در گیاهان بررسی نمود. با آگاهی از فنولوژی گیاهان دارویی، می‌توان مناسب‌ترین زمان برداشت و مدت استفاده از آن را تعیین کرد.

استفاده از کدهای ویژه برای توصیف مراحل فنولوژی گیاهان، دارای یک شیوه طولانی در علوم کشاورزی است (Zadoks et al., 1974). سیستم کدبندی BBCH^۱ دارای یک جدول ۱۰۰ قسمتی از ۰ تا ۹۹ که برای مراحل مختلف رشد گیاهان طراحی شده است. در این سیستم مراحل رشد به دو دوره اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. مراحل اصلی از ۰ تا ۹ و هر یک از مراحل اصلی به مراحل ثانویه از ۱ تا ۹۹ ادامه می‌یابد (Munger et al., 1998).

تاکنون، مقیاس BBCH برای بسیاری از محصولات مانند غلات، کلزا (*Brassica napus* L.) حبوبات توسط لنکشایر و همکاران (Lancashire et al., 1991)، چغندر (*Beta vulgaris* L.) توسط مایر و همکاران (Meier et al., 1994)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) توسط هک و همکاران (Hack et al., 1993)، درختان میوه هلو (*Prunus serrulata* Lindl.) و سیب (*Malus domestica* Borkh.) توسط مایر و همکاران (Meier et al., 1994)، انگور (*Vitis vinifera* L. ssp. *Vinifera*) توسط لورنز و همکاران (Lorenz et al., 1994)، مرکبات توسط آگوستی و همکاران (Agustí et al., 1997)، ازگیل ژاپنی (*Eryobotria japonica* thumb. lindl.) توسط مارتینز-کالوو و همکاران (Martinez-Calvo et al., 1999)، زیتون (*Olea europea* L.) توسط سانز-کورتس و همکاران (Sanz-Cortés et al., 2002)، گواوا (*Psidium guajava* L.) توسط سالازار و همکاران (Salazar et al., 2006)، کیوی (*Actinidia deliciosa* Hayward.) توسط سالینرو و همکاران (Salinero et al., 2009) و انبه (*Mangifera indica* L.) توسط راجان و هرناندز (Rajan et al., 2011).

پژوهشگرانی از قبیل ویت (White, 1972)، بایر (Boyer, 1973)، هلت و هافرکامپ (Holt & Haferkamp, 1987)، جردن و همکاران (Jordan et al., 1989)، توماس (Thomson, 1990)، هانتور و لیچیر (Hunter & lechwic, 1992)، هاریسون (Harrison & Romo, 1994) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2004) بیان کرده‌اند که از بین عوامل محیطی، عوامل اقلیمی به‌ویژه درجه حرارت بیشترین اثر را بر روی نمو گیاه از جمله بر طول دوره رویش و مراحل فنولوژیکی گیاهان دارد، دما یکی از عوامل اولیه کنترل‌کننده سرعت رشد ونمو در گیاهان می‌باشد (Reddy et al., 1993). در حقیقت دما به‌عنوان یک عامل بوم‌شناسی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی گیاهان تأثیر می‌گذارد. دما به‌صورت مستقیم بر همه اعمال حیاتی گیاهان و شدت متابولیسم آن‌ها اثر گذاشته و به‌صورت غیرمستقیم با تأثیری که بر روی عوامل حیاتی دیگر از جمله مقدار آب در دسترس گیاه دارد، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Thompson, 1990).

سینکلر (Sinclair, 1994) نشان داد که دما مهم‌ترین عامل نمو گیاه به شمار می‌رود و اهمیت این عامل در پیشرفت مراحل نمو مدت‌هاست که شناخته شده است. دما عامل اصلی زمان گلدهی و مدت‌زمان باز بودن آن‌ها است. پیش‌بینی زمان گلدهی گیاه در مقایسه با تخمین وقوع مراحل دیگر رشد و نمو از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا اگر زمان گلدهی قابل پیش‌بینی باشد مدیریت زمانی مزرعه شامل تاریخ کاشت و برداشت، بهتر مشخص می‌گردد (Iannucci et al., 1997; Wien, 2008). مراحل فنولوژیکی در گیاهان زراعی تحت تأثیر دما، فتوپریود و بهاره‌سازی قرار می‌گیرند (Gonzalez, 2002; Streck et al., 2003). در گیاهان زراعی سرما‌دوست مانند گندم و کلزا مراحل نمو گیاه تحت تأثیر هر سه عامل قرار می‌گیرند

استفاده از کدهای ویژه برای توصیف مراحل فنولوژی گیاهان، دارای یک شیوه طولانی در علوم کشاورزی است (Zadoks et al., 1974). سیستم کدبندی BBCH^۱ دارای یک جدول ۱۰۰ قسمتی از ۰ تا ۹۹ که برای مراحل مختلف رشد گیاهان طراحی شده است. در این سیستم مراحل رشد به دو دوره اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. مراحل اصلی از ۰ تا ۹ و هر یک از مراحل اصلی به مراحل ثانویه از ۱ تا ۹۹ ادامه می‌یابد (Munger et al., 1998).

تاکنون، مقیاس BBCH برای بسیاری از محصولات مانند غلات، کلزا (*Brassica napus* L.) حبوبات توسط لنکشایر و همکاران (Lancashire et al., 1991)، چغندر (*Beta vulgaris* L.) توسط مایر و همکاران (Meier et al., 1994)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) توسط هک و همکاران (Hack et al., 1993)، درختان میوه هلو (*Prunus serrulata* Lindl.) و سیب (*Malus domestica* Borkh.) توسط مایر و همکاران (Meier et al., 1994)، انگور (*Vitis vinifera* L. ssp. *Vinifera*) توسط لورنز و همکاران (Lorenz et al., 1994)، مرکبات توسط آگوستی و همکاران (Agustí et al., 1997)، ازگیل ژاپنی (*Eryobotria japonica* thumb. lindl.) توسط مارتینز-کالوو و همکاران (Martinez-Calvo et al., 1999)، زیتون (*Olea europea* L.) توسط سانز-کورتس و همکاران (Sanz-Cortés et al., 2002)، گواوا (*Psidium guajava* L.) توسط سالازار و همکاران (Salazar et al., 2006)، کیوی (*Actinidia deliciosa* Hayward.) توسط سالینرو و همکاران (Salinero et al., 2009) و انبه (*Mangifera indica* L.) توسط راجان و هرناندز (Rajan et al., 2011).

مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه مراحل رشد رز شامل جوانه‌زنی، نمو برگ، تشکیل شاخه‌های فرعی، طویل شدن ساقه اصلی، توسعه بخش‌های رویشی قابل‌برداشت گیاه، ظهور گل‌آذین، گل‌دهی، نمو میوه، رسیدن و رکود بود که با کدهای ۰ تا ۹ مشخص شده است.

پاسیان و لتس (Pasian & Lieth, 1996) گزارش دادند که سرعت جوانه زدن رز کارمیا (*Rosa hybrid L.*) از مرحله رشد جوانه‌ها تا برداشت با دمای بین ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور خطی افزایش می‌یابد. همچنین آن‌ها میزان تجمع حرارتی^۴ (میزان واحد حرارتی انباشته) مورد نیاز، از مرحله جوانه زدن تا برداشت را، برای رزهای هیبرید (*Rosa hybrid L.*) کارامیا (*Rosa crania*)، رویالتی (*Rosa royalty*) سونیا (*Rosa sonia Meiland.*) به‌ترتیب ۵۱۰، ۵۸۰ و ۵۴۵ درجه-روز رشد برآورد کردند.

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در ایران مناطق عمده کشت چای ترش استان‌های کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان می‌باشند. از نظر سطح زیر کشت و تولید محصول، استان سیستان و بلوچستان بالاترین رتبه را در بین این استان‌ها دارد، این محصول کشاورزی به‌دلیل این که در بسیاری از تولیدات صنعتی، دارویی و آرایشی کاربردهای فراوانی دارد و شرایط اقلیمی در کیفیت محصول حاصل از چای ترش به‌عنوان یک گیاه دارویی مؤثر است و رابطه بین درجه-روز رشد تجمعی و نمو فنولوژیکی گونه‌های دارویی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا با هدف یافتن نیازهای حرارتی چای ترش در نظام‌های زراعی مختلف در شرایط آب و هوایی ایران شهر این طرح به مرحله اجرا درآمد تا بر اساس آن بتوان نیازهای حرارتی مراحل مختلف رشد و نمو چای ترش را مشخص و پایه‌ای برای تعیین تقویم کشت آن در منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهرانشهر (با موقعیت جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی با ۵۹۱ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. در این تحقیق اثرات دو عامل به‌صورت طرح کرت‌های نواری (استریپ پلات) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

(Habekotte, 1997; Wang & Engel, 1998; Kirby et al., 1999) و در گیاهان گرمادوست مراحل نمو به‌طور عمده تحت تأثیر دما و فتوپریود می‌باشند، اما در گیاهان گرمادوست غیرحساس به طول روز، مراحل نمو به‌طور عمده به‌وسیله دما کنترل می‌شوند. برای مقایسه مراحل مختلف نمو محصولات مختلف در مکان‌های متفاوت (به‌دلیل اختلاف در شرایط محیطی)، استفاده از واحد تعداد روز از دقت کافی برخوردار نیست، درحالی‌که استفاده از واحد گرمایی^۱ نسبت به تعداد روز برای تعیین زمان و دوام مراحل نمو در مکان‌ها و سال‌های مختلف از دقت بالاتری برخوردار است، زیرا شرایط از سالی به سال دیگر و از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند (Aiken, 1985).

لذا تجزیه و تحلیل مراحل مختلف رشد و نمو بر مبنای شاخص حرارتی نسبت به تقویم زمانی از دقت بیشتری برخوردار است؛ بنابراین، هر گیاه زمانی به مرحله معینی از نمو می‌رسد که مقدار مشخصی حرارت از محیط گرفته باشد که به‌صورت واحد گرمایی یا درجه روز^۲ بیان می‌شود که این مسئله صرفاً تابع ژنوتیپ است (Gilmour & Rogers, 2005).

درجه-روز رشد (GDD) یکی از مهم‌ترین شاخص‌های حرارتی برای تعیین مراحل مختلف رشد و نمو در گیاهان، می‌باشد (Derscheid & Lytle, 2002; Dwyer et al., 1999; Lannucci et al., 2008). درجه روز-رشد (GDD) که واحدهای درجه رشد^۳ (GDUs) نیز نامیده می‌شود، ابزاری برای پی بردن به مراحل فنولوژی است. درجه روز-رشد (GDD) واحدهای مورد استفاده در اندازه‌گیری تجمع حرارت در طول زمان هستند که اگر برای گیاهی در یک نقطه روی کره زمین محاسبه گردد قابل‌تعمیم برای سایر نقاط خواهد بود. در کشاورزی به‌طور معمول از درجه-روز رشد تجمعی به‌منظور پیش‌بینی نمو محصولات، طبقه‌بندی گونه‌ها و هیبریدها، از نظر تاریخ رسیدن محصول (پیش‌بینی زمان گل‌دهی و میوه دادن)، کنترل آفات و سم‌پاشی و ارزیابی اقلیم منطقه به‌منظور تعیین شایستگی محصول استفاده می‌شود.

می‌یر و همکاران (Meier et al., 2008) مراحل فنولوژی نوعی رز وحشی (*Rosa sp.*) را به ۱۰ مرحله اصلی (BBCH) تقسیم و

1- Heat unit

2- Growing degree days (GDD)

3- Growing degree units

4- Thermal accumulation

فاکتورهای مورد مطالعه شامل، نظام‌های مختلف زراعی در ۴ سطح (نظام پر نهاده، متوسط نهاده، کم نهاده و اکولوژیک) و کاه و کلش در چهار سطح (شاهد، ۲ تن بقایای گیاهی در هکتار، ۴ تن بقایای گیاهی در هکتار، ۶ تن بقایای گیاهی در هکتار) در نظر گرفته شدند پس از مشخص نمودن زمین، آزمایش خاک از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، جهت تعیین مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک صورت گرفت (جدول ۱) و پس از آن مراحل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

عمق (سانتی-متر) Dept (cm)	بافت Texture	نیترژن (%) N (%)	کربن (%) الی OC (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر (متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
0-30	شنی Sand	0.01	0.16	70	3	2.12	8.15
30-60	شنی Sand	0.01	0.12	50	2/3	1.11	8.45

آماده‌سازی زمین و کرت‌بندی انجام شد. کلیه عملیات زراعی و مصرف نهاده‌ها اعم از کاشت، داشت (جدول ۲) و برداشت برای هر کدام از نظام‌های زراعی و در زمان مناسب و معمول منطقه انجام شد. کود دامی (گاوی) کاملاً پوسیده قبل از کاشت به کرت اصلی دارای تیمار نظام زراعی اکولوژیک به میزان ۶۰ تن در هکتار در سطح خاک پخش شدند.

جدول ۲- میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی لازم در نظام‌های مختلف زراعی
Table 2-The rate of consumption of inputs and agricultural operations require in different cropping systems

نظام اکولوژیک Ecological system	بدون شخم + یک دیسک + لولر + فاروئر + ۱۰۰٪ کود دامی No-tillage + Disk + Leveler + Furrower + 100% Manure
نظام رایج با نهاده کم Conventional systems with low inputs	یک شخم + یک دیسک + لولر + فاروئر + ۲۵٪ کود شیمیایی + ۷۵٪ کود دامی One-tillage + One-Disk + Leveler + Furrower + 75% Manure + 25% NPK
نظام رایج با نهاده متوسط Conventional systems with average inputs	یک شخم + دو دیسک + لولر + فاروئر + ۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ کود دامی One-tillage + Two-Disk + Leveler + Furrower + 50% Manure + 50% NPK
نظام رایج با نهاده زیاد Conventional systems with high inputs	دو شخم + دو دیسک + لولر + فاروئر + ۱۰۰٪ کود شیمیایی Two-tillage + Two-Disk + Leveler + Furrower + 100% NPK

کودهای شیمیایی فسفر (سوپر فسفات تریپل ۴۴ درصد) و پتاسیم (سولفات پتاسیم ۵۰ درصد) یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر اعمال شد. کشت به صورت ردیفی و بذور به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها انجام شد. به منظور شناخت مراحل مختلف حیاتی چای ترش در نظام‌های زراعی مختلف در طول فصل رشد سه بوته مشخص و هر پانزده روز یک‌بار و در دوره‌های که فعالیت گیاه به کندی انجام می‌گرفت هر ۲۰ روز یک‌بار بازدید گردید و مراحل فنولوژی یادداشت شد. در این مطالعه از سیستم کدبندی BBCH استفاده گردید (Munger et al., 1998).

منطقه مورد مطالعه دارای میانگین دما سالانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد، سردترین ماه سال دی‌ماه (متوسط درجه حرارت ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و گرم‌ترین ماه سال تیرماه (متوسط درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. میانگین دما در فصل بهار بین ۲۰ تا ۳۵، تابستان بین ۲۵ تا ۴۵، پاییز بین ۲۵ تا ۳۵ و زمستان بین ۱۵ تا ۲۵

بهار، ۱۱ درصد آن در تابستان، ۲۰ درصد آن در پاییز و ۵۱ درصد آن در زمستان می‌بارد (جدول ۳). میزان تبخیر از سطح پوششک بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ و میانگین پانزده ساله آن حدود ۴۴۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. طبقه‌بندی اقلیم منطقه با استفاده از نرم‌افزار تعیین اقلیم انجام گرفت.

درجه سانتی‌گراد است. ریزش‌های جوی در منطقه کم و نامنظم، اغلب به‌صورت باران و ندرتاً تگرگ است. بیشترین درصد بارندگی در زمستان روی می‌دهد و چون منطقه کوهستانی است به‌محض ریزش باران، جریان‌های سیلابی در مسیل‌ها و رودها دیده می‌شود. میانگین سالانه بارندگی حدود ۱۳۰ میلی‌متر است که ۱۸ درصد آن در فصل

جدول ۳- مشخصات عناصر اقلیمی ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر در سال ۱۳۹۲

Table 3 – Characteristics of climate factors of synoptic stations Iranshahr in the year 2013

ماه‌های سال Months عناصر اقلیمی Climate factors	فروردین March	اردیبهشت April	مرداد May	مهر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October	آذر November	دی December	تیر January	اسفند February
میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Average maximum temperature (°C)	32.3	37.7	42.8	45	42.1	42.1	39	30.8	24.8	18.4	20.6	27.7
میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Average minimum temperature (°C)	18.3	23.8	29.5	31.5	29.1	27.4	23.9	16.6	12.8	8.53	8.3	14.9
حداکثر مطلق دما (درجه سانتی‌گراد) Absolute maximum temperature (°C)	38.5	42.9	46.5	48.2	47.9	44.5	42.1	34.5	28.3	23.3	25.9	32.4
حداقل مطلق دما (درجه سانتی‌گراد) Absolute minimum temperature (°C)	12.2	18.2	25	27.2	24	21.9	20.1	11.8	6	-0.9	1.3	8
بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)	26.5	0	1.5	0	21.1	3.9	0	1	18.7	17.7	19/3	26.5

که در این معادلات، درجه- روز رشد (GDD) با استفاده از آمار هواشناسی و دمای حداکثر و حداقل روزانه در طی دوره رشد طبق روش پیشنهادی وین (Wien, 1997) محاسبه گردید. برای محاسبه حرارت موردنیاز مراحل فنولوژیکی گیاه، از دو روش متداول درجه- روز رشد مؤثر^۱ و درجه- روز رشد فعال^۲ استفاده شد. در روش درجه- روز رشد مؤثر، از دمای پایه یا بیولوژیکی گیاه استفاده گردید که دمای پایه برای چای ترش پنج درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. تعیین درجه- روز رشد مؤثر با استفاده از معادله (۱) صورت می‌پذیرد. در

روش درجه- روز رشد فعال، بیشتر دمای صفر درجه به‌عنوان دمای پایه مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه درجه- روز رشد فعال نیز از معادله (۲) استفاده شد. AGDD: ضریب حرارتی یا درجه حرارت

- 1- Effective growing degree day
- 2- Active growing degree day

$$\text{EGDD} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b \right] \quad \text{معادله (۱)}$$

$$\bar{T} = \text{AGDD} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \quad \text{معادله (۲)}$$

$$GDD = \begin{cases} \bar{T} & \text{اگر } T_b \leq \bar{T} \leq T_o \\ T_b & \text{اگر } \bar{T} \geq T_{\max}, \bar{T} < T_b \end{cases}$$

$$T_o - (T_o - T_b) \left(\frac{\bar{T} - T_o}{T_{\max} - T_o} \right) \quad \text{اگر } T_o < \bar{T} < T_{\max}$$

تجمعی یا درجه حرارت فعال روزانه و EGDD: درجه حرارت مؤثر روزانه و n: تعداد روز هر مرحله رشد می‌باشد.
 $\bar{T}$: میانگین درجه حرارت روزانه (دمای متوسط) که به‌وسیله میانگین گرفتن درجه حرارت حداکثر و حداقل به‌دست می‌آید.
 $T_{\max}$: دمای حداکثر روزانه (درجه حرارت ماکزیمم)، درجه حرارتی که بیشتر از آن نمو متوقف می‌شود.

گوسن)، خشک بسیار گرم با تابستان خشک، (روش کوپن) و بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم (روش کریمی)، منطقه بیابانی (روش آمبرژه) و خشک (روش دومارتن) است. طول دوره کاشت تا برداشت محصول از خردادماه شروع و تا پایان دی ماه به مدت شش ماه به طول انجامید. بررسی‌ها نشان داد که مراحل فنولوژیکی چای ترش بر اساس مقیاس BBCH به نه مرحله تقسیم می‌شود:

مرحله جوانه‌زنی

این مرحله عبارت است از تورم بذر تا سبز شدن، مرحله مذکور به هشت مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۴ نشان داده شده است.

T_{min} : دمای حداقل روزانه (درجه حرارت مینیمم)، کمترین درجه حرارتی که گیاه قادر به رشد و نمو می‌باشد.

T_0 : دمای مطلوب (درجه حرارت ایتیمم)، درجه حرارتی که گیاه می‌تواند در آن به خوبی رشد کند و T_b : دمای پایه (صفر فیزیولوژیکی یا بیولوژیک)، درجه حرارتی که در دمای پایین‌تر از این نقطه رشد آغاز نشده و یا متوقف می‌شود.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین ضرایب همبستگی از نرم‌افزارهای آماری SPSS Ver.17 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اقلیم منطقه بر اساس داده‌های اخذ شده از ایستگاه هواشناسی ایرانشهر در طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، جزء مناطق بیابانی (روش

جدول ۴- مرحله صفر رشد اصلی: جوانه‌زنی

Table 4 -Principal growth stage 0: Germination

روزهای پس از کاشت DAP ^۱	تاریخ Data	Code کد	توصیف Description
1	4/6/2013	00	بذر خشک Dry seed
1	4/6/2013	01	شروع تورم بذر Beginning of seed imbibition
2	5/6/2013	03	تورم کامل بذر Seed imbibition complete
3	6/6/2013	05	خروج ریشه‌چه از بذر Radicle emerged from seed
3	7/6/2013	06	طویل شدن ریشه‌چه Elongation of radicle
4	7/6/2013	07	محور زیر لپه با لپه‌ها از طریق شکستن پوسته بذر Hypocotyl with cotyledons breaking through seed coat
4	8/6/2013	08	محور زیر لپه با رشد لپه‌ها به سمت سطح خاک Hypocotyl with cotyledons growing towards soil surface
5	8/6/2013	09	سبز شدن: محور زیر لپه با لپه‌ها از طریق شکستن سطح خاک Emergence: hypocotyl with cotyledons breaking through soil surface

مرحله توسعه برگ‌ها

این مرحله با آشکار شدن نخستین جفت برگ حقیقی (طول برگ به‌اندازه ۲۰ میلی‌متر) آغاز می‌شود مرحله مذکور در تاریخ ۲۱ خردادماه مشخص گردید. در این مرحله نخستین جفت برگ باز و اندازه برگ کامل نشد. برگ‌ها به رنگ سبز روشن هستند. این مرحله در تاریخ

۲۵ خرداد ماه مشاهده شد. سه برگ شدن (کد ۱۳): سومین جفت برگ باز ولی اندازه برگ کامل نشد. این مرحله فنولوژیکی در ۳۱ خردادماه روی داد. این مراحل در جدول ۵ نشان داده شد. میانگین دمای روزانه برابر ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۳۷/۲۵، ۴۳/۱ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۵- مرحله (۱) رشد اصلی: توسعه برگ (ساقه اصلی)

Table 5- Principal growth stage 1: Leaf development (Main shoot)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
8	11/6/2013	10	باز شدن کامل لپه Cotyledons completely unfolded
12	15/6/2013	11	باز شدن نخست برگ اصلی First true leaf unfolded
15	18/6/2013	12	باز شدن دومین برگ اصلی 2nd true leaf unfolded
18	21/6/2013	13	باز شدن سومین برگ اصلی 3rd true leaf unfolded
29	2/7/2013	1	ادامه مراحل Stages continuous
38	10/7/2013	19	باز شدن ۱۲ برگ واقعی 12 true leaves unfolded

مرحله تشکیل شاخه‌های فرعی

این مرحله با ظهور اولین شاخه فرعی آغاز، مرحله مذکور به چهار

مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۶ نشان داده‌شده است.

جدول ۶- مرحله (۲) رشد اصلی: تشکیل شاخه‌های جانبی

Table 6- Principal growth stage 2: Formation of side shoots

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
41	14/7/2013	21	اولین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده First vegetative side shoot visible
44	17/7/2013	22	دومین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده 2 vegetative side shoots visible
47	20/7/2013	23	سومین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده 3 vegetative side shoots visible
54	27/7/2013	29	۸ فرعی قابل‌مشاهده 8 side shoots visible

مرحله افزایش طول ساقه اصلی

این مرحله عبارت است از افزایش طول ساقه با پوشش سطح

زمین، مرحله مذکور به ۹ مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- مرحله (۳) رشد اصلی: افزایش طول ساقه اصلی (پوشش سطح)

Table 7-Principal growth stage 3: Main stem elongation (Area cover)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
56	29/7/2013	31	شروع پوشش زراعی: ۱۰٪ از گیاهان بین ردیف Beginning of crop cover: 10% of plants meet between
58	31/7/2013	32	۲۰٪ از گیاهان بین ردیف 20% of plants meet between rows
60	2/8/2013	33	۳۰٪ از گیاهان بین ردیف 30% of plants meet between rows
63	5/8/2013	34	۴۰٪ از گیاهان بین ردیف 40% of plants meet between rows
65	7/8/2013	35	۵۰٪ از گیاهان بین ردیف 50% of plants meet between rows
67	9/8/2013	36	۶۰٪ از گیاهان بین ردیف 60% of plants meet between rows
68	10/8/2013	37	۷۰٪ از گیاهان بین ردیف 70% of plants meet between rows
70	12/8/2013	38	۸۰٪ از گیاهان بین ردیف 80% of plants meet between rows
71	13/8/2013	39	بسته شدن تاج پوشش: ۹۰ درصد از گیاهان بین ردیف Canopy closure: 90% of the plants meet between rows

مرحله ظهور گل آذین

دمای روزانه برابر ۳۴/۵ و میانگین دمای حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۲۶/۶، ۴۲/۵ بود. این مراحل در جدول ۷ نشان داده شده است.

آغاز مرحله ظهور گل آذین در تاریخ ۲۶ مرداد و پایان آن در تاریخ ۱۲ شهریور ماه بود. دوره مذکور ۱۷ روز به طول انجامید. میانگین

جدول ۸- مرحله (۵) رشد اصلی: ظهور گل آذین (ساقه اصلی)

Table 8- Principal growth stage 5: Inflorescence emergence (Main shoot)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
75	17/8/2013	51	اولین جوانه‌های گل دار قابل تشخیص First floral buds detectable
81	23/8/2013	52	اولین جوانه‌های گل دار قابل مشاهده First floral buds visible
84	26/8/2013	55	بزرگ و متمایز شدن جوانه‌های گل دار Floral buds distinctly enlarged
92	3/9/2013	59	گلبرگ‌ها قابل مشاهده: جوانه‌های گل دار هنوز بسته است Petals visible: floral buds still closed

مرحله گلدهی

(کد ۶۱) زمانی است که در حدود ۱۰ درصد گل‌ها باز می‌شوند. این مرحله در هفته آخر شهریور به وقوع پیوست. همچنین اوج گل‌دهی (کد ۶۵) زمانی است که حداقل ۵۰ درصد گل‌ها باز شده باشند. این مرحله در مزرعه آزمایشی در ۳۰ شهریورماه مشاهده گردید. پایان گل‌دهی (کد ۶۹) نیز زمانی است که بیش از ۹۰ درصد گلبرگ‌ها ریخته باشند این مرحله نیز در تاریخ ۹ آبان ماه ثبت شد (جدول ۹).

این مرحله عبارت است از زمانی که اولین غنچه‌های گل باز می‌شوند. این مرحله با بازشدن اولین غنچه گل در نیمه دوم شهریورماه شروع می‌گردد، مرحله مذکور یعنی بازشدن گل‌ها در مزرعه آزمایشی در ۹ آبان ماه به پایان رسید و به این ترتیب طول دوره گل‌دهی ۲۳ روز به طول انجامید. لازم به ذکر است که آغاز گل‌دهی

جدول ۹- مرحله (۶) رشد اصلی: گلدهی

Table 9- Principal growth stage 6: Flowering

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
97	8/9/2013	60	اولین گل باز شده (به صورت پراکنده در مزرعه) First flowers opened (sporadically within the Farm)
104	15/9/2013	61	شروع گلدهی Beginning of flowering
110	21/9/2013	65	گل‌دهی کامل Full flowering
115	26/9/2013	67	پایان گلدهی: پژمرده شدن اکثر گل‌ها Flowering finishing: majority of flowers faded
120	1/10/2013	69	پایان گلدهی End of flowering

نمو میوه‌ها و دانه‌ها (نمو غوزه‌ها)

فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

این مرحله با تشکیل غوزه آغاز می‌شود، مرحله مذکور به ۹ مرحله

جدول ۱۰- مرحله (۷) رشد اصلی: نمو میوه‌ها و دانه‌ها (نمو غوزه‌ها)

Table 10- Principal growth stage 7: Development of fruits and seeds

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
124	5/10/2013	71	حدود ۱۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 10% of bolls have attained their final size.
128	9/10/2013	72	حدود ۲۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 20% of bolls have attained their final size.
131	12/10/2013	73	حدود ۳۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 30% of bolls have attained their final size.
134	15/10/2013	74	حدود ۴۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 40% of bolls have attained their final size.
137	18/10/2013	75	حدود ۵۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 50% of bolls have attained their final size.
140	21/10/2013	76	حدود ۶۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 60% of bolls have attained their final size.
143	24/10/2013	77	حدود ۷۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 70% of bolls have attained their final size.
146	27/10/2013	78	حدود ۸۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 80% of bolls have attained their final size.
148	29/10/2013	79	حدود ۹۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 90% of bolls have attained their final size.

مرحله رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها

نموده و به بلوغ فیزیولوژیکی می‌رسند. بلوغ فیزیولوژیکی مرحله‌ای از رشد و نمو چای ترش است که طی آن گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی و شرایط رشد، اندام‌های زایشی تولید کرده و به گل رفته و دانه تولید می‌کند که البته به جای بلوغ فیزیولوژیکی می‌توان از اصطلاح رسیدگی فیزیولوژیکی نیز استفاده نمود.

این مرحله عبارت است از اولین غوزه رسیده، مرحله مذکور به ۱۰ مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

در منطقه ایرانشهر به دلیل وجود دماهای بالا در طول دوره رشد چای ترش، گیاه با سرعت بیشتری مراحل فنولوژیکی خود را طی

جدول ۱۱- مرحله (۸) رشد اصلی: رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها (رسیدن همزمان کاسبرگ‌ها با دانه‌ها)

Table 11- Principal growth stage 8: Ripening of sepals and seeds

توصیف Description	کد Code	تاریخ Data	روزهای پس از کاشت DAP
اولین غوزه رسیده (به صورت پراکنده در مزرعه) First boll Ripening (sporadically within the farm)	80	30/10/2013	149
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۱۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 10% of bolls	81	1/11/2013	151
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۲۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 20% of bolls	82	2/11/2013	152
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۳۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 30% of bolls	83	4/11/2013	154
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۴۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 40% of bolls	84	6/11/2013	156
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۵۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 50% of bolls	85	8/11/2013	158
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۶۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 60% of bolls	86	4/11/2013	160
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۷۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 70% of bolls	87	12/11/2013	162
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۸۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 80% of bolls	88	14/11/2013	164
آغاز رسیدن غوزه: حدود ۹۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 90% of bolls	89	17/11/2013	167

مرحله پیری

و مرحله رکود با ریزش تمام برگ‌ها به پایان می‌رسد (کد ۹۷).

میانگین روزانه، حداقل و حداکثر دما تا شروع دوره مذکور به ترتیب ۲۷/۲، ۱۲/۱، ۱۹/۶۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید.

این مرحله از زمانی آغاز می‌شود که نخستین برگ‌ها کمی تغییر

رنگ (کد ۹۱) می‌دهند. سپس ریزش برگ‌ها شروع می‌گردد (کد ۹۵)

جدول ۱۲- مرحله (۹) رشد اصلی: پیر شدن

Tabel 12- Principal growth stage 9: Senescence

توصیف Description	کد Code	تاریخ Data	روزهای پس از کاشت DAP
حدود ۱۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 10% of leaves discolored or fallen	91	19/11/2013	169
حدود ۲۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 20% of leaves discolored or fallen	92	21/11/2013	171
حدود ۳۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 30% of leaves discolored or fallen	93	23/11/2013	173
حدود ۴۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 40% of leaves discolored or fallen	94	25/11/2013	175
حدود ۵۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 50% of leaves discolored or fallen	95	27/11/2013	177
حدود ۶۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش یافته است About 60% of leaves discolored or fallen	96	29/11/2013	179
خواب گیاه plant dormant	97	1/12/2013	181
برداشت محصول (کاسبرگ و دانه‌ها) Harvested product (sepal and seeds)	99	3/12/2013	183

نیازهای حرارتی مراحل مختلف فنولوژی چای ترش و همبستگی بین مراحل فنولوژی

در این بررسی، مراحل فنولوژی چای ترش به جوانه‌زنی، توسعه برگ‌ها، تشکیل شاخه‌های فرعی، افزایش طول ساقه اصلی، ظهور گل‌آذین، گلدهی، نمو غوزه‌ها، رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها (غوزه‌ها) و مرحله پیری تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان داد که چای ترش در مجموع برای تکمیل فعالیت‌های بیولوژیکی خود تا پایان دوره

گل‌دهی به ۳۵۲۶/۰۱ درجه-روز دما، نیاز دارد. بیشترین واحد حرارتی مورد نیاز چای ترش تا پایان گل‌دهی مربوط به مرحله گل‌دهی (ظهور گل‌آذین تا پایان گلدهی) است که برابر با ۷۳۰/۲۶ درجه روز مؤثر و ۸۶۷/۷۶ درجه روز فعال می‌باشد و کمترین واحد حرارتی برابر با ۱۸۶/۴۷ درجه روز مؤثر و ۲۱۵/۲۲ درجه روز فعال مربوط به مرحله جوانه‌زنی می‌باشد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- میانگین درجه روز مؤثر و فعال و مدت مراحل فنولوژیکی چای ترش در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیکی

Table 13- Mean effective and active degree days and duration of phenological stages of roselle in ecological systems

نظام زراعی Cropping systems	درجه روز مؤثر Degree days effective		درجه روز مؤثر تجمعی Degree days cumulative effective		درجه روز فعال Degree days active		درجه روز فعال تجمعی Degree days cumulative active		طول دوره به روز Duration (day)		طول دوره تجمعی Cumulative duration	
	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional	اکولوژیکی Ecological	رایج Conventional
Phenological stages												
جوانه‌زنی Germination	186.47	153.20	186.47	153.20	215.22	176.95	215.22	176.95	5.75	4.75	5.75	4.75
توسعه برگ‌ها Leaf development	1149.9	1051.47	1336.37	1204.67	1324.9	1211.5	1540.12	1388.45	35	32	40.75	36.75
تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	497.10	501.01	1833.47	1705.68	570.87	576.01	2110.99	1964.46	14.75	15.25	55.50	52
افزایش طول ساقه Main stem elongation	460.85	506.86	2294.32	2212.54	537.10	588.11	2648.09	2552.57	15.25	16.25	70.75	68.25
ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	562.07	583.01	2856.39	2795.55	657.07	681.73	3305.16	3243.3	19	19.75	89.75	88
گلدهی Flowering	740.26	730.47	3596.65	3526.01	867.76	855.46	4172.92	4089.76	25.50	25	115.25	113
نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	828.95	892.07	4425.6	4418.08	992.70	808.82	5165.62	4898.58	32.75	34.75	148	147.75
رسیدن کاسبرگ و دانه ripening of sepals and seeds	339.30	349.76	4764.9	4767.84	434.30	447.26	5599.92	5345.84	19	19.25	167	167
مرحله پیری Senescence	246	246	5010.9	5013.84	326	326	5925.92	5671.84	16	16	183	183
مجموع Total	5010.9	5013.84			5925.92	5671.84			183	183		

با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ میزان درجه-روز رشد فعال و مؤثر در مراحل مختلف فنولوژی چای ترش محاسبه شد که وقوع مراحل رشد و نمو چای ترش را به تفکیک درجه روز رشد و روزهای پس از کاشت در منطقه ایرانشهر در جدول ۱۳ و شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همانند سایر گیاهان زراعی شروع نمو زایشی چای ترش نیز تحت تأثیر دما، طول روز، رقم و سایر عوامل مختلف قرار دارد. بنابراین تعداد روزهای لازم برای شروع مرحله زایشی و مراحل دیگر رشد تحت تأثیر این عوامل خواهد بود. این گیاه در شرایط آب و هوایی ایرانشهر در نظام زراعی رایج ۵۰۶/۸۶ درجه-روز رشد و در

نظام زراعی اکولوژیکی به حدود ۴۶۰/۸۵ درجه روز رشد نیاز دارد که وارد مرحله گلدهی شود و از مرحله گلدهی تا تشکیل کپسول در نظام زراعی رایج به حدود ۱۵۷/۱ درجه روز رشد و در نظام زراعی اکولوژیکی به حدود ۱۲۱/۵۵ درجه روز رشد نیازمند است، بنابراین چای ترش از زمان کاشت تا برداشت به ۵۰۱۳/۸۴ و ۵۰۱۰/۰۹ درجه روز رشد در نظام زراعی اکولوژیکی و رایج در منطقه ایرانشهر نیاز دارد که معادل ۱۸۳ روز است.

جدول ۱۴- ضرایب همبستگی بین مراحل نمو فنولوژیکی چای ترش با درجه-روز مؤثر

Table 14- Correlation coefficients of roselle phenological development stages with effective degree days

مرحله Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 جوانه‌زنی Germination	1								
2 توسعه برگ‌ها Leaf development	0.78**	1							
3 تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	-0.34*	0.78	1						
4 افزایش طول ساقه Main stem elongation	-0.79**	0.42**	0.77**	1					
5 ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	-0.61**	-0.13	0.78**	0.83**	1				
6 گلدهی Flowering	-0.41**	0.096	0.83**	0.71**	0.95**	1			
7 نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	0.312*	0.225	0.899**	0.716**	0.911**	0.97**	1		
8 رسیدن کاسبرگ و دانه Ripening of sepals and seeds	-0.37**	0.63**	-0.57**	-0.07	-0.40**	-0.60**	0.65**	1	
9 مرحله پیری Senescence	0.40**	-0.21	0.57**	0.54**	0.70**	0.71**	0.73**	0.38**	1

ns: غیر معنی‌دار * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns: Non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

پیش‌بینی مراحل فنولوژیکی محصولات زراعی بر اساس همبستگی بین مراحل فنولوژیکی چای ترش بر اساس درجه-روز مؤثر همبستگی که بین سرعت مراحل نمو و تغییرات دما وجود دارد انجام می‌شود (Koocheki & Nassiri Mahallati, 1992). ضرایب در جدول ۱۴ و درجه-روز فعال در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۵- ضرایب همبستگی بین مراحل نمو فنولوژیکی چای ترش با درجه-روز فعال

Table 15- Correlation coefficients of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) phenological development stages with active degree days

مرحله Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 جوانه‌زنی Germination	1								
2 توسعه برگ‌ها Leaf development	0.787**	1							
3 تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	-0.350*	0.072	1						
4 افزایش طول ساقه Main stem elongation	-0.802**	0.371**	0.816**	1					
5 ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	-0.619**	-0.136	0.781**	0.896**	1				
6 گلدهی Flowering	-0.334*	0.135	0.813**	0.728**	0.917**	1			
7 نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	0.350*	-0.015	0.801**	0.714**	0.733**	0.733**	1		
8 رسیدن کاسبرگ و دانه Ripening of sepals and seeds	-0.379**	0.635**	0.576**	-0.171	0.395**	0.592**	0.611**	1	
9 مرحله پیری Senescence	0.430**	-0.085	0.576**	0.706**	0.596**	0.476**	0.552**	0.234	1

ns: غیر معنی‌دار * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

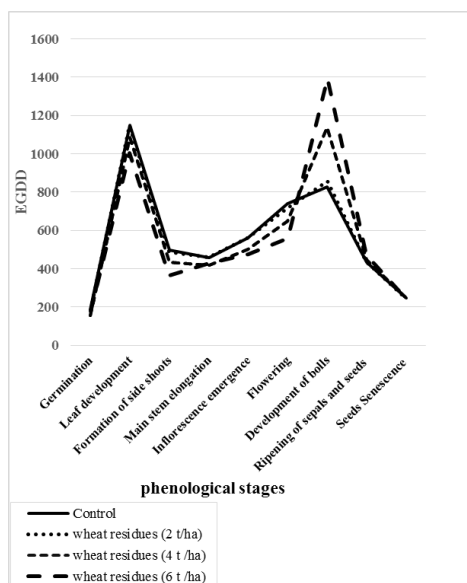
ns: Non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

چرخه زندگی گیاه چای ترش به ۹ مرحله اصلی بر اساس مقیاس BBCH تقسیم‌بندی شد (فنولوژی این گیاه برای اولین بار با توجه به مقیاس BBCH انجام شد). طول دوره جوانه‌زنی در منطقه پنج روز می‌باشد این مرحله با رسیدن دما به ۳۵ درجه سانتی‌گراد شروع گردید. میانگین روزانه حداقل و حداکثر دما در این مرحله به- ترتیب برابر ۳۰/۱ و ۴۴/۱ درجه سانتی‌گراد بود.

دمای هوا در مرحله بعدی رشد یعنی نمو برگ افزایش یافت و رشد رویشی گیاه به اوج خود می‌رسد. رشد چای ترش تابع درجه حرارت می‌باشد و گیاه در ماه‌های گرم بیشترین رشد رویشی را دارد. در ظهور مراحل فنولوژی چای ترش درجه حرارت عامل بسیار مؤثری می‌باشد، بنابراین، دما اساسی‌ترین عامل اقلیمی است که بر سرعت رشد و نمو گیاه چای ترش مؤثر است. همچنین نتایج نشان داد مراحل فنولوژیکی چای ترش در سیستم زراعی نیز مانند رایج بود. پیش‌بینی زمان گلدهی چای ترش در مقایسه با تخمین وقوع مراحل دیگر رشد و نمو از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا اگر

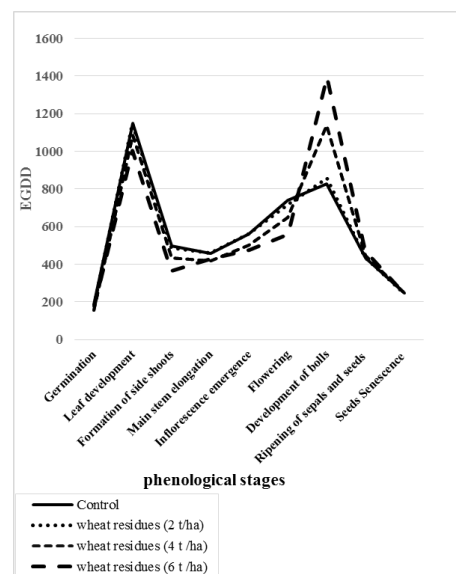
زمان گلدهی قابل پیش‌بینی باشد مدیریت زمانی مزرعه شامل زمان کاشت و برداشت، بهتر مشخص می‌گردد. بررسی میزان مجموع درجه حرارت در مراحل مختلف رشد و نمو چای ترش، حائز اهمیت می‌باشد. بدین ترتیب برنامه‌ریزی جهت کاشت، برداشت و عملیات زراعی (کنترل آفات و بیماری‌ها) که بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عوامل اقتصادی اثر دارند، امکان‌پذیر خواهد بود. بین مراحل فنولوژیک چای ترش طولانی‌ترین مرحله آن مرحله ظهور گل‌آذین و کوتاه‌ترین مرحله جوانه‌زنی است که به ترتیب ۳۵ و ۵ روز به طول انجامید. در مجموع چای ترش از زمان متورم شدن بذر که شروع رشد آن در گرمای تابستانه می‌باشد تا پایان مرحله گل‌دهی (برداشت غوزه) به ۱۸۳، روز رشد نیاز دارد. چای ترش در مجموع برای تکمیل فعالیت‌های بیولوژیکی خود تا پایان دوره گل‌دهی به ۵۰۱۳/۸۴ درجه-روز برحسب دمای مؤثر ۵۶۷۱/۸۴ واحد حرارتی برحسب دمای فعال، در منطقه موردنظر نیاز دارد.



شکل ۲- رابطه بین مراحل نمو فنولوژیکی و درجه روزرشد فعال چای ترش در نظام‌های زراعی

Fig. 2- Relationship between phenological development stages with active degree days of Roselle in ecological systems

درجه روز رشد مؤثر (EGDD) = (EGDD)



شکل ۱- رابطه بین مراحل نمو فنولوژیکی و درجه روزرشد مؤثر چای ترش در کاربرد کاه و کلش

Fig. 1- Relationship between phenological development stages with effective degree days of Roselle in ecological systems

به نظر می‌رسد اثر کاه و کلش بر مراحل فنولوژیکی چای ترش مؤثر بوده به طوری که کاه و کلش باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط گرم شده و محیط خاک را خنک و درجه حرارت خاک را کاهش می‌دهد همچنین افزایش کاه و کلش باعث تأخیر در روند وقوع مراحل فنولوژیکی گیاه خصوصاً سبز شدن اولیه شد.

سیاسگزاری

شرایط اجرایی این طرح توسط معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی پردیس بین‌الملل در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۳۱۱۵۲ فراهم شده که بدین وسیله از حمایت‌های دانشگاه فردوسی مشهد سیاسگزاری می‌شود همچنین از دانشگاه آزاد اسلامی ایران شهر که تسهیلات لازم را به منظور انجام تحقیق را فراهم نموده و مسئولین محترم آزمایشگاه آن واحد قدردانی می‌شود.

با توجه به این که چای ترش گیاهی روز کوتاه (Muslihatin & Daesusi, 2014) می‌باشد که به تغییرات طول روز بسیار حساس بوده و دارای فصل رشد نسبتاً طولانی می‌باشد و در مجموع در حدود ۵۰۱۳ درجه روز رشد برای رسیدن به مرحله برداشت کاسبرگ نیاز دارد، دماهای بالا در منطقه اجازه بروز حداکثر رشد فیزیولوژیکی را به گیاه می‌دهد و در پایان رشد با کاهش دما رشد گیاه کامل و عملکرد مطلوب حاصل می‌شود. همچنین نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که بقایای گیاهی یکی از عوامل مهم تعیین کننده زمان وقوع مراحل فنولوژیک در منطقه ایرانشهر به شمار می‌رود. از دمای بالا در طول دوره رشد چای ترش، می‌توان استنباط نمود که بقایای گیاهی بر روی درجه حرارت خاک مؤثر است و به نظر می‌رسد که افزایش بقایای گیاهی میزان رطوبت خاک را افزایش می‌دهد و شرایطی را فراهم می‌سازد که وزن مخصوص ظاهری کمتر، ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتر (کاه و کلش باعث حفظ نفوذپذیری خاک و جلوگیری از تبخیر و تعرق می‌شود)، در نتیجه مراحل فنولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

منابع

- Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., and Stauss, R. 1997. Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre *Citrus*. Fruits 52: 287-295.
- Aiken, R.M. 2005. Applying thermal time scale to sunflower development. Agronomy Journal 97: 746-754.
- Boyer, W.D. 1973. Air temperature, heat sums, and pollen shedding phenology of long leaf pine. Journal of Ecology 54: 420-426.
- Derschheid, L.A., and Lytle, W.F. 2002. Growing Degree Days (GDD). SDSU. College of Agriculture and Biological Science. Available in: <http://agbiopubs.sdsu.edu/articles/Fs.522.pdf>.
- Dwyer, L.M., Stewart, D.M., Carrigan, L., Neave, B.L., Ma, P., and Bichin, D. 1999. A general thermal index for maize. Agronomy Journal 91: 940-946.
- Gilmour, E.C., and Rogers, J.S. 1985. Heat unit as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal 50: 611-615.
- Gonzalez, F.G., Slafer, G.A., and Miralles, D.J. 2002. Vernalization and photoperiod response in wheat pre-flowering reproductive phases. Field Crops Research 74: 183-195.
- Habekotte, B. 1997. A model of the phenological development of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Research 54: 127-136.
- Hack, H., Gall, H., Klemke, T., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., and Witzemberger, A. 1993. The BBCH-scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). In: Proceedings of the 12th Annual Congress of the European Association for Potato Research, Paris p. 153-154.
- Harrison, T., and Romo, J.T. 1994. Regrowth of smooth Brome grass, flowering defoliation. Canadian Journal of Plant Science 74: 531-537.
- Hernández Delgado, P.M., Aranguren, M., Reig, C., Fernández Galván, D., Mesejo, C., Martínez Fuentes, A., Galán Saúco, V., and Agustí, M. 2011. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. Scientia Horticulturae 130: 536-540.
- Holt, E.C., and Haferkamp, M.R. 1987. Growth of introduced temperature legumes in the Edwards plateau and south Texas plains. Journal of Range Management 40(2): 132-135.

- Hunter, A.F., and Lechwicz, M.J. 1992. Predicting the timing of budburst in temperate trees. *Journal of Applied Ecology* 29(3): 597-604.
- Iannucci, A., Terribile, M.R., and Martiniello, P. 2008. Effects of temperature and photoperiod on flowering time of forage legumes in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 106: 156-162.
- Jordan, L.G., and Haferkamp, M.R. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management* 42(1): 41-45.
- Keith, T.W. 2001. A method to incorporate phenology into land cover change analysis. *Journal of Range Management* 54: 1-7.
- Khanal, R.R. 2005. Phyllochron and leaf development in field grown rice genotypes under varying thermal environments of a high altitude cropping system. Msc Dissertation, University of Bonn, Germany.
- Kirby, E.J.M., Spink, J.H., Frost, D.L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Foulkes, M.J., Clare, R.W., and Evans, E.J. 1999. A study wheat development in the field: analysis by phases. *European Journal of Agronomy* 11: 63-82.
- Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 1992. Ecology of Plants. Publications Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Lancashire, P., Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., and Witzzenberger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119: 561-601.
- Lorenz, D., Eichorn, D., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., and Weber, E. 1994. Phänologisches Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala. *Enology and Viticulture Science* 49: 66-70.
- Martinez-Calvo, J., Badenes, M., Llacer, G., Bleiholder, H., Hack, H., and Meier, U. 1999. Phenological growth stages of loquat tree (*Eryobotria japonica* Thumb. lindl.). *Annals of Applied Biology* 134: 353-357.
- Meier, U., Bleiholder, H., Brumme, H., Bruns, E., Mehring, B., Proll, T., and Wiegand, J. 2008. Phenological growth stages of roses (*Rosa* sp.): Codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 154: 231-238.
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., and Heb M. 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants history and publications. *Journal for Kulturpflanzen* 61(2): 41-52.
- Modir Shanechi, M. 1994. Plant Ecology. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran 509 pp. (In Persian)
- Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Hess, M., Stauss, R., Van Denboom, T., and Weber, E. 1998. Phenological growth stages of the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) Codification and description according to the bbchscale – with figures. *Journal of Agronomy and Crop Science* 180: 143-149.
- Muslihatin, W., and Daesusi, R. 2014. Effects of photoperiodism to the growth rate of *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Technology and Science* 25(1): 18-22.
- Pasian, C.C., and Lieth, J. 1996. Prediction of rose shoot development: Model validation for the cultivar 'Cara Mia' and extension to the cultivars 'Royalty' and 'Sonia'. *Scientia Horticulturae* 66: 117-124.
- Rajan, S., Tiwari, D., Singh, V.K., Saxena, P., Singh, S., Reddy, Y.T.N., Upreti, K.K., Burondkar, M.M., Bhagwan, A., and Kennedy, R. 2011. Application of extended BBCHscale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Applied Horticulture* 13(2): 108-114.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., and McKinion, J.M. 1993. Temperature effects on Pima cotton leaf growth. *Agronomy Journal* 85: 681-686.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., and McKinion, J.M. 1997. Crop modeling and application: A cotton example. *Advances in Agronomy* 59: 225-290.
- Salazar, D.M., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J.J., Hernandez, F., and Burguera, M. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae* 108: 157-161.
- Salinero, M.C., Vela, P., and Sainz, M.J. 2009. Phenological growth stages of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). *Scientia Horticulturae* 121: 27-31.
- Sanz-Cortés, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Bleiholder, H., Hack, H., Llacer, G., and Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europea*). *Annals of Applied Biology* 140: 151-157.
- Sinclair, T.R. 1994. Physiology and Determination of Crop Yield (anonymous). Chapter 19. Published by: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America p. 587.
- Streck, N.A., Weiss, A., Xue, Q., and Baenziger, P.S. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. *Agricultural and Forest Meteorology* 115: 139-150.

Thompson, J.N. 1990. Coevolution and the evolutionary genetics of interactions among plants and insects and pathogens. In: Pests, Pathogens, and Plant Communities, J.J. Burdon and S.R. Leather, eds. Oxford, Blackwell p. 249-271

Wang, E., and Engel, T. 1998. Simulation of phenological development of wheat crops. *Agricultural Systems* 58: 1-24.

Wang, R., Bai, Y., and Tanino, K. 2004. Effect of seed size and sub-zero imbibition temperature on the thermal time model of winter fat (*Eurotia lanata* (Pursh) Moq.). *Environmental and Experimental Botany* 51: 183-197

White, L.M. 1972. Relationship between meteorological measurements and flowering of index species to flowering of 53 plant species. *Journal of Agriculture Meteorology* 20: 189-204

Wien, H.C. 1997. *The Physiology of Vegetable Crops*. Oxford. New York: CAB International 662 pp.

Zadoks, J.C., Chang T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.



Assessment of Required Growing Degree Days for Phenological Stages of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) based on BBCH-Scale in Different Cropping Systems

M. Javadzadeh¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*}, M. Banayan-Aval² and J. Asili³

Submitted: 09-07-2014

Accepted: 27-09-2014

Javadzadeh, M., Rezvani Moghaddam, P., Banayan-Aval, M., and Asili, J. 2018. Assessment of required growing degree days for phenological stages of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) based on BBCH-scale in different cropping systems. Journal of Agroecology. 10(2): 368-385.

Introduction

Study the phenology of the medicinal plant is important to manage the timing of recurring plant primary and secondary material utilizations, seed collection, pest control, prevent harvested untimely and weed control. Based on the weather conditions each plant for completing its phenological stages needs certain amount of heat units. The use of special codes to describe Phenological stages of plants has a long tradition in agricultural science. This scale has a table of 100 sections from 0-99 designed for different phases of the plants' growth. In this scale, the growth stages are divided into two principal and secondary stages. The principal growth stages are described using numbers from 0 to 9; each principal stage is divided into secondary stages through coding from 1 to 99. The objective of this study was to describe the Phenological growth stages of 'Roselle' based on BBCH scale.

Materials and Methods

Phenological stages of 'Roselle' were described and defined according to the extended BBCH scale. The experiment was carried out as strip plot layout based on a randomized complete block design with three replications at the Experimental Farm of the Faculty of Agriculture, Iranshahr Branch, Islamic Azad University, Iranshahr, Iran (Latitude 27° 12' N and longitude 60° 42' E; 591 m above sea level), during the growing season of 2013-2014. The experimental factors were: four rates of consumption of inputs and agricultural operations require in different cropping including Ecological system (No-tillage + Disk +Leveler +Furrower + 100% Manure), Conventional systems with low inputs (One-tillage + One- Disk +Leveler +Furrower + 75% Manure + 25% NPK), Conventional systems with average inputs (One-tillage + Two-Disk +Leveler +Furrower + 50% Manure +50% NPK) and Conventional systems with high input (Two- tillage + Two-Disk +Leveler +Furrower + 100% NPK) and wheat straw application as residue mulch in four levels (6, 4, 2 t.ha⁻¹ and control). In order to recognize the different stages of Roselle, three plants were appointed in each plot and monitored during growing season. All phenological stages of Roselle from germination to senescence were recorded based on BBCH.

Results and Discussion

The extended BBCH scale considers 10 principal growth stages, numbered from 0 to 9. Starting at Germination (stage 0) and ending at the beginning of the rest period (stage 9). Based on BBCH scale, nine phenological stages were recorded for Roselle that included: (0) Germination, (1) Leaf development, (2) Formation of side shoots, (3) Main stem elongation, (5) Inflorescence emergence, (6) Flowering, (7) Development of bolls, (8) ripening of sepals and (9) Seeds Senescence. Growing degree days to reach each stage were 153, 1051, 501, 506, 583, 730, 892, 349 & 246, respectively. Due to the high temperatures during the growing season of Roselle, the plant phenological stages were occurred more rapidly and the plant reaches its physiological maturity. Despite the interesting characteristics of this plant (Heat and drought tolerance), a

1, 2 and 3 - PhD. Student of Agroecology and Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Professor, Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.38318

detailed description of the phenological growth stages of Roselle has never been performed. A precise description of the different growth stages of this crop will provide a useful tool for agronomic and research activities. In this Study, the description of the phenological development of Roselle was proposed utilizing the expanded BBCH scale.

Conclusion

Roselle plant phenology is described here for the first time, according to the BBCH General scale. The use of extended BBCH scale for Roselle is important for successful implementation of farm management practices including disease and pest control. Based on our results it seems increasing wheat straw on the soil surface increased water holding capacity of the soil and reduced soil temperatures, which causes delay in the occurrence of Roselle phenological stages.

Acknowledgements

This research was supported by Ferdowsi University of Mashhad, Iran (code 31152).

Keywords: BBCH, Climatic, Phenology, Thermal requirement



بررسی سیستم‌های کشت ارگانیک و متداول تولید زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در

منطقه زاهدان

عیسی پیری^{1*}، زهرا وحیدیان²، ابوالفضل توسلی³ و مهدی بابائیان⁴

تاریخ دریافت: 1394/11/10

تاریخ پذیرش: 1395/12/16

پیری، ع.، وحیدیان، ز.، توسلی، ا. و بابائیان، م. 1397. بررسی سیستم‌های کشت ارگانیک و متداول تولید زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در منطقه زاهدان. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 386-399.

چکیده

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) از مهم‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده توسط انسان و یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی در ایران است. زیره سبز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی 92-1391 در مزرعه‌ای واقع در منطقه حصاروئیه زاهدان به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از سموم شیمیایی در دو سطح شامل مصرف سموم (علف‌کش لینوران و آفت‌کش به‌صورت محلول روگور) و عدم مصرف سموم به‌عنوان عامل اول و سطوح مختلف کودی در چهار سطح، بدون مصرف کود، مصرف کامل کود گاوی، مصرف کود شیمیایی متعارف (NPK) و مخلوط 50 درصد کود گاوی و 50 درصد کود شیمیایی به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی بوته، تعداد چتر بوته، تعداد دانه چتر، وزن هزار دانه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر به‌ترتیب با میانگین 44/1 سانتی‌متر، 8/3، 19/7 و 8/1 از تیمار مخلوط کود گاوی و کود شیمیایی به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقادیر عملکرد اندام هوایی تازه، عملکرد اندام هوایی خشک، عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین 1756/7، 812/7 و 488/7 کیلوگرم در هکتار در تیمار 50 درصد کود گاوی و 50 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. بیشترین مقدار درصد اسانس نیز از تیمار بدون استفاده از کود حاصل گردید. اثر مصرف سموم شیمیایی نیز بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. مطالعه ضریب همبستگی برای گیاه زیره سبز نشان داد که عملکرد اندام هوایی و دانه زیره با تمام صفات مورد بررسی در این آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. مصرف کودهای دامی توأم با کودهای شیمیایی قادر است از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه تأثیر مستقیم بر افزایش عملکرد کمی و محتوی اسانس زیره سبز داشته باشد. به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش پیشنهاد می‌گردد که برای حصول بالاترین عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زیره سبز مصرف کودهای دامی همراه با کودهای شیمیایی و بدون مصرف سموم شیمیایی به کشاورزان منطقه توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کود گاوی، کود شیمیایی، گیاه دارویی، عملکرد

مقدمه

درصد آن از راه جمع‌آوری گیاهان دارویی از رویشگاه‌های طبیعی تأمین می‌شود که این امر به انقراض نسل گونه‌های نادر و کمیاب و تضعیف ذخایر ژنتیکی منتهی شده و زراعت این گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (Omidbeigi, 2007). تولید گیاهان دارویی دارای مزایایی نظیر استفاده در صنایع آرایشی و بهداشتی، صنایع غذایی، داروهای دام و طیور، بهداشت و پرورش آبزیان، پرورش زنبور عسل، کنترل فرسایش خاک، تناوب زراعی، ایجاد تنوع زیستی و اصلاح

با افزایش درک فواید گیاهان دارویی امروزه مصرف آن‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. از کل نیازهای دارویی جهان حدود 60

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور مرکز زاهدان، ایران و استادیار، گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان، ایران
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: Issapiri@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.53320

مواد که آن‌ها را بسیار متفاوت از هم می‌کند، اثرهای متفاوتی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی آن می‌گذارد که در بیشتر موارد با بهینه کردن این شرایط امکان لازم جهت تولید محصولات با عملکرد بالا از نظر کیفی و کمی را فراهم می‌آورد (Malakouti & Homaei, 2003). احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2006) نشان دادند تیمار مصرف کود گاوی سبب بهبود عملکرد دانه و اسانس زیره سبز می‌شود. صبوری بیلندی (Sabour Bilandi, 2004) گزارش کرد که یکی از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سبز مصرف کودهای دامی می‌باشد. در پژوهشی دیگر سعیدنژاد و رضوانی مقدم (Saeidnejad & Rezvani, 2011) Moghaddam اظهار داشتند کاربرد کودهای آلی نقش مؤثری در بهبود اجزای عملکرد زیره دارند یافته‌های آن‌ها نشان داد بین تیمارهای کود آلی و کود گاوی بیشترین تأثیر را بر افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه زیره سبز داشت. شریفی آشورآبادی (Sharifi, 1999) Ashourabadi با بررسی مقادیر مختلف کودهای دامی، شیمیایی و کاربرد توأم آن‌ها در مورد گیاه رازیانه (Mill. *Foeniculum vulgare*) اظهار داشت کاربرد کود گاوی موجب افزایش 78 درصد و کودهای شیمیایی 64 درصد افزایش محصول رازیانه گردیدند، درحالی‌که به کارگیری توأم آن‌ها تولید را تا 122 درصد افزایش داد. احترامیان (Ehteramian, 2002) مقادیر مختلف کودهای شیمیایی را روی زیره سبز بررسی کرده و به این نتیجه رسید کود نیتروژن در مقادیر مناسب برای زیره مورد نیاز است و باعث افزایش عملکرد اسانس و عملکرد دانه آن می‌شود.

با توجه به این که زاهدان در ناحیه خشک و نیمه‌خشک ایران واقع شده است و معمولاً خاک‌های زراعی این نواحی از نظر مواد آلی فقیر هستند، بنابراین، توسعه و ترویج کشت گیاهان دارویی خصوصاً زیره سبز در سال‌های اخیر در این منطقه در مقایسه با مناطق دیگر کشور کمتر مورد توجه بوده است. از این رو تحقیق حاضر به بررسی اثر کاربرد کودهای آلی و تلفیق آن با کودهای شیمیایی بر عملکرد و محتوی اسانس زیره سبز پرداخته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 92-1391 در منطقه حصاروئیه غرب زاهدان با طول جغرافیایی 60 درجه و 51 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 29 درجه و 30 دقیقه شمالی و ارتفاع 1385 متری از سطح

نباتات می‌باشد و همچنین در تهیه رنگ‌های طبیعی، سموم آلی گیاهی و علوفه کاربرد دارد (Ebrahimi, 2008). علاوه بر مزایای فوق، گسترش تولید و فراوری گیاهان دارویی سبب ایجاد اشتغال و درآمدزایی برای اقشار کم بضاعت جامعه می‌شود (Omidbeigi, 2008). زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) از مهمترین گیاهان دارویی شناخته شده توسط انسان و یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی در ایران است که به‌طور عمده به‌منظور استفاده از اسانس آن کشت می‌شود. سطح زیر کشت زیره در ایران 42841 هکتار است که 25/7 درصد از کل سطح زیرکشت گیاهان دارویی ایران می‌باشد (Koocheki et al., 2008). زیره سبز در تمام فارماکوپه‌های معتبر جهان به عنوان یک گیاه دارویی مهم شناخته شده و با توجه به کاربرد روز افزون آن در صنایع داروسازی، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. زیره سبز از گونه‌های گیاهی محسوب می‌شود که سازگاری بسیار خوبی با مناطق نیمه‌خشک و کم آب جهان دارد (Kafi, 2002) و از آن‌جایی که تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هر گونه فعالیت کشاورزی است، بنابراین شناخت عوامل مختلف مؤثر بر رشد و عملکرد گیاهان از قبیل اقلیم شامل منابع و شرایط و عوامل ژنتیکی و همچنین نحوه تأثیر آن‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی محصول از مهمترین جنبه‌های موفقیت به شمار می‌رود (Jami-Alahmadi et al., 2005).

با توجه به هزینه زیاد مبارزه با علف‌های هرز، بررسی زمان مناسب مبارزه با علف‌های هرز برای به‌حداقل رساندن هزینه‌ها و کاربرد سموم شیمیایی از اهمیت زیادی برخوردار است. زیره سبز به خاطر ویژگی‌های رشدی، گیاهی با وزن و حجم اندام‌های هوایی کم می‌باشد، علاوه بر این گسترش ریشه آن نیز چندان قابل توجه نیست. این ویژگی‌ها باعث شده است که قدرت رقابتی آن با علف‌های هرز کم باشد و به همین دلیل وجود علف‌های هرز باعث رقابت شدید بر سر منابع مختلف می‌شود (Hosseini et al., 2006).

خاک‌های منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران معمولاً دارای کمبود ماده آلی می‌باشند که این امر باعث کاهش حاصلخیزی و خصوصیات مطلوب شیمیایی و فیزیکی این خاک‌ها می‌شود (Malakouti & Homaei, 2003). این مسئله محققان را بر آن داشته تا در زمینه استفاده از کودهای آلی تحقیقات گسترده‌ای را انجام دهند. بررسی‌ها نشان داده که افزودن مواد آلی به خاک، بسته به ویژگی‌های انواع این

شیمیایی بودند ($F_3:100$ درصد کود شیمیایی و $F_2:50$ درصد کود گاوی و 50 درصد کود شیمیایی) اضافه گردید. (لازم به ذکر است کود گاوی یک ماه قبل کشت بذور به زمین اضافه شد) کود سرک در دو مرحله (تشکیل ساقه و تشکیل دانه) هر بار به میزان 25 کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیری به کرت‌های مربوطه اضافه شد.

کاشت زیره سبز در عمق سه سانتی‌متری در 20 آبان ماه 1391 انجام شد. بلافاصله پس از کاشت محصول، زمین آبیاری گردید در طی فصل رشد آبیاری مزرعه هر هفته یک‌بار انجام شد. عمل تنک کردن به‌منظور ایجاد تراکم یکسان در همه کرت‌ها در مرحله 3-4 برگی انجام گردید. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی بوته، تعداد چتر بوته، تعداد دانه چتر، وزن هزار دانه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد دانه، بیوماس علف‌هرز، درصد و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری صفات فوق به این صورت بود که در هر کرت شش ردیفی، دو ردیف کناری به همراه سه بوته از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان اثر حاشیه‌ای محسوب گردید. پس از حذف اثر حاشیه دو خط میانی برای سنجش در نظر گرفته شد. استخراج اسانس از دانه‌های زیره توسط دستگاه کلونجر³ انجام گرفت. پس از محاسبه میزان اسانس در دانه، عملکرد آن نیز در واحد سطح (لیتر در هکتار) تعیین گردید. بدین منظور از هر کرت یک نمونه 50 گرمی از دانه‌های زیره انتخاب و پس از پودر کردن در آسیاب 30 گرم آن به همراه 300 میلی‌لیتر آب و چند دانه شیشه جوش درون بالن قرار گرفته و چهار ساعت حرارت داده شد. در اثر حرارت فشار بخار آب افزایش می‌یابد و غده‌های حاوی اسانس شکسته شده و اسانس به همراه بخار آب وارد میرد می‌شود. در مبرد عمل میعان صورت گرفته و قطرات اسانس درون آب به صورت دو فاز مشخص به طرف لوله مندرج حرکت می‌کند و در آن‌جا به علت سبک‌تر بودن روی آب تجمع می‌یابد و آب اضافی از طریق لوله رابط به بالن باز می‌گردد. جهت جمع‌آوری اسانس شیر دستگاه را باز کرده تا آب خارج شده و سپس اسانس جمع‌آوری گردید (Ahmadian et al., 2006).

در نهایت داده‌های به‌دست آمده در این آزمایش با استفاده از نرم-افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

3- Clevenger

دریا انجام شد. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن¹ جزء اقلیم‌های خشک با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. مزرعه آزمایشی تا قبل از اجرای تحقیق پنج سال به‌صورت آیش قرار داشت. بافت خاک مزرعه لوم رسی² بود. سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی به‌صورت فاکتور کنترل شیمیایی در دو سطح مصرف سموم (علف‌کش لینوران و آفت کش به‌صورت محلول روگور) (H_1) و عدم مصرف سموم (H_2) به عنوان فاکتور اول و نسبت‌های مختلف کودی در چهار سطح بدون مصرف کود (F_1)، مصرف کود گاوی (F_2)، مصرف کود شیمیایی متعارف (NPK) (F_3) و مخلوط 50 درصد کود گاوی و 50 درصد کود شیمیایی (F_4) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. زمین محل آزمایش در اوایل پاییز قبل از کاشت تا عمق 30-20 سانتی‌متر شخم زده شد و بلافاصله پس از انجام شخم زمین دیسک زده شد و با استفاده از لولر (تسطیح‌کننده) عملیات تسطیح زمین صورت گرفت. پس از آماده‌سازی بستر بذر، به‌منظور اجرای نقشه طرح، زمین بلوک-بندی شد. هر بلوک شامل هشت کرت بود. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر و به فاصله 30 سانتی‌متر طراحی شد. فاصله بوته‌ها بین هر ردیف 30 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم 111 بوته در مترمربع به‌دست آید.

به‌منظور اعمال تیمارهای کنترل شیمیایی از علف‌کش لینوران به مقدار دو لیتر در هکتار بعد از کاشت در مرحله 2-4 برگی گیاه و آفت-کش به‌صورت محلول روگور به مقدار 0/6 لیتر در هکتار در مرحله رشد ساقه‌های گیاه مطابق با تیمارهای آزمایشی استفاده شد.

به‌منظور اعمال تیمارهای کودی پس از کرت‌بندی زمین و قبل از کاشت مطابق با تیمارهای آزمایشی، مقادیر متعارف کود گاوی پوسیده در منطقه به‌میزان 40 تن در هکتار و کود شیمیایی شامل 100 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و 70 کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و 50 کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره (بر اساس مقدار توصیه شده برای خاک) به کرت‌های آزمایشی که دارای تیمار کود

1- Koppen
2- Clay loam

جدول 1- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی (عمق 0-30)
Table 1- Chemical and physical characteristics of experiment soil (depth 0-30)

اسیدیته pH	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	بافت Texture
7.36	2.4	0.22	1.8	85	لوم رسی Clay loam

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در آزمایش
Table 2-Chemical characteristics of manure used in experiment

کلسیم (درصد) Ca (%)	پتاسیم (درصد) K ₂ O (%)	گوگرد (درصد) S (%)	فسفر (درصد) P ₂ O ₅ (%)	نیتروژن (درصد) N (%)
1.64	2.09	0.43	0.71	2.12

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع گیاه در انتهای فصل رشد، در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، اما اثر سموم و اثر متقابل کود و سموم شیمیایی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول 3). مقایسه میانگین سطوح کودی نشان داد که کلیه تیمارهای کودی در مقایسه با شاهد ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. نتایج این بخش نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته از تیمار کود شیمیایی با میانگین 45/2 سانتی‌متر و تیمار 50 تیمار کود گاوی و 50 تیمار کود شیمیایی (F₄) با میانگین 44/1 سانتی‌متر به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند در این بین کمترین ارتفاع بوته نیز با میانگین 31/2 سانتی‌متر در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به‌دست آمد (جدول 4). با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که جهت دستیابی به ارتفاع حداکثر، سطح مطلوبی از کودهای شیمیایی نیاز است. به‌طوری که در تیمارهایی که کود شیمیایی مصرف شد ارتفاع گیاه به مراتب بیشتر از سایر تیمارها بود و به‌تدریج با حذف اثر کود شیمیایی از میزان ارتفاع بوته کاسته شد (جدول 4). نتایج ما نشان داد بین تیمارهای مورد آزمایش کود شیمیایی در مقایسه با کود گاوی اثر بیشتری بر ارتفاع بوته داشت، به‌طوری که کود شیمیایی مقدار ارتفاع بوته را در مقایسه با

تیمار شاهد به میزان 30 درصد افزایش داشت، اما استفاده از کود گاوی فقط توانست 11/36 درصد ارتفاع بوته را افزایش دهد. همان‌طور که نتایج جدول 4 نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین مصرف 100 درصدی کود شیمیایی و تیمار ترکیب کود گاوی و شیمیایی وجود نداشت که نشان می‌دهد ترکیب منابع کودی آلی و شیمیایی می‌تواند به اندازه مصرف تنه‌های کود شیمیایی مؤثر واقع شود. به‌نظر می‌رسد در این ترکیب کودی با توجه به حضور 50 درصدی کود شیمیایی و از طرفی استفاده از کود گاوی به لحاظ دارا بودن برخی عناصر غذایی از جمله نیتروژن (جدول 2) باعث گردیده است تیمار ترکیبی به‌اندازه مصرف تنه‌های کود شیمیایی بر صفت ارتفاع بوته مؤثر باشد. نتایج قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2012) بر گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) نشان داد استفاده از تیمار ترکیبی کود گاوی و شیمیایی در مقایسه با استفاده تنه‌های هر یک از آن‌ها تأثیر بیشتری بر عملکرد رویشی گیاه جو داشت.

تعداد ساقه‌های فرعی

تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، اما اثر تیمارهای کنترل شیمیایی (سم‌پاشی) و همین‌طور اثر متقابل آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار نشد (جدول 3). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها کاربرد کود

بود، اما اثر سموم و اثر متقابل سموم و کود بر این صفت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 4) نشان داد مصرف کود شیمیایی مخلوط با کود گاوی و تیمار کامل کودهای شیمیایی از بیشترین تأثیر نسبت به سایر تیمارهای کودی بر تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر برخوردار بود. گمان می‌رود کود گاوی با بهبود ساختمان خاک و ایجاد شرایط لازم، امکان جذب بیشتر عناصر موجود در کود شیمیایی را برای گیاه فراهم کرده است که این موضوع سبب بهبود رشد اندام‌های رویشی و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شده است و از آن‌جا که بین تعداد ساقه‌های فرعی و تعداد چتر در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول 9)، می‌توان افزایش تعداد چتر در بوته را به طور مستقیم به این موضوع مرتبط دانست. احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2006) اعلام کردند در اثر مصرف متعادل عناصر غذایی تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر زیره سبز افزایش می‌یابد.

وزن هزار دانه

اثر تیمارهای سموم شیمیایی، کود و اثر متقابل این دو تیمار بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول 3). از آن‌جایی که این صفت بیشتر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه بوده (Pouryosef, 2007)، تیمارهای کودی نتوانستند اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشته باشند.

شیمیایی و کود گاوی به تنهایی و همین طور به صورت مخلوط با هم باعث افزایش تعداد شاخه فرعی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف کود) گردید. نتایج این بخش نشان داد بین تیمارهای کودی بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمار 100 درصد کود شیمیایی (F_3) و تیمار 50 درصد کود گاوی و 50 درصد کود شیمیایی (F_4) مشاهده گردید که به ترتیب مقادیر $8/8$ و $8/3$ را به خود اختصاص دادند که به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت (جدول 4). مهمترین دلیل برتری تیمارهای مخلوط کود گاوی و شیمیایی می‌تواند به بهبود رشد گیاه در شرایط فراهمی عناصر غذایی و تولید شاخه‌های فرعی بیشتر در این شرایط باشد (Ahmadian, 2010). انور و همکاران (Anwar et al., 2005) اظهار داشتند افزودن کود دامی به خاک با بهبود بخشیدن شرایط بیولوژیکی خاک، ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد پیکره رویشی را فراهم می‌آورد. تجادا و همکاران (Tejada et al., 2005) نیز نشان دادند که در نتیجه کاربرد کودهای بیولوژیک فعالیت آنزیمی خاک بهبود پیدا کرده است و باعث افزایش فراهمی عناصری مانند نیتروژن و درصد پروتئین دانه گردید.

تعداد چتر بوته و تعداد دانه چتر

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول 3 نشان داد تنها اثر تیمارهای کودی بر تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر معنی‌دار

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد زیره سبز
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of cumin

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد دانه چتر Seeds per capsule	تعداد چتر بوته Capsules per plant	تعداد ساقه‌های فرعی Lateral shoot number	ارتفاع گیاه Plant height
بلوک Block	2	0.012 ^{ns}	15.22 ^{ns}	313.28 ^{ns}	0.0143 ^{ns}	0.03 ^{ns}
سموم شیمیایی Pesticides	1	1.26 ^{ns}	91.65 ^{ns}	258.09 ^{ns}	0.091 ^{ns}	4.86 ^{ns}
سطوح کودی Fertilizer level	3	0.14 ^{ns}	441.71 [*]	528.26 [*]	154.12 [*]	349/02 ^{**}
سم × کود Pesticides × fertilizer	3	1.34 ^{ns}	29.12 ^{ns}	288.11 ^{ns}	0.0132 ^{ns}	211.81 ^{**}
خطا Error	16	18.63	70.31	196.87	20.8	35.82

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, * and **: are non significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر کود بر اجزای عملکرد زیره سبز

Table 4- Mean comparison of fertilizer effect on yield and yield components of cumin

تیمار Treatment	تعداد دانه در چتر Seed per Capsule	تعداد چتر در بوته Capsule per plant	تعداد ساقه‌های فرعی Lateral shoot number	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)
شاهد Control	5.2 ^{b*}	10.6 ^c	5.3 ^c	31.2 ^c
کود گاوی Cow manure	6.2 ^b	15.9 ^{ab}	6.0 ^b	35.2 ^b
کود شیمیایی Chemical fertilizer	8.2 ^a	18.5 ^a	8.8 ^a	45.2 ^a
50% کود گاوی + 50% کود شیمیایی 50% manure + 50% fertilizer	8.1 ^a	19.7 ^a	8.3 ^a	44.1 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% probability level.

عملکرد تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده نشان می‌دهد اثر کودهای دامی و شیمیایی و اثر متقابل کود و سموم بر عملکرد اندام هوایی تازه و خشک زیره سبز معنی‌دار بود (جدول 5). بیشترین مقدار عملکرد اندام هوایی تازه و خشک زیره سبز در تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی همراه با مصرف سموم حاصل شد که به ترتیب برابر بود با 1860/41 و 877/32 کیلوگرم در هکتار و تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمارهای مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی بدون استفاده از سموم، کود شیمیایی متعارف همراه و بدون استفاده از سموم مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد اندام هوایی زیره سبز (1045/40 کیلوگرم در هکتار برای علوفه تازه و 390/40 کیلوگرم در هکتار برای علوفه خشک) از تیمار عدم کود دهی و عدم مصرف سموم حاصل شد (شکل 1 ب و ج). بالاتر بودن عملکرد اندام هوایی تازه و خشک زیره سبز در تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی را می‌توان به افزایش مواد آلی خاک از طریق مصرف کودهای دامی نسبت داد که سبب بهبود ساختمان خاک و افزایش محتوی رطوبت خاک شده، از طرفی کودهای شیمیایی نیز توانسته‌اند از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد محصول در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شوند. نتایج حاصل از آزمایشات احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2006) و صبور بیلندی (Sabour Bilandi, 2004) در بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیره سبز با این تحقیق مطابقت دارد.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول 5 اثر سطوح مختلف کودی و اثر متقابل کود و سموم شیمیایی بر عملکرد دانه زیره سبز معنی‌دار بود، اما اثر سم‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد بیشترین مقدار عملکرد دانه زیره از تیمار مصرف توأم کودهای دامی و شیمیایی و مصرف سموم (H_1F_4) با میانگین 542/01 کیلوگرم در هکتار حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمارهای مصرف توأم کودهای دامی و شیمیایی و بدون استفاده از سموم (H_2F_4) و همین‌طور تیمار مصرف 100 درصد کود شیمیایی همراه (H_1F_3) و بدون استفاده از سموم (H_2F_3) مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد دانه زیره سبز نیز با میانگین 125/76 کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم مصرف کود و عدم مصرف سموم حاصل شد (شکل 1 د).

اثر مثبت کودهای دامی بر ساختمان خاک و افزایش محتوی مواد آلی خاک و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه از طریق مصرف کودهای شیمیایی مهمترین دلایل بهبود عملکرد دانه گیاه تحت این تیمارها بود. احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2006) و صبور بیلندی (Sabour Bilandi, 2004) نشان دادند مصرف کودهای دامی همراه با کودهای شیمیایی عملکرد دانه زیره سبز را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. در این تحقیق مشاهده شد که مصرف کودهای دامی به تنهایی در مقایسه با مصرف توأم کود گاوی و شیمیایی و مصرف کود شیمیایی تأثیر کمتری بر عملکرد دانه محصول قرار داشت. کودهای دامی هر

چند حاوی مقادیر مناسبی از عناصر پرمصرف مانند نیتروژن و تا حدی عناصر کم مصرف می باشند اما کم بودن افزایش عملکرد دانه در طی استفاده از آن ها در مقایسه با کودهای شیمیایی می تواند مربوط به کاهش میزان جذب این عناصر توسط گیاهان باشد. پیمنتال (Pimentel, 1993) اعلام کرد در سال اول مصرف کود گاوی تنها 40 درصد نیتروژن آن توسط گیاهان قابل جذب خواهد بود.

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد زیره سبز تحت تأثیر سموم شیمیایی و سطوح کودی
Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for cumin yield affected as pesticides and fertilizer levels

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	وزن خشک اندام هوایی Dry biological weight	وزن تر اندام هوایی Wet biological weight
بلوک Block	2	80014.11 ^{ns}	1074441.69 ^{ns}	2993460.73 ^{ns}
سموم شیمیایی Pesticides	1	1168243.38*	12886686.40*	355112240.56*
سطوح کودی Fertilizer level	3	324528.15**	3471934.12**	89118905.14**
سم × کود Pesticides × fertilizer	3	167459.79*	2152323.66*	51435882*
خطا Error		52294.67	1254392.58	27337420.70

ns, **, * و * به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

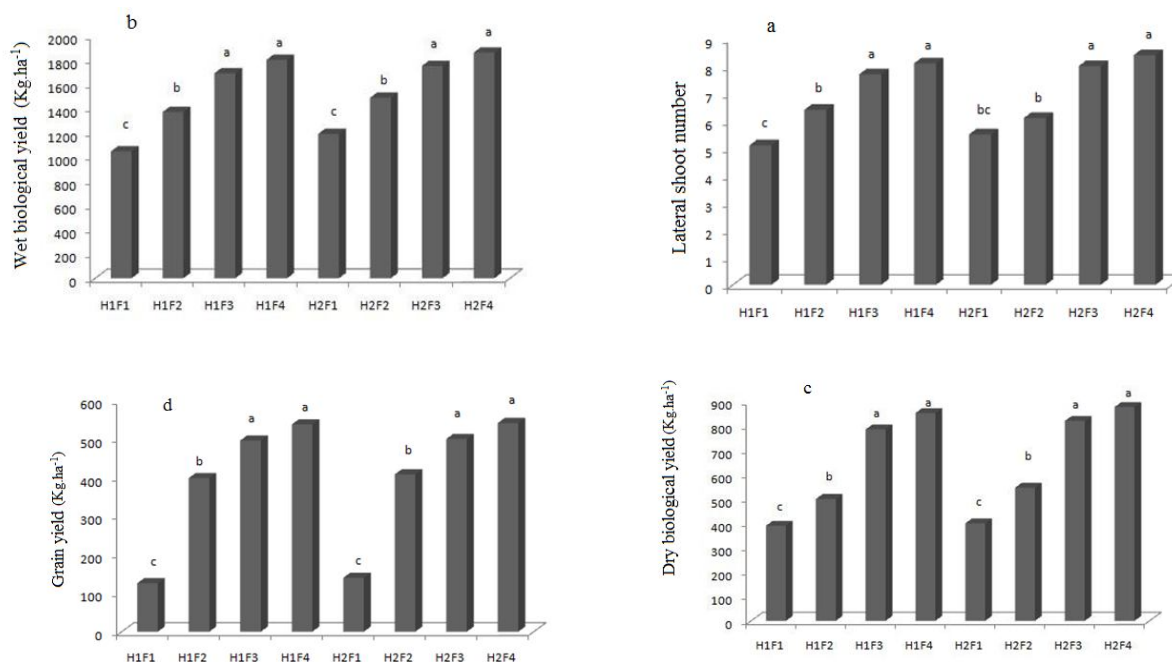
ns, **, * and * are non significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین اثر سم و کود بر عملکرد زیره سبز
Table 6- Mean comparison for the effect of pesticides and fertilizer on yield components of cumin

تیمار Treatment	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک اندام هوایی (کیلو گرم در هکتار) Dry weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر اندام هوایی (کیلو گرم در هکتار) Wet weight (kg.ha ⁻¹)
سموم شیمیایی Chemical pesticides			
سموم Pesticides	399.2 ^{a*}	743.2 ^a	1700.2 ^a
شاهد Control	380.8 ^a	720.8 ^a	1654.8 ^a
سطوح مختلف کودی Fertilizer levels			
شاهد Control	129.6 ^c	389.6 ^c	1144.6 ^c
کود گاوی Cow manure	398.9 ^b	500.9 ^{ab}	1339.9 ^b
کود شیمیایی Chemical fertilizer	457.5 ^a	755.5 ^a	1603.5 ^a
50% کود گاوی + 50% کود شیمیایی 50% Manure + 50% fertilizer	488.7 ^a	812.7 ^a	1756.7 ^a

* میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Mean followed by similar letters in each column and for each component, are not significantly at the 5% probability level.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر متقابل سموم و کود بر الف) تعداد ساقه‌های فرعی، ب) عملکرد اندام هوایی تازه، ج) عملکرد اندام هوایی خشک و د) عملکرد دانه زیره سبز

Fig. 1- Mean comparisons for interaction effect of pesticides and fertilizer a: no interval branches, b: wet biological yield, c: dry biological yield of cumin and d: seed yield

H₁F₁: شاهد، H₂F₁: مصرف سم + شاهد، H₁F₂: شاهد + کود دامی، H₂F₂: مصرف سم + کود دامی، H₁F₃: شاهد + کود شیمیایی، H₂F₃: مصرف سم + کود شیمیایی + 50% کود دامی، H₁F₄: 50% کود شیمیایی + شاهد + کود دامی، H₂F₄: 50% کود شیمیایی + مصرف سم + کود دامی
H₁F₁: Control and Control, H₂F₁: Using pesticide and Control, H₁F₂: Control and 100% Manure, H₂F₂: Using pesticide and 100% Manure, H₁F₃: 100% Chemical Fertilizer NPK and Control, H₂F₃: 100% Chemical Fertilizer NPK and using pesticide, H₁F₄: Control and 50% manur+50% chemical fertilizer, H₂F₄: Using pesticide and 50% manur+50% chemical fertilizer.

تیمارهای مصرف کود شیمیایی و کود گاوی + کود شیمیایی تولید شده است. این موضوع می‌تواند به دلیل اثر مثبت مصرف کودها بر رشد رویشی و افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه و متعاقب آن کاهش تولید اسانس در گیاه باشد.

عملکرد اسانس

اثر سطوح مختلف کودی و اثر متقابل کود و سموم بر عملکرد اسانس زیره سبز معنی‌دار بود (جدول 7). به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد اسانس این گیاه از تیمار مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی و مصرف سموم حاصل شد که برابر بود با 14/52 کیلوگرم در هکتار و تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمارهای مصرف مخلوط کودهای دامی و شیمیایی و بدون استفاده از سموم، مصرف کود شیمیایی متعارف همراه و بدون استفاده از سموم مشاهده نشد.

درصد اسانس

جدول 7 نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های درصد اسانس را نشان می‌دهد. تیمار مصرف انواع کود اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این صفت داشت، اما اثر تیمار سموم و اثر متقابل سموم و کود بر درصد اسانس زیره سبز معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر سطوح کودی نشان داد که بالاترین مقدار اسانس از تیمار بدون استفاده از کود حاصل شد و از نظر درصد تولید اسانس تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با سایر تیمارها وجود داشت (جدول 8). از آنجایی که بین میزان مواد فتوسنتزی و تولید متابولیت‌های ثانویه یک رابطه معکوس وجود دارد بنابراین هر عاملی که سبب کاهش رشد و تولید مواد فتوسنتزی شود سبب افزایش درصد متابولیت‌های ثانویه و اسانس گیاهان دارویی خواهد شد (Omidi & Jafarzadeh, 2010). با توجه به نتایج این آزمایش مشاهده شد که کمترین درصد اسانس زیره سبز در

کمترین میزان عملکرد اسانس زیره سبز برابر با 9/20 کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف کود شیمیایی و عدم مصرف سم حاصل شد (شکل 2). از آنجایی که عملکرد اسانس از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد اسانس حاصل می‌شود (Omidi & Jafarzadeh, 2010)، بنابراین بین عملکرد دانه با عملکرد اسانس همبستگی و رابطه‌ای مستقیم وجود دارد (جدول 9) و چون در این آزمایش تیمارهای مصرف توأم کود گاوی و شیمیایی سبب افزایش عملکرد دانه شده‌اند، مشاهده بالاترین عملکرد اسانس از همین تیمار قابل پیش‌بینی بود.

جدول 7- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد و عملکرد اسانس زیره سبز
Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for yield and percent of essential oil of cumin

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد اسانس Essence yield	درصد اسانس Essence %
بلوک Block	2	458.63 ^{ns}	0.018 ^{ns}
سموم شیمیایی Pesticides	1	32466.73 ^{ns}	0.824 ^{ns}
سطوح کودی Fertilizer level	3	498.67*	0.996*
سم × کود Pesticides × Fertilizer	3	325.53*	0.501 ^{ns}
خطا Error	16	101.87	0.120

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

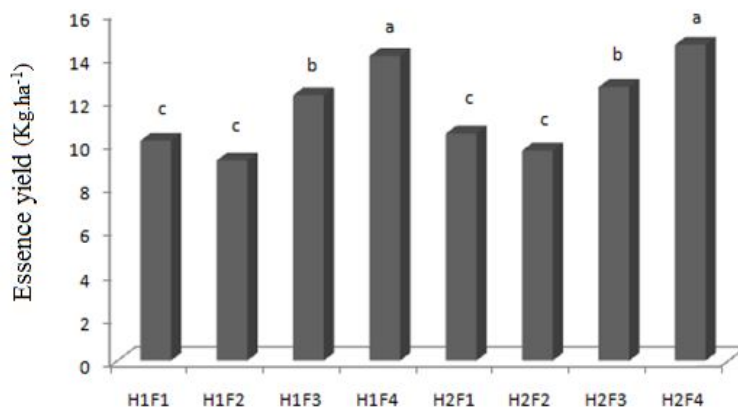
ns, *and **: are non significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

جدول 8- مقایسه میانگین اثر سم و کود بر درصد و عملکرد اسانس زیره سبز
Table 8- Mean comparison of fertilizer and pesticide effect on essential oil yield and essential oil of cumin

تیمار Treatment	عملکرد اسانس (کیلوگرم بر هکتار) Essence yield (kg.ha ⁻¹)	درصد اسانس Essential oil percentage
سموم شیمیایی Chemical pesticides		
مصرف سموم Pesticides	11.6 ^{a*}	2.5 ^a
شاهد Control	10.9 ^a	2.7 ^a
سطوح مختلف کودی Fertilizer levels		
شاهد Control	9 ^c	2.9 ^a
کود گاوی Cow manure	10.3 ^c	2.8 ^a
کود شیمیایی Chemical fertilizer	12.6 ^b	2.1 ^b
50% کود گاوی + 50% کود شیمیایی 50% manure + 50% fertilizer	14.5 ^a	2 ^b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Mean followed by similar letters in each column and for each component, are not significantly at the 5% level of probability.



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل سموم و سطوح کودی بر عملکرد اسانس زیره سبز
Fig. 2- Mean comparison for interaction effect of pesticides and fertilizer on essential oil yield on cumin

جدول 9- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی زیره سبز
Table 9- Correlation coefficients between traits cumin

صفات Treats	ارتفاع بوت Plant height	ساقه‌های جانبی Lateral shoots	تعداد چتر در بوت Umbel per plant	تعداد دانه در هر چتر Seed per umbel	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد اندام هوایی Biological yield	درصد اسانس Essential oil %	عملکرد اسانس Essential oil yield
ارتفاع بوت Plant height	1								
ساقه‌های جانبی Lateral shoots	-0.73**	1							
تعداد چتر در بوت Umbels per plant	0.56*	0.68**	1						
تعداد دانه در هر چتر Seeds per umbel	0.54*	0.85**	0.94**	1					
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.12	-0.09	-0.15	-0.11	1				
عملکرد دانه Seed yield	0.72*	0.81**	0.98*	0.84**	0.64*	1			
عملکرد اندام هوایی Biological yield	0.92**	0.77**	0.91**	0.96**	0.65**	0.90**	1		
درصد اسانس Essential oil %	0.13	0.16	0.21	0.12	0.44	0.22	0.15	1	
عملکرد اسانس Essential oil yield	0.60*	0.79**	0.77*	0.8**	0.87*	0.98**	0.67*	0.73*	1

ns و * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
ns, **and *, non significant and significant at 1 and 5% levels of probability, respectively.

صبور بیلندی (Sabour Bilandi, 2004) و سعیدنژاد و رضوانی مقدم (Saeidnejad & Rezvani Moghaddam, 2011) نشان دادند بالاترین عملکرد اسانس زیره سبز از تیمار مصرف کود گاوی حاصل شده است.

(جدول 9).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که مصرف کودهای دامی همراه با کودهای شیمیایی و بدون مصرف سموم شیمیایی از نظر عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس زیره سبز نسبت به سایر تیمارهای استفاده شده در این آزمایش به‌خصوص مصرف کود شیمیایی به‌تنهایی همراه با مصرف سموم شیمیایی در مرتبه بالاتری قرار گرفته و علوفه و دانه تولیدی این تیمار از کمیت و کیفیت برتری برخوردار بوده است. مصرف کودهای دامی توأم با کودهای شیمیایی قادر است از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه تأثیر مستقیم بر افزایش عملکرد کمی و محتوی اسانس زیره سبز داشته باشد. به‌طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش پیشنهاد می‌گردد که برای حصول بالاترین عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زیره سبز مصرف کودهای دامی همراه با کودهای شیمیایی و بدون مصرف سموم شیمیایی به کشاورزان منطقه توصیه شود.

همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی زیره سبز

به‌منظور بررسی رابطه موجود بین صفات مورد بررسی گیاه زیره سبز در این آزمایش، همبستگی ساده بین این صفات با استفاده از نرم افزار SAS محاسبه گردید که نتایج آن در جدول 9 ارائه شده است. بین ارتفاع ساقه و تعداد ساقه‌های جانبی همبستگی منفی و معنی‌داری بود، اما رابطه بین ارتفاع بوته با سایر صفات اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. عملکرد علوفه و دانه گیاه با تمام صفات مورد بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری داشت. این امر به خوبی ارتباط بین کارایی فتوسنتز و عملکرد گیاه زیره سبز را نشان می‌دهد بدین ترتیب گیاهانی دارای عملکرد بالایی خواهند بود که مواد فتوسنتزی بیشتری را در اندام‌های خود تجمع دهند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد اسانس و عملکرد اسانس مشاهده شد.

منابع

- Ahmadian, A. 2010. Effects of organic and chemical fertilizer and amendments residue of them on ecophysiological characteristics of Chamomile (*Matricaria chamomilla*) under drought stress conditions. PhD Thesis in Agronomy, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2006. Effect of manure consumption on quality and quantity yield and essence chemical indexes in cumin. Iranian Journal of Field Crops Research 4(2): 207-216. (In Persian with English Summary)
- Anwar, M., Patra, D., Chand, S., Alpesh, K., Naqui, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.
- Ebrahimi, A. 2008. Sustainable Development Program of Iranian Medicinal Plants. Agriculture Research, Education and Extension Organization Press. Tehran, Iran. (In Persian)
- Ehterami, K. 2002. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and sowing date on yield and yield components of Cumin in Kooshkak region of Fars province. MSc Thesis in Desert Regions Management. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ghanbari, A., Babaeian, M., Esmaeilian, Y., Tavassoli, T., and Asgharzade, A. 2012. The effect of cattle manure and chemical fertilizer on yield and yield component of barley (*Hordeum vulgare*). African Journal of Agricultural Research 7(3): 504-508.
- Hosseini, A., Koocheki, A., 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.
- Jamiol-ahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M. 2005. Agriculture, Fertilizer and Bioenvironment. Mashhad Ferdowsi University Press. Mashhad, Iran. (In Persian)

- Kafi, M. 2002. Cumin, Technology, Production and Processing. Mashhad Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran 139 pp. (In Persian with English Summary)
- Kafi, M. 2006. Critical period of weed control in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of 4(1): 23-34. (In Persian with English Summary)
- Khandan, A Field Crops Research. 2004. Effect of organic and chemical fertilizer on soil chemical and physical characteristics and plantain medicinal plants. MSc Thesis in Podology, Agriculture Faculty, Mashhad Ferdowsi University. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2008. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Journal of Field Crops Research 2(2): 208-216. (In Persian with English Summary)
- Malakouti, M.J., and Homaei, M. 2003. Soils Fertility of Arid and Semi-arid Regions. Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran 482 pp. (In Persian)
- Omidbeigi, R. 2007. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Vol 1. Tarrahan-e Nashr Press. Tehran. Iran 400 pp. (In Persian)
- Omidbeigi, R. 2008. Medicinal plants, low benefit lands, employment. 7th Conference of Industries and Mines Research and Development Centers, Tehran, Iran 132 pp. (In Persian)
- Omidi, H., and Jafarzadeh, L. 2010. Study of quantity yield and essence percentage of cumin under influence of bio and urea chemical fertilizer. 11th Iranian Crop Science Congress p. 119-123. (In Persian)
- Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agriculture, Environment and Ethics 6: 53-60.
- Pouryosef, M. 2007. Investigating effect of soil fertility systems (Organic and chemical) on elements contents, yield, yield components and mucilage of plantain under different irrigation regimes. PhD Thesis in Agronomy, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Sabour Bilandi, M. 2004. Investigating effect of different manure levels on cumin yield in Gonabad city. 1st Cumin National Conference, Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Khorasan, Iran p. 143. (In Persian)
- Saeidnejad, A.H., and Rezvanimoghaddam, P. 2011. Evaluating effect of compost, vermin-compost and manure on yield, yield components and essence percentage of cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Horticultural Science 24(2): 142-148. (In Persian with English Summary)
- Sharifi Ashourabadi, A. 1999. Investigating effect of soil fertility in agronomic ecosystems. PhD Thesis in Agronomy. Islamic Azad University, Research and Science Branch. (In Persian with English Summary)
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcia-Martinez, A.M., and Parrado, J. 2008. Effect of different green manures on soil biological properties and Maize yield. Bioresource Technology 99: 1758-1767.
- 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 p. 91-96.



Investigating Organic and Conventional Cultivating System of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Zahedan Region

I. Piri^{1*}, Z. Vahidian², A. Tavassoli³ and M. Babaeian⁴

Submitted: 30-01-2016

Accepted: 06-03-2017

Piri, I., Vahidian, Z., Tavassoli, A., and Babaeian, M. 2018. Investigating organic and conventional cultivating system of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Zahedan region. Journal of Agroecology. 10(2): 386-399.

Introduction

Medicinal plants are used to treat many diseases that are untreated or rarely treated through modern medical systems. Approximately 80% of the world population depends on medicinal plants for their health and healing. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is an aromatic plant in the Apiaceae family that is used in foods, fragrances, and medical preparations (liqueurs, mouthwashes, toothpastes, soaps, and perfumes). They are used as antispasmodic, carminative, and appetite stimulating agents. Cumin is the most widely used medicinal plants in Iran, which is mainly cultivated in order to use its essence. Cumin cultivation area in Iran is 542841 ha that it is 25.7% of the total Iran cultivated area of medicinal plants. Cumin is considered to be a very good compatibility with semi-arid regions of the world. Since the proportion of the agricultural activities in each region with the weather conditions is necessary for any agricultural activity, Therefore, understanding the different factors affecting plant growth, such as climate conditions and genetic resources as well as their impact on quantitative and qualitative characteristics is the most important aspects of a successful product. The use of modern types of fertilizers and pesticides has increased the production of Cumin in Iran. However, there have been concerns of environmental problems caused by inorganic materials and it is very important to investigate the mode of fertilizer and pesticide use and their impact on soil fertility and surrounding environment.

Material and Methods

In order to study the organic and conventional production of cumin (*Cuminum cyminum* L.) as a medicinal plant, a field experiment was conducted in factorial experiment as randomized complete block design with three replications during 2012-13 in HesaroyehZahedan region. Treatments included herbicide and pesticide in two levels: application of herbicide and pesticide and without application of herbicide and pesticide as first factor, and four levels of organic and inorganic: without application of fertilizer, manure, chemical fertilizer (N) and 50% manure + 50% chemical fertilizer as second factor. In this experiment measured factors were plant height, No. sub stems per plant, No. capsule per plant, No. seed per capsule, 1000-seed weight, dry and fresh forage yield, seed yield, weeds biomass, essence percentage and essence yield.

Results and Discussion

The results showed that the highest amount of all factors measured except weeds biomass and essence percentage obtained from treatment of consumption of 50% manure + 50% chemical fertilizer. The highest amount of weeds biomass was observed in the treatment of consumption of 50% manure + 50% chemical fertilizer. And the highest amount of essence percentage was achieved from treatment of without application of fertilizer. The effect of herbicide and pesticide on any of the measured factors was not significant. The study of correlation coefficient for cumin showed that forage and seed yield had a positive and significant relationship with all measured factors.

Conclusion

The results of this study showed that the use of manure with chemical fertilizers and without the use of chemical pesticides in terms of biomass and Cumin yield compared to other treatments used in this experiment,

1, 2, 3 and 4- Associated Professor, MSc Student of Agronomy, Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Payame Noor University, Zahedan center, Iran and Assistant Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Shirvan, Shirvan, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: Issapiri@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.53320

especially using chemical fertilizer alone and using chemical fertilizer with pesticide was higher in rank and the quantity and quality of biological and grain yield production of this treatment was higher than other treatments. Manure combined with chemical fertilizers could increase the availability of plant nutrients through a direct impact on increasing yield and its essence content is cumin. In general, according to the results of this experiment we can recommend farmers to use manure with chemical fertilizers and without the use of pesticides to achieve the Cumin highest performance and the best quality.

Keywords: Chemical Fertilizer, Cumin, Essential oil, Medicinal plant, Yield



اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه نیکشهر

حمیدرضا مبصر^{1*}، شهردوست برجسته² و عباس کشته‌گر³

تاریخ دریافت: 1394/12/18

تاریخ پذیرش: 1395/12/07

مبصر، ح.، برجسته، ش.، و کشته‌گر، ع. 1397. اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در منطقه نیکشهر. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 400-415.

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو محصول ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در کشت مخلوط، در منطقه بنت شهرستان نیکشهر در بهمن ماه سال 1392 آزمایشی با 14 تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به روش جایگزینی و افزایشی به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص ذرت، کشت خالص سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (برای هر محصول تراکم بوته 50 درصد تراکم مطلوب می‌باشد)، یک ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، یک ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (برای هر محصول تراکم بوته 100 درصد تراکم مطلوب می‌باشد)، سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی، چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، (تراکم بوته برای ذرت 100 درصد تراکم مطلوب و برای سیب‌زمینی 50 درصد تراکم مطلوب می‌باشد) بودند. نتایج نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع گیاه ذرت، عملکرد زیست توده، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت و همچنین بر ارتفاع بوته، وزن غده و عملکرد غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت و بیشترین ارتفاع گیاه ذرت (133/26 سانتی‌متر)، تعداد دانه در بلال (432/33) و عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) از تیمار دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر)، بیشترین وزن غده (73/54 گرم) و عملکرد غده سیب‌زمینی (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین (1/54) از سیستم کشت مخلوط دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در بلال، زیست توده، عملکرد دانه، نسبت برابری زمین، وزن غده

مقدمه

زیست و ظرفیت منابع آب و خاک را نیز حفظ می‌کند (Philipp, 2009). از اجزای کشاورزی پایدار می‌توان سیستم جنگل-زراعی، مدیریت تلفیقی آفات، تناوب زراعی و کشت مخلوط را نام برد (Tsubo et al., 2005). کشت مخلوط شامل کشت دو یا چند گونه زراعی می‌باشد که شامل مخلوط گیاهان یک‌ساله با یک‌ساله، یک‌ساله با چندساله و یا کشت گیاهان چندساله با سایر گیاهان چندساله می‌باشد (Caballero et al., 2001). به‌طور کلی، کشت مخلوط به دلایل زیادی مفید می‌باشد، مانند برخورداری از عملکرد بیشتر،

کشاورزی پایدار به مدیریت صحیح منابع کشاورزی اطلاق می‌شود که در ضمن رفع نیازهای در حال تغییر بشری، کیفیت محیط

1. 2 و 3- به ترتیب استادیار، مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران و دانشجوی دکتری، گروه آگرواکولوژی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: hamidrezamobasser@gmail.com)

درصد ذرت به میزان 20390 کیلوگرم در هکتار و بالاترین عملکرد ذرت به میزان 8898 کیلوگرم در هکتار را از کشت 50 درصد سیب-زمینی و 50 درصد ذرت گزارش کردند. بالاترین نسبت برابری زمین (1/87) از تراکم شش بوته در مترمربع با تراکم 40 و 50 بوته در مترمربع لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش شده است (Rezaei-Chianeh et al., 2011). عملکرد 44 تن در هکتار غده سیبزمینی در کشت مخلوط سیبزمینی و ذرت از تراکم 2/38 بوته در مترمربع ذرت با 4/76 بوته در مترمربع سیبزمینی و بالاترین نسبت برابری زمین (1/55 - 1/43) برتری کشت مخلوط را نسبت تک کشتی نشان داد (Al-Dalain, 2009). دارابی (Darabi, 2008) در کشت توأم ذرت علوفه‌ای و سیبزمینی در کشت پاییزه گزارش کرد که عملکرد سیبزمینی در هر دو کشت خالص و توأم بسیار پایین و غیراقتصادی بود. کشت مخلوط سیبزمینی با گیاهان سایه‌انداز مثل ذرت در نقاط مختلفی از جهان توسط کشاورزان به مرحله اجرا درآمده است. اوسوم (Ossom, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیبزمینی شیرین و ذرت نسبت برابری زمین را بین 0/77 و 0/74 گزارش نمود. دهمرده و کشته گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) نیز در نتیجه آزمایش خود بیان کردند که بیشترین نسبت برابری زمین از تیمار کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی داشت. پراکاشی و همکاران (Prakashy et al., 2004) کاهش 1/5 تا 25/8 درصدی عملکرد غده سیبزمینی را در کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی سیبزمینی گزارش کردند.

در شرایط حاضر کشور، قیمت سیبزمینی به‌خصوص در کشت زمستانه آن بسیار متغیر بوده و با توجه به مشخص بودن قیمت ذرت، می‌توان با کشت مخلوط آن با یک گیاه دیگر، خطر نوسانات شدید قیمت و شرایط آب و هوایی نامناسب در برخی سال‌ها را تا حدی کاهش داد. به همین منظور در آزمایش حاضر اثر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه سیبزمینی و ذرت در کشت بهاره در منطقه بنت شهرستان نیکشهر مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عملکرد دو محصول ذرت و سیبزمینی در کشت

جولوگیری از مخاطرات احتمالی، جولوگیری از حمله آفات، استفاده بهینه از منابع موجود، ایجاد تعادل در جیره غذایی انسان و عوامل مختلف دیگر انجام می‌شود (Yang et al., 2009).

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از گیاهانی است که به‌دلیل سازگاری بالا می‌تواند با گیاهان زیادی به‌صورت مخلوط کشت شود. گزارش شده است که 60 درصد ذرت کشت شده در مناطق گرمسیری آمریکای لاتین به‌صورت مخلوط انجام می‌شود (Francis & Decoteau, 1993). به‌طور معمول کشت مخلوط غلات خصوصاً ذرت با حبوبات در سطح وسیعی از جهان انجام شده و تحقیقات زیادی روی آن صورت گرفته است (Seran & Brintha, 2010). استان سیستان و بلوچستان از جمله شهرستان‌های ایران که مناطق بسیار مستعد برای کشت و تولید ذرت به‌شمار می‌رود. دارا بودن شرایط آب و هوایی مناسب امکان کشت دو بار آن را در سال امکان‌پذیر می‌سازد. کشت زود هنگام بهاره ذرت در نیمه دوم بهمن ماه و کشت تابستانه در مرداد ماه انجام می‌گیرد. از طرفی شرایط آب و هوایی خاص منطقه توان بالایی تولید سیبزمینی خارج از فصل را نیز دارا می‌باشد. کشت عمده سیبزمینی در مناطق جنوبی کشور زمانی انجام می‌گیرد که درجه حرارت هوا بالا بوده و باعث از بین رفتن بسیاری از غده‌های بذری می‌شود (Darabi, 2008). نتایج برخی از آزمایش‌ها نشان داده است که کشت مخلوط سیبزمینی با یک گیاه سایه‌انداز مثل ذرت، راهکار زراعی مناسبی جهت تعدیل میکروکلیمای سیبزمینی محسوب می‌شود. دمای بالای هوا و خاک در اوایل فصل رشد (اوایل پاییز) باعث تأخیر در سبز شدن و استقرار ضعیف گیاه سیبزمینی می‌شود (Midmore et al., 1988; Vander Zagg & Demagante, 1990). سیبزمینی یک گیاه مناطق معتدله است که وقتی تحت شرایط دمای بالای خاک رشد می‌کند، رشد و عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد (Vander zagg & Demagante, 1988). مولا و تکالینگ (Molla & Tekaling, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط، سیبزمینی و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) را در مناطق گرم و مرطوب در اتیوپی گزارش کردند که عملکرد سیبزمینی در کشت خالص 21/089 تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد آن در کشت مخلوط با سورگوم به نسبت 100 درصد سیبزمینی با 50 و 25 درصد سورگوم به‌ترتیب به 14/123 تن در هکتار کاهش یافت. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2008) حداکثر عملکرد غده سیبزمینی را از نسبت مخلوط 75 درصد سیبزمینی با کشت 25

مخلوط، آزمایشی در بهمن ماه سال 1392 در منطقه بنت شهرستان نیکشهر استان سیستان و بلوچستان بین مدار 26 درجه و 12 دقیقه عرض شمالی و 60 درجه و 12 دقیقه طول شرقی و با ارتفاع 450 متر از سطح دریا اجرا گردید. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی با $pH=7/5$ و $EC=2/8$ میلی‌موس بر سانتی‌متر و درصد نیتروژن 0/059 بود. این آزمایش با 14 تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌روش جایگزینی و افزایشی به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص ذرت (T_1) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت خالص سیب‌زمینی (T_2) (فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر؛ فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_4) (فاصله بین بوته‌های ذرت 36 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 40 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی (T_5) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_6) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_7) (فاصله بین بوته‌های ذرت 9 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 10 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی (T_8) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی (T_9) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{10}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)،

کشت افزایشی دو ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی (T_{11}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی (T_{12}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{13}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{14})، (فاصله بین بوته‌های ذرت 36 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 10 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر) بودند. رقم ذرت مورد استفاده سینگل کراس 704 و برای سیب‌زمینی رقم آریندا بود. زمین محل آزمایش در پاییز شخم عمیق زده و پس از دو بار دیسک با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و سپس توسط فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. هر کرت آزمایشی شامل ردیف‌های کشت به‌طول چهار متر بود. فاصله بین بوته‌ها برای ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر و برای سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین خطوط 70 سانتی‌متر و فاصله بین کرت 80 سانتی‌متر به‌صورت یک جوی‌چه نکاشت و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت گیاه سیب‌زمینی در تاریخ 17 بهمن ماه 1392 و کاشت گیاه ذرت در تاریخ هفتم فروردین ماه 1393 انجام شد. کشت به‌صورت هیرم کاری بوده و برای رسیدن به تراکم مطلوب پس از سبز شدن عملیات تنک انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام گرفت. آبیاری به‌صورت جوی پشته‌ای و با فاصله هفت روز یک‌بار در طول فصل رشد انجام شد. مصرف کودهای شیمیایی برای سیب‌زمینی به‌میزان 75 کیلوگرم پتاس (از منبع سولفات پتاسیم)، 46 کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و 230 کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) که تمامی کود پتاس و فسفر همزمان با کاشت و یک سوم کود نیتروژن در زمان سبز شدن حدود 70 درصد بوته‌ها، مرحله دوم یک ماه بعد و یک سوم باقیمانده قبل از گلدهی به‌صورت سرک مصرف شد و مصرف کودهای شیمیایی در ذرت تمامی کود فسفر و پتاس و یک سوم کود نیتروژن همزمان با کاشت به‌صورت نواری به‌میزان 75 کیلوگرم پتاس (از منبع سولفات پتاسیم)، 46 کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و 180

انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بالاترین ارتفاع بوته (133/26 سانتی‌متر) از تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 2). اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون گونه‌ای است. با توجه به این که تیمار سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی ارتفاع بوته افزایش یافته است. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) گزارش کرده‌اند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به‌شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. کاراوتا و همکاران (Caravetta et al., 1990) کاهش ارتفاع سورگوم را همگام با افزایش تراکم گزارش کردند که دلیل آن را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد. عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت آب و عناصر غذایی است (Moll & Kamparth, 1997).

عملکرد زیست‌توده ذرت

نتایج تجزیه واریانس عملکرد زیست‌توده نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد زیست‌توده ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت به‌دست آمد (جدول 2). در کشت خالص ذرت چون تنها رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، بنابراین عملکرد زیست‌توده در تراکم‌های بالاتر زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. کاهش عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش را می‌توان به کاهش تراکم ذرت در کشت‌های جایگزینی نسبت داد.

کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع اوره) که یک سوم کود نیتروژن در مرحله پنج تا هفت برگی و یک سوم باقیمانده در مرحله ظهور گل آذین به‌صورت سرک به مصرف رسید. برداشت نهایی در تاریخ یکم خردادماه سال 1393 برای گیاه سیب‌زمینی و 12 تیرماه سال 1393 برای گیاه ذرت انجام شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر ساقه ذرت، 10 بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری انجام گردید. عملکرد علوفه خشک هر تیمار از سطح دو مترمربع در مرحله خمیری شدن دانه (در این مرحله تمام بوته سبز و دارای حداکثر ارتفاع بوته می‌باشد) از دو ردیف وسط با حذف اثر حاشیه‌ای برداشت و اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها پس از توزین (علوفه تر) به آزمایشگاه منتقل شده و برای خشک کردن در آون و در دمای 74 درجه سانتی-گراد به‌مدت 72 ساعت خشک شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه بعد از رسیدن گیاه به‌طور کامل (مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، قبل از برداشت نهایی) با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، بذره‌های کل دو مترمربع از هر کرت توزین شد و میانگین عملکرد به‌دست آمده به هکتار تعمیم داده شد. جهت محاسبه تعداد غده در بوته سیب‌زمینی، با زرد شدن اولین برگ‌ها در بوته و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، 10 بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد غده در بوته را شمارش و میانگین هر کرت به‌عنوان تعداد غده در بوته در نظر گرفته شد. جهت محاسبه وزن غده، 50 عدد غده از هر کرت را شمارش نموده، با استفاده از ترازو وزن کرده و به این ترتیب میانگین وزن غده محاسبه شد. جهت ارزیابی سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین¹ (LER) استفاده گردید (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014).

$$\text{LER (T)} = \text{LER (a)} + \text{LER (b)} \quad (1) \text{ معادله}$$

$$\text{LER (a)} = \text{Yab} / \text{Yaa} \quad (2) \text{ معادله}$$

$$\text{LER (b)} = \text{Yba} / \text{Ybb} \quad (3) \text{ معادله}$$

که در این معادلات؛ LER (T): نسبت برابری کل زمین، LER(a): نسبت برابری زمین گونه A، LER(b): نسبت برابری زمین گونه B، Yab: عملکرد گونه A در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گونه A در کشت خالص، Yba: عملکرد گونه B در کشت مخلوط، Ybb: عملکرد گونه B در کشت خالص می‌باشد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (V 6.12) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

1- Land equivalent ratio

منابع غذایی با کارایی مؤثرتری مورد استفاده قرار نگیرند. لذا در انتخاب تراکم بوته برای یک گیاه زراعی باید از کاربرد نامؤثر منابع در سطوح پایین تراکم و رقابت بیش از حد در سطوح بالای تراکم خودداری شود (Karlen & Camp, 1985; Hanna et al., 1994).

تعداد دانه در بلال ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بالاترین تعداد دانه در بلال (432/33) از تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 2). افزایش تعداد دانه در بلال در سیستم کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی می‌تواند ناشی از بلندتر شدن طول بلال به‌علت کاهش رقابت برون گونه‌ای و افزایش نفوذ نور به داخل کانوپی و دریافت تشعشع توسط برگ‌ها و در نتیجه افزایش تعداد اندام‌های زایشی باشد (Fathi, 2006). سابکوویز (Sobkowicz, 2006) در کشت مخلوط تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack.) با باقلا (*Vicia faba* L.)، گزارش کرد که تعداد دانه در هر سنبله تریتیکاله با افزایش تراکم باقلا به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود. وی علت این امر را به‌دلیل رقابت دو گونه بر سر منابع محیطی از قبیل نور، آب و مواد غذایی نسبت داد.

نتیجه آزمایش خرمی‌وفا (Khorramivafa, 2007) نشان داد که عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) و دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) به‌ترتیب در کشت مخلوط ماشک با یولاف و ذرت با بادام‌زمینی گزارش کرده‌اند که عملکرد زیست‌توده هر یک از گیاهان کشت شده در مخلوط این دو گیاه به‌دلیل کاهش تراکم در کشت جایگزینی به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص آن‌ها کاهش یافته است. در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با سورگوم، عملکرد زیست‌توده سویا تا 30 درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش یافت (Ghosh et al., 2006). طایفه نوری (Tayefenoori, 2004) نیز گزارش کرد که عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط جایگزینی با لوبیا است.

در تحقیق سنجانی و همکاران (Sanjani et al., 2009) روی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مشخص شد که تک‌کشتی سورگوم عملکرد کمتری نسبت به مخلوط افزایشی این دو گیاه داشته است. در تراکم‌های پایین گیاهان بیشتر رشد می‌کنند، زیرا که در نتیجه تعداد بوته کمتر در واحد سطح، گیاهان بیش از آن‌که رقابت موجب کاهش آهنگ رشد آن‌ها شود مدت طولانی‌تری رشد می‌کنند. در مورد بیشتر گیاهان زراعی در تراکم‌های خیلی پایین ممکن است رقابت به هیچ وجه رخ ندهد و

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC₇₀₄) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی
Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of maize (SC₇₀₄) in different proportions of intercropping with potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد زیست‌توده Biological yield	تعداد دانه در بلال No. of kernel.ear ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	13.92 ^{ns}	0.0933 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	0.0769 ^{ns}
تیمار Treatment	12	250.68*	68.0694**	4118.74**	5.5393**
خطا Error	24	97.49	20.718	658.16	1.155
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	7.88	19.75	6.80	15.28

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, *and **: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

جدول 2- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC₇₀₄) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی
Table 2- Means comparisons of yield and yield component of maize (SC₇₀₄) in different proportions of intercropping with potatoes

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیست‌توده (تن در هکتار) Biological yield (t.ha ⁻¹)	تعداد دانه در بال No. of kernel ear ⁻¹	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t.ha ⁻¹)
کشت خالص ذرت (T ₁) Sole maize (T ₁)	132.50 ^{a*}	30.684 ^a	430.67 ^{ab}	8.333 ^{abc}
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T ₃) Two rows maize+One row potato (T ₃)	133.26 ^a	26.396 ^{abc}	432.33 ^a	8.957 ^a
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₄) Two rows maize+Two rows potato (T ₄)	129.93 ^a	25.454 ^{abc}	410.67 ^{abc}	6.865 ^{bcde}
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T ₅) One row maize+One row potato (T ₅)	125.23 ^a	29.444 ^{ab}	372.67 ^{cde}	7.193 ^{abcd}
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₆) One row maize+Two rows potato (T ₆)	123.16 ^{ab}	19.995 ^{cde}	369.33 ^{cde}	6.290 ^{de}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₇) Two rows maize+Two rows potato (T ₇)	129.46 ^a	14.524 ^e	403 ^{abcd}	6.937 ^{bcde}
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T ₈) Three rows maize+One row potato (T ₈)	132.83 ^a	15.810 ^{de}	364 ^{de}	8.595 ^{ab}
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T ₉) One row maize+Three rows potato (T ₉)	106.83 ^{bc}	23.042 ^{abcd}	360 ^{de}	6.104 ^{de}
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₁₀) Three rows maize+Two rows potato (T ₁₀)	131.83 ^a	19.148 ^{cde}	342.33 ^{ef}	8.122 ^{abc}
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T ₁₁) Two rows maize+Three rows potato (T ₁₁)	121.63 ^{abc}	24.565 ^{abc}	333 ^{ef}	5.223 ^{ef}
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی (T ₁₂) Two rows maize+Four rows potato (T ₁₂)	106.03 ^c	24.011 ^{abc}	390 ^{abcd}	4.256 ^f
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₁₃) Four rows maize+Two rows potato (T ₁₃)	124.63 ^a	24.511 ^{abc}	388 ^{bcd}	7.797 ^{abcd}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T ₁₄) Two rows maize+Two rows potato (T ₁₄)	129.63 ^a	21.991 ^{bcde}	308 ^f	6.731 ^{cde}

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

*Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

عملکرد دانه ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) در تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای کشت خالص ذرت، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی

یک ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی در یک گروه آماری قرار گرفت و این تیمارها از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین کمترین عملکرد دانه (4/256 تن در هکتار) در تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی مشاهده گردید (جدول 2). احتمالاً با افزایش تراکم

ارتفاع بوته سیبزمینی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر) از تیمار کشت خالص سیبزمینی به‌دست آمد (جدول 4). در کشت خالص سیبزمینی چون تنها رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، بنابراین ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. کاهش ارتفاع بوته سیبزمینی با افزایش تراکم آن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش اغلب ناشی از تشدید رقابت برون‌گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده است. در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور، خاک و مواد غذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Hashemi Dezfoli et al., 1998).

گیاهی، عملکرد دانه برای هر دو گیاه در تک‌کشتی و کشت مخلوط زیاده‌تر شده که این افزایش به دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی می‌تواند باشد. محققان در نتایجی مشابه با نتایج آزمایش حاضر گزارش دادند که عملکرد ذرت در کشت مخلوط بیشتر از عملکرد آن در تک‌کشتی بود و همچنین عملکرد لوبیا در کشت خالص اندکی بالاتر از کشت مخلوط بود (Jamshidi et al., 2008). دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) علت کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با بادام‌زمینی را به رقابت بادام‌زمینی برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند. در کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa* L.) و لوبیا در نسبت‌های مختلف، تولید به‌علت کاهش رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون‌گونه‌ای افزایش یافت (Midya et al., 2005).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیبزمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for plant height, tuber weight and yield of potato in different proportions of intercropping with maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن غده سیبزمینی Potato tuber weight	عملکرد غده سیبزمینی Potato tuber yield
بلوک Block	2	6.66 ^{ns}	128.24 ^{**}	17.411 [*]
تیمار Treatment	12	69.79 [*]	423.84 ^{**}	135.421 ^{**}
خطا Error	24	30.18	20.40	4.780
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	15.54	11.34	14.85

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, *and **: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

وزن غده سیبزمینی

خالص در این آزمایش را می‌توان به رقابت برون‌گونه‌ای سیبزمینی با ذرت نسبت داد. وزن غده در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که احتمالاً به فضای کم تحت اختیار هر بوته در آن‌ها مربوط می‌گردد که سبب ایجاد رقابت شدید برای کسب مواد غذایی، نور و آب می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس وزن غده نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن غده (73/54 گرم) از تیمار کشت خالص سیبزمینی به‌دست آمد (جدول 4). کاهش وزن غده سیبزمینی در کشت مخلوط نسبت به کشت

جدول 4- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیبزمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت

Table 4- Means comparisons of plant height, tuber weight and yield of potato in different proportions of intercropping with maize

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن غده سیبزمینی (گرم) Potato tuber weight (g)	عملکرد غده سیبزمینی (تن در هکتار) Potato tuber yield (t.ha ⁻¹)
کشت خالص سیبزمینی (T ₂) Sole potato (T ₂)	45.03 ^{a*}	73.54 ^a	28.024 ^a
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیبزمینی (T ₃) Two rows maize+One row potato (T ₃)	32.86 ^{cd}	27.25 ^f	10.281 ^{ef}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T ₄) Two rows maize+Two rows potato (T ₄)	35 ^{bcd}	44.48 ^{bcd}	7.857 ^f
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T ₅) One row maize+One row potato (T ₅)	35 ^{bcd}	35.69 ^e	13.075 ^{de}
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T ₆) One row maize+Two rows potato (T ₆)	37 ^{abc}	38.82 ^{cde}	14.408 ^{bcd}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₇) Two rows maize+Two rows potato (T ₇)	34.90 ^{bcd}	35.61 ^e	6.606 ^f
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیبزمینی (T ₈) Three rows maize+One rows potato (T ₈)	30.83 ^{cd}	27.04 ^f	10.032 ^{ef}
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیبزمینی (T ₉) One rows maize+Three rows potato (T ₉)	44 ^{ab}	47.18 ^b	17.886 ^b
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₁₀) Three rows maize+Two rows potato (T ₁₀)	32.26 ^{cd}	36.91 ^{de}	13.427 ^{cde}
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیبزمینی (T ₁₁) Two rows maize+Three rows potato (T ₁₁)	35.63 ^{bcd}	33.99 ^{ef}	12.610 ^{de}
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیبزمینی (T ₁₂) Two rows maize+Four rows potato (T ₁₂)	26.93 ^d	45.43 ^{bc}	16.897 ^{bc}
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₁₃) Four rows maize+Two rows potato (T ₁₃)	34.63 ^{cd}	32.71 ^{ef}	12.129 ^{de}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₁₄) Two rows maize+Two rows potato (T ₁₄)	35.13 ^{bcd}	38.84 ^{cde}	28.124 ^a

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

خالص 21/089 تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد آن در کشت مخلوط با سورگوم به نسبت 100 درصد سیبزمینی با 50 و 25 درصد سورگوم به‌ترتیب به 14/111 و 14/123 تن در هکتار کاهش یافت.

عملکرد غده سیبزمینی

نتایج تجزیه واریانس عملکرد غده نشان داد که اثر نسبت‌های

نتایج تحقیق حاضر با نتایج دیگر تحقیقات همخوانی دارد (Yilmas, 1999; Jaffar & Gardner, 1988; Bell et al., 1987). مولا و تکالینگ (Molla & Tekaling, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیبزمینی و سورگوم را در مناطق گرم و گرم و مرطوب در اتیوپی گزارش کردند که عملکرد سیبزمینی در کشت

استفاده بهتر از منابع محیطی می‌تواند باشد. عملکرد ذرت در کشت مخلوط بیشتر از عملکرد آن در تک‌کشتی بود و عملکرد لوبیا در کشت خالص اندکی بالاتر از کشت مخلوط بود (Jamshidi et al., 2008).

جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2008) حداکثر عملکرد غده سیب‌زمینی را از نسبت مخلوط 75 درصد سیب‌زمینی با کشت 25 درصد ذرت به‌میزان 20390 کیلوگرم در هکتار و بالاترین عملکرد ذرت به‌میزان 8898 کیلوگرم هکتار را از کشت 50 درصد سیب‌زمینی و 50 درصد ذرت گزارش کردند. عملکرد 44 تن در هکتار غده سیب‌زمینی در کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت از تراکم 2/38 بوته در مترمربع ذرت با 4/76 بوته در مترمربع سیب‌زمینی و بالاترین نسبت برابری زمین (1/55 - 1/43) برتری کشت مخلوط را نسبت تک‌کشتی نشان داد (Al-Dalain, 2009). دارابی (Darabi, 2008) در کشت توأم ذرت علوفه‌ای و سیب‌زمینی در کشت پاییزه گزارش کرد که عملکرد سیب‌زمینی در هر دو کشت خالص و توأم بسیار پایین و غیر اقتصادی بود.

نسبت برابری زمین

نتایج تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد که اثر نسبت-های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5).

مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد غده (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 4). با توجه به این‌که تیمار سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد اقتصادی را افزایش می‌دهد. حسین پناهی و همکاران (Hossein Panahi et al., 2010) در ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی گزارش کردند که هر چه تعداد ردیف‌های بیشتری از سیب‌زمینی در زیر سایه‌انداز مستقیم ذرت قرار گیرد، کارایی مصرف نور بیشتر کاهش می‌یابد. نتایج برخی از آزمایش‌ها نشان داده است که کشت مخلوط سیب‌زمینی با یک گیاه سایه‌انداز مثل ذرت، راهکار زراعی مناسبی جهت تعدیل میکروکلیمای سیب‌زمینی محسوب می‌شود. دمای بالای هوا و خاک در اوایل فصل رشد (اوایل پاییز) باعث تأخیر در سبز شدن و استقرار ضعیف گیاه سیب‌زمینی می‌شود (Midmore et al., 1988; Vander Zagg & Demagante, 1990).

در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشخص شد که با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد دانه برای هر دو گیاه در تک‌کشتی و کشت مخلوط زیادت‌ر شده که این افزایش به‌دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین (LER) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ذرت با سیب زمینی
Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of land equivalent ratio (LER) in different proportions of intercropping of maize with potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین ذرت LER maize	نسبت برابری زمین سیب‌زمینی LER potato	نسبت برابری زمین کل LER total
بلوک Block	2	0.024*	0.013 ^{ns}	0.013 ^{ns}
تیمار Treatment	11	0.034**	0.032**	0.125**
خطا Error	22	0.005	0.006	0.006
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	10.91	14.95	6.52

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, * and **: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

برابری زمین (1/56) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیبزمینی و کمترین نسبت برابری زمین (0/95) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیبزمینی به دست آمد (جدول 6).

در تمام تیمارهای کشت مخلوط به جز تیمارهای کشت افزایشی یک ردیف ذرت + یک ردیف سیب زمینی و کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیبزمینی نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این نشان دهنده برتری کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک-کشتی آنها می باشد. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین نسبت

جدول 6- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین (LER) در نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت با سیبزمینی
Table 6- Means comparison of Land Equivalent Ratio (LER) in different proportions of intercropping of maize with potato

تیمارهای آزمایشی Treatments	نسبت برابری زمین ذرت LER maize	نسبت برابری زمین سیبزمینی LER potato	نسبت برابری زمین کل LER total
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیبزمینی (T ₃) Two rows maize+One rows potato (T ₃)	0.87 ^a *	0.67 ^{ab}	1.54 ^a
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیبزمینی (T ₃) Two rows maize+One rows potato (T ₃)	0.83 ^{ab}	0.62 ^{abcd}	1.45 ^{ab}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T ₄) Two rows maize+Two rows potato (T ₄)	0.54 ^d	0.42 ^f	0.96 ^f
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T ₅) One row maize+One row potato (T ₅)	0.64 ^{cd}	0.50 ^{cdef}	1.14 ^e
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T ₆) One row maize+Two rows potato (T ₆)	0.65 ^{cd}	0.49 ^{cdef}	1.14 ^e
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₇) Two rows maize+Two rows potato (T ₇)	0.71 ^{bc}	0.49 ^{def}	1.20 ^{de}
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیبزمینی (T ₈) Three rows maize+One row potato (T ₈)	0.65 ^{cd}	0.73 ^a	1.38 ^{bc}
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیبزمینی (T ₉) One row maize+Three rows potato (T ₉)	0.67 ^c	0.45 ^{ef}	1.12 ^e
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₁₀) Three rows maize+Two rows potato (T ₁₀)	0.55 ^d	0.63 ^{abc}	1.18 ^{de}
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیبزمینی (T ₁₁) Two rows maize+Three rows potato (T ₁₁)	0.55 ^d	0.40 ^f	0.95 ^f
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیبزمینی (T ₁₂) Two rows maize+Four rows potato (T ₁₂)	0.73 ^{bc}	0.57 ^{bcde}	1.30 ^{cd}
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیبزمینی (T ₁₃) Four rows maize+Two rows potato (T ₁₃)	0.75 ^{abc}	0.56 ^{bcde}	1.31 ^{cd}

*در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
*Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

وجود دارد. دلیل این امر اختلافات مورفولوژیکی موجود در بین قسمت های مختلف گیاهان می باشد که باعث به حداقل رسیدن رقابت بین آنها برای جذب منابع و در نتیجه بهبود کارایی مصرف منابع (نور، آب و مواد غذایی) در آنها می شود. در کشت مخلوط ذرت و سیبزمینی نیز اختلافات مورفولوژیکی موجود در ریشه و قسمت های هوایی دو گیاه، از یک سو باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود

بنابراین، اگر اهمیت هر دو گونه یکسان باشد، کشت مخلوط ذرت و سیبزمینی بر اساس این دو تیمار توجیه ندارد. افزایش نسبت برابری زمین در مخلوط بیشتر مربوط به افزایش آن در ذرت بود. به طور کلی نسبت برابری زمین در گیاهان مغلوب (سیبزمینی) در کشت مخلوط با گیاهان غالب (ذرت) کاهش می یابد. به طور کلی، در اکثر سیستم های کشت مخلوط، تولید بیشتری نسبت به تک کشتی

در خاک و از سوی دیگر باعث نفوذ نور به درون کانوپی و استفاده مطلوب‌تر از آن می‌شود.

اوسوم (Ossom, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیب‌زمینی شیرین و ذرت نسبت برابری زمین را بین 0/77 و 0/74 گزارش نمود. پراکاشی و همکاران (Prakashy et al., 2004) کاهش 1/5 تا 25/8 درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی را در کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی سیب‌زمینی گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت، نسبت برابری زمین برای تولید دانه و نیز تولید ماده خشک تنها در نسبت مخلوط 50:50 بیشتر از یک بود (Koocheki et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) بیشترین مقدار نسبت برابری زمین مربوط به 25 درصد ذرت و 75 درصد آفتابگردان به‌دست آمد. دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh

Keshtehgar, 2014) & نیز در نتیجه آزمایش خود بیان کردند که بیشترین نسبت برابری زمین (1/36) از تیمار کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام‌زمینی بدست آمد که اختلاف معنی-داری با تیمار کشت مخلوط 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام‌زمینی داشت.

همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان داد، ارتفاع بوته با تعداد ردیف در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، اما با وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود (جدول 7).

جدول 7- همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC₇₀₄) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 7- Correlation of yield and yield components of maize (SC₇₀₄) in different proportions of intercropping with potato

صفات Characteristic	1	2	3	4	5	6	7
1- ارتفاع بوته 1- Plant height	1						
2- تعداد بلال در بوته 2- No. of ear.plant ⁻¹	-0.198 ^{ns}	1					
3- تعداد دانه در بلال 3- No. of kernel.ear ⁻¹	0.187 ^{ns}	-0.087 ^{ns}	1				
4- تعداد دانه در ردیف 4- No. of kernel.row ⁻¹	-0.042 ^{ns}	-0.089 ^{ns}	-0.104 ^{ns}	1			
5- تعداد ردیف در بلال 5- No. of row.ear ⁻¹	0.815 ^{**}	-0.224 ^{ns}	0.269 ^{ns}	-0.064 ^{ns}	1		
6- عملکرد دانه 6- Grain yield	0.125 ^{ns}	0.259 ^{ns}	0.139 ^{ns}	-0.114 ^{ns}	0.260 ^{ns}	1	
7- وزن هزار دانه 7- 1000-grain weight	-0.359 [*]	0.518 ^{**}	0.054 ^{ns}	0.1002 ^{ns}	-0.263 ^{ns}	0.179 ^{ns}	1

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non significant, *and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

کانوپی و دریافت تشعشع توسط برگ‌ها و در نتیجه افزایش تعداد اندام‌های زایشی باشد.

همبستگی ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت

نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان داد، ارتفاع بوته با وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، همچنین همبستگی وزن غده سیب‌زمینی با عملکرد غده سیب‌زمینی

همبستگی مثبت بین ارتفاع بوته با تعداد ردیف در بلال می‌تواند به‌دلیل پوشش گیاهی مناسب و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی باشد. همبستگی منفی وزن هزار دانه ذرت با افزایش ارتفاع بوته آن اغلب ممکن است ناشی از تشدید رقابت درون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده باشد. همبستگی بین تعداد بلال در بوته با وزن هزار دانه ذرت مثبت و معنی‌دار بود (جدول 7). این همبستگی مثبت می‌تواند به علت کاهش رقابت برون گونه‌ای و افزایش نفوذ نور به داخل

محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد اقتصادی را افزایش می‌دهد.

مثبت و معنی‌دار بود (جدول 8). با توجه به این که تیمار سیستم کاشت خالص مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل

جدول 8- همبستگی ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت (SC₇₀₄)
Table 8- Correlation of plant height, tuber weight and yield of potato of potato in different proportions of intercropping with maize (SC₇₀₄)

صفات characteristic	1	2	3
1- ارتفاع بوته 1- Plant height	1		
2- وزن غده 2- Tuber weight	0.371*	1	
3- عملکرد غده 3- Tuber yield	0.473**	0.679**	1

ns: غیرمعنی‌دار، * و ** معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

به‌دست آمد. بالاترین میزان نسبت برابری زمین (1/54) از سیستم کشت مخلوط دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارد. با توجه به این که سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه افزایش یافته است. در نهایت و با توجه به نتایج آزمایش می‌توان سیستم کشت مخلوط افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی را برای کشت در منطقه به کشاورزان توصیه کرد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع گیاه ذرت، عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت و همچنین بر ارتفاع بوته، وزن غده و عملکرد غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت و بیشترین ارتفاع گیاه ذرت (133/26 سانتی‌متر)، تعداد دانه در بلال (432/33) و عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) از تیمار دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر)، بیشترین وزن غده (73/54 گرم) و عملکرد غده سیب‌زمینی (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی

منابع

- Al-Dalain, S.A. 2009. Effect of intercropping of maize with potato on potato growth and on the productivity and land equivalent ratio of potato and maize. *Agricultural Journal* 4(3): 164-170.
- Bell, M.J., Muchow, R.C., and Wilson, G.L. 1987. The effect of plant population on peanut in a monsoonal tropical environment. *Field Crop Research* 17: 91-107.
- Caballero, R.C., Alzueta, L.T., Ortiz, M.L., Rodriguez, R.T., and Barro, C. 2001. Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried common vetch in three maturity stages. *Agronomy Journal* 93: 1006-1013.
- Dahmardeh, M., and Keshtehgar, A. 2014. Evaluating yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agroecology* 6(2): 311-323. (In Persian with English Summary)
- Darabi, A.S. 2008. Effect of autumn and winter planting and temperate stress on total yield, marketable yield and yield components of some potato cultivars. *Iranian Journal of Seed and Plant* 23(3): 373-386. (In Persian with English Summary)

Summary)

Fathi, G. 2006. Study of effect of pattern and plant density on light coefficient ratio, light absorption and grain yield of sweet corn (Hybrid SC₄₀₂). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12: 13-141. (In Persian with English Summary)

Francis, R., and Decoteau, D.R. 1993. Developing and effective southern pea and sweet corn intercropping system. Hort Technology 3: 178-184.

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.

Hanna, F.R., Salama, N.F., Adb, E.L., and Gawad, M. 1994. Effect of population density on yield of peanut. Annals of Agricultural Science Monstohor 32(2): 731-742.

Hashemi Dezfoli, A., Koocheki, A., and Banayan, M. 1998. Maximizing crop yields. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 287 pp. (In Persian)

Hosseinpanahi, F., KoocheKi, A., Nassiri Mohallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato-corn intercropping. Journal of Agroecology 2(1): 50-60. (In Persian with English Summary)

Jaffar, Z., and Gardner, F.D. 1988. Canopy development, yield and market quality in peanut as affected by genotype and planting pattern. Crop Science 28: 299-305.

Jamshidi, K., Mazaheri, D., and Saba, J. 2008. An evaluation of yield in intercropping of maize and potato. International Desert Research Center 12: 105-111. (In Persian with English Summary)

Karlen, D.L., and Camp, C.R. 1985. Row spacing, plant population and matter management effects on corn in the Atlantic coastal plain. Agronomy Journal 77: 393-398.

Khoramivafa, M. 2007. Ecology of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and Cucurbita pepo. PhD Dissertation, Agriculture College, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Allahgani, B., and Najibnia, S. 2010. Evaluation of yield in maize and common bean intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 605-611. (In Persian with English Summary)

Midmore, D., Roca, J., and Bearrios, D. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics: IV. Intercropping with maize and the influence of shade on the potato microenvironment and crop growth. Field Crops Research 18: 141-157.

Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S.S., and Banik, P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. Journal of Agronomy and Crop Science 91: 195-201.

Moll, R.H., and Kamparth, E.J. 1997. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of Maize. Agronomy Journal 69: 81-84.

Molla, A., and Tekalign, A. 2010. Potato based intercropping with sorghum in the hot to warm moist valleys of north Shewa Ethiopia. World Journal of Agricultural Sciences 6(5): 485-488.

Ossom, E.M. 2010. Influence of sweet potato-maize association on ecological properties and crop yield in Swaziland. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 12-4: 481-488.

Philipp, A. 2009. What is sustainable agriculture? Empirical evidence of diverging views in Switzerland and New Zealand. Journal of Ecological Economics 68(6): 1872-1882.

Prakashy, E.D., Pandey, A.K., and Srivastava, A.K. 2004. Relay intercropping of potato (*Solanum tuberosum*) in maize (*Zea mays*) under mid-hill condition. Journal of Agricultural Science 74(2): 64-67.

Rezaei-Chianeh, E., Mohammadi Nassab, A.D., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezan, K., Aharizad, S., and Shekari, F. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) in different plant population densities. African Journal of Agricultural Research 6(7): 1786-1793. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 85-95. (In Persian)

Seran, T.H., and Brintha, I. 2010. Review on maize based intercropping. Journal of Agronomy 9(3): 135-145.

Sobkowicz, P. 2006. Competition between triticale and field beans in additive intercrops. Plant, Soil and Environment 52: 42-54.

Tayefe Noori, M. 2004. Intercropping of maize and cowpea. Msc Thesis, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions. II. Model application. *Field Crops Research* 93: 23-33.

Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of *common vetch/oat* cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science* 2: 14-19.

Vander Zagg, P., and Demagante, A.C. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in an isohyperthermi. III. Evaluation of clones. *Field Crops Research* 19: 167-181.

Vander Zagg, P., and Demagante, A.C. 1990. Potato (*Solanum* spp.) in an isohyperthermic environment. V. Intercropping with maize. *Field Crops Research* 25: 157-170.

Yang, G., Aiwang, D., Jingsheng, S., Fusheng, L., Zugui, L., Hao, L., and Zhandong, L. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111: 65-73.

Yilmaz, H.A. 1999. Effect of different plant densities of two groundnut genotypes on yield, yield components and oil and protein contents. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(3): 299-308.



Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr

H. Mobasser^{1*}, S.H. Barjasteh² and A. Keshtehgar³

Submitted: 28-02-2016

Accepted: 13-02-2017

Mobasser, H.R., Barjasteh, S.H., and Keshtehgar, A. 2018. Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr. Journal of Agroecology. 10(2): 400-415.

Introduction

Increasing agricultural production to match increasing demand of food sources is inevitable (FAO, 2006). It causes too much pressure on the agricultural resource base and threaten the sustainability of these systems. Crop mixture is an important method of high production in agriculture. This technique can affect the environmental conditions of the soil. Sustainable Agriculture, said to be the proper management of agricultural resources which in addition to changing human needs, maintaining environmental quality and capacity of soil and water resources.

Materials and Methods

In order to study the effect of intercropping on the yield of maize and potatoes an experiment as 14 treatment in a randomized complete block design with three replications as replacement and additive approach has been conducted in the region of Nikshahr in 2013. The experimental treatment consisted of sole corn (T₁), sole potato (T₂), two-row corn + one-row potato (T₃), two-row corn + two-row potato (T₄), one-row corn + one-row potato (T₅), one-row corn + two-row potato (T₆), two-row corn + two-row potato (T₇), (The difference T₇ and T₄ is that in T₄, for each product optimal plant population density is 50%, while in T₇ for both products 100% high density will be used), three-row corn + one-row potato (T₈), one-row corn + three-row potato (T₉), three-row corn + two-row potato (T₁₀), two-row corn + three-row potatoes (T₁₁), two-row corn + four-row potatoes (T₁₂), four-row corn + two-row potato (T₁₃), two-row corn + two-row potato (T₁₄), (The difference of this treatment with T₄ and T₇, is that in this treatment optimal plant density was 100% for corn and 50% favorable for potato was used). Traits for corn included plant height, number of ears per plant, number of grains per ear, number of grains per row, number of rows per ear, grain yield and 1000 grains weight and for potatoes, including plant height, tuber weight and the number of tubers per plant.

Results and Discussion

The results showed that, different planting systems on the number of grains per ear, number of grains per row and grain yield and plant height and size of potato tubers were significantly affected and improved the characteristics of plants have been mentioned. The highest biological yield (12.61 t.ha⁻¹) of sole corn cropping (T₁), respectively. Reduced biological function of monoculture corn compared to intercropping in this experiment can be attributed to inter-species competition of peanuts and corn. The highest grain yield (8957.3 kg.ha⁻¹) was observed in treatment (T₃). Production due to reduce competition between species, compared to the competition within the species increased. Most weight tubers of potato (73.54 g) treatment (T₂), respectively. Potato tuber weight loss in the intercropping to monoculture in this experiment can due to inter-species competition potatoes and corn. The highest land equivalent ratio in one- row potato + three-row corn (T₈) was obtained which shows the superiority of intercropping to monoculture.

Conclusion

The results of variance analysis showed that:

Intercropping of maize and potatoes with increasing plant density, increased the grain yield of both crops in monoculture and mixed culture which could be due to increased vegetation and it's closer to optimum density in

1, 2 and 3- Assistant Professor, Coach, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran and Phd Student, Department of Agroecology, Zabol University, Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: hamidrezamobasser@gmail.com)

mixed culture and better use of environmental resources.

Reduced grain weight with increased density often is the result of intensified competition intra-species over the use of existing resources. Corn in different densities is able to take advantages of photosynthetic material and grains of similar weight at different densities produce.

In monoculture of potatoes because the only governing competition is intra-species so the plant is not affected in much higher density. Reducing the height of potato plants in intercropping to monoculture in these experiments can be attributed to intra-species competition of potatoes with corns.

In monoculture because only intra-species competition is dominant so the tuber weight is not affected in higher densities. Due to fact that the monoculture system has been threated, the benefits of providing better distribution of light in the canopy, Suitable spatial distribution of shrubs and reducing competition between plants to use environmental factors to provide an appropriate manner, as a result significantly increase economic yield.

The LER in most intercropping was more than one which indicates the superiority of intercropping to monoculture.

Keywords: Biomass, Land equivalent ratio, Seed number per ear, Seed yield, Tuber yield



تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

جواد حمزه‌ئی^{1*} و محسن سیدی²

تاریخ دریافت: 1394/12/09

تاریخ پذیرش: 1395/11/25

حمزه‌ئی، ج. و سیدی، م. 1397. تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، 10(2): 416-429.

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا در دو سال زراعی 1392 و 1393 انجام گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خاک‌ورزی (خاک‌ورزی کامل، نیمه خاک‌ورزی با چپزل و نیمه خاک‌ورزی با دیسک) و الگوی کاشت (کشت خالص آفتابگردان و لوبیا و کشت مخلوط افزایشی 30 و 60 درصد لوبیا با آفتابگردان) به‌ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که بیشتر صفات تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفتند، ولی اثر الگوی کشت بر آن‌ها معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین آفتابگردان (به‌ترتیب 356/22، 160/90 و 77/27 گرم در مترمربع) در تیمار کشت خالص به‌دست آمد، ولی با اجرای کشت مخلوط از میزان این ویژگی‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شد. در کشت مخلوط، عملکرد دانه لوبیا نیز نسبت به کشت خالص آن کاهش نشان داد. در میان الگوهای مختلف کشت، بیشترین عملکرد دانه کل (437/28 گرم در مترمربع) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق گرفت. در کل، تیمار 60 درصد لوبیا + آفتابگردان بیشترین عملکرد کل را تولید کرد و کارایی استفاده از زمین را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، کارایی استفاده از زمین

مقدمه

تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته است. بنابراین، علائم زوال و نابودی در گذر زمان، شرایط مورد نیاز برای تولید پایدار را بیش از پیش آشکار کرده است (Mazaheri, 1998). با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از افزایش تولید، امروزه گرایش به سمت نظام‌های پایدار در کشاورزی اهمیت پیدا کرده است. مهم‌ترین اصل در کشاورزی پایدار، وجود تنوع در آن است. چنانچه فعالیت‌های کشاورزی بر اساس اصول اکولوژیک صورت گیرد، ضمن جلوگیری از تخریب اکوسیستم‌های طبیعی موضوع ثبات و پایداری نیز تحقق می‌یابد.

در راستای نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کم خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی به عنوان یک راهکار عملی قابل طرح می‌باشد. امروزه، روش‌های بدون خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی حداقل که معمولاً همراه با

روند تخریب و بهم خوردن تعادل اکولوژیک سامانه‌های زراعی درحالی ادامه دارد که جمعیت جهان رو به افزایش است و اگر چاره‌ای برای افزایش تولیدات کشاورزی و حفظ محیط‌زیست نشود، بروز قحطی دور از واقعیت نیست. بشر تاکنون تدابیر گوناگونی اتخاذ کرده و با به کار بردن تکنولوژی، استفاده از ژنتیک، دادن کودهای شیمیایی فراوان، مصرف سموم گیاهی مختلف و غیره توانسته است بخشی از نیاز به مواد غذایی را به‌صورت منطقه‌ای برآورده کند. شیوه‌های رایج،

1 و 2- به‌ترتیب دانشیار و دانش آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*) - نویسنده مسئول: (Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

را که همانا توسعه پایدار است در بر می گیرد (Hamzei & Seyed, 2014a; Hamzei & Seyed, 2014b) در این نوع کشت از عامل سومی به نام زمان در تولید محصولات کشاورزی استفاده می شود. این روش علاوه بر تولید، بهبود مدیریت صحیح منابع، حفظ کیفیت منابع و محیط را نیز مد نظر قرار می دهد. به علت استفاده مؤثر از منابع موجود میزان کمیت و کیفیت در کشت مخلوط افزایش یافته و در نتیجه سود بیشتری عاید زارع می شود. هدف اصلی از کشت مخلوط، تولید عملکرد بالا و استفاده بیشتر از زمین به وسیله حداکثر استفاده از منابع است (Gronle et al., 2015). نتایج تحقیقی نشان داد که کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) با لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) صفات زیادی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر، وزن خشک، عملکرد و پروتئین خام را تحت تأثیر قرار می دهد. همچنین، میزان عملکرد ذرت در مخلوط با این لگوها در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر بود (Geren et al., 2008). در مطالعه ای، کشت مخلوط ذرت و کدو (*Cucurbita* sp.) اثر معنی داری روی عملکرد کدو داشت. میزان شاخص کارایی استفاده از زمین در اکثر تیمارها بزرگ تر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Ghanbari et al., 2010).

در کشت مخلوط گیاهان همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) صفات کمی و کیفی همیشه بهار نسبت به تک کشتی بهبود یافتند که احتمالاً مربوط به مزایای کشت مخلوط گیاهان مختلف با یکی از اعضای خانواده لگو می باشد (Valizadegan, 2015). در تحقیقی کشت مخلوط افزایشی جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود بسیار موثرتر و بهتر از تک کشتی جو از نظر صفاتی مانند شاخص کارایی استفاده از زمین و افزایش عملکرد کل بیولوژیک و دانه بود (Hamzei & Seyed, 2012). در مطالعه ای روی کشت برخی گیاهان لگو و جو اظهار شد که حضور اعضای خانواده لگو در کشت مخلوط باعث افزایش مزایای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گیاهان می گردد (Scalise et al., 2015). در واقع، یکی از مهم ترین مزایای حضور گیاهان لگو در کشت مخلوط تثبیت نیتروژن است که سبب بهبود سودمندی کشت مخلوط می شوند (Franco et al., 2015; Gronle et al., 2015). (Hamzei & Seyed, 2014 a; Scalise et al., 2015) با توجه به مجموع نکات ذکر شده در مورد ویژگی های مثبت کشاورزی حفاظتی

برجای ماندن مقداری بقایای گیاهی بر سطح خاک است، به منظور کاهش فرسایش خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک، بهبود راندمان مصرف و افزایش نفوذ آب، کاهش نیروی کار، سوخت و استهلاک ماشین آلات و افزایش عملکرد، کاربرد دارد (De Vita et al., 2007). خاک ورزی حفاظتی شامل روش ها و تکنیک هایی برای کاشت محصول روی بقایا و کشت به جا مانده از محصول قبلی می باشد. در خاک ورزی حفاظتی، کشت محصول با انجام کمترین عملیات خاک ورزی صورت خواهد گرفت. در مقایسه با خاک ورزی مرسوم، در این روش با کاهش عملیات خاک ورزی، کشت یا بقایای گیاهی به طور کامل با خاک مخلوط نمی شود و بخش عمده یا همه آن روی سطح خاک باقی می ماند. حاصلخیزی خاک و مواد آلی، در نتیجه خاک ورزی مرسوم و عملیات کشاورزی زیاد، به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. عملیات خاک ورزی شدید، حاصل خیزی خاک را تا بیش از 50 درصد و میزان هوموس آن را از 13 به 5 درصد کاهش می دهد (Mrabet, 2002). در خاک ورزی حفاظتی مهم ترین نکته این است که باید حداقل 30 درصد بقایای روی سطح خاک باقی بماند تا از فرسایش خاک و اتلاف رطوبت، خصوصاً در مناطقی که وزش شدید باد وجود دارد جلوگیری کند. خاک ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم، تخریب کمتری در سطح خاک ایجاد می کند، بنابراین، آسیب به خاک و مصرف انرژی را با ثابت نگه داشتن بازده و کیفیت محصول، کاهش می دهد. نکته قابل توجه آن است که سیستم های خاک ورزی حفاظتی می توانند جانشین مناسبی برای سیستم های خاک ورزی مرسوم باشند. در کل، در این روش تأکید بر حفاظت خاک است، ولی حفظ رطوبت خاک، انرژی، کارگر و حتی تجهیزات از جمله مزایای بعدی آن است (Melero et al., 2009).

کشت مخلوط، نمونه بارز دیگری از نظام های پایدار در کشاورزی به شمار می رود. کشت مخلوط و پرورش کشت های چند محصولی پاسخی به بسیاری از مسائل و مشکلات کشاورزی است که عمده ترین آن ها افزایش کارایی استفاده از منابع موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح زمین و نیز افزایش تنوع و ایجاد ثبات زیستی و کاهش نهاده هایی مانند علف کش ها می باشد (Valizadegan, 2015). کشت مخلوط، به دلیل استفاده بهینه و حداکثر از منابع تولید، کاهش میزان آلودگی محیط زیست، حفاظت خاک، موازنه در امر تغذیه گیاهی و به دست آوردن حداکثر سود، اهداف مشترک اکرونومیس و اکولوژیست

از جمله خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مخلوط گیاهان مختلف با یکدیگر، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال‌های زراعی 1392 و 1393 انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در 48 درجه و 31 دقیقه طول شرقی، 35 درجه و 1 دقیقه عرض شمالی و 1690 متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. نتایج آزمون خاک، بافت خاک را لوم‌رسی و pH آن را 7/49 نشان داد. همچنین، میزان کربن آلی و هدایت الکتریکی خاک به ترتیب 1/18 درصد و 0/428 دسی‌زیمنس بر متر بود. میزان بارندگی طی فصل رشد گیاهان در هر دو سال زراعی 1392 و 1393 حدود دو میلی‌متر گزارش شد. همچنین، متوسط دما طی ماه‌های اجرای آزمایش در سال 1392 و 93 به ترتیب 22/5 و 23/0 درجه سانتی‌گراد بود.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خاک‌ورزی در سه سطح خاک‌ورزی کامل، نیمه خاک‌ورزی با چپزل و نیمه خاک‌ورزی با دیسک به عنوان فاکتور اصلی و الگوهای مختلف کاشت شامل کشت خالص آفتابگردان، کشت خالص لوبیا، کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان، سطوح فاکتور فرعی بودند.

در خاک‌ورزی مرسوم زمین محل آزمایش در اوایل خرداد 1392 و 1393 تا عمق 30 سانتی‌متری توسط گاواهن برگردان دار شخم زده شد و در خاک‌ورزی‌های کاهش یافته نیز از ادوات چپزل و دیسک برای خاک‌ورزی استفاده گردید. عملیات کاشت هر دو گونه گیاهی (آفتابگردان و لوبیا) در تاریخ 10 خرداد 1392 و 8 خرداد 1393 به‌طور همزمان با دست انجام گرفت. برای لوبیا در هر کرت شش ردیف کاشت به‌طول 4/5 متر و با فاصله بین ردیف و بین بوته در روی ردیف به‌ترتیب 50 و پنج سانتی‌متر و با تراکم نهایی 40 بوته در متر مربع و برای آفتابگردان در هر کرت پنج ردیف کاشت به‌طول 4/5 متر و با فاصله بین ردیف و بین بوته در روی ردیف به‌ترتیب 60 و 18 سانتی‌متر و با تراکم نهایی نه بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

کشت مخلوط به‌صورت افزایشی انجام شد، بدین صورت که بذور لوبیا در تراکم‌های مشخص شده بین ردیف‌های آفتابگردان کشت شدند. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، کود اوره به‌میزان 50 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان استارتر در زمان کشت به خاک اضافه گردید. در مجموع 75 کیلوگرم اوره در کشت خالص لوبیا و 250 کیلوگرم اوره در بقیه الگوهای کشت استفاده شد. آبیاری به‌صورت بارانی و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. در کرت‌های آزمایشی چندین مرتبه علف‌های هرز در طول فصل رشد و به‌صورت دستی وجین شدند. عملیات برداشت هر دو گونه گیاهی در مهر ماه سال‌های 92 و 93 انجام گرفت. بدین صورت که بعد از حذف دو ردیف از هرطرف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای تمام ردیف‌ها برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه هر دو گونه گیاهی، دو مترمربع از هر کرت برداشت شد.

روغن موجود در دانه‌های آفتابگردان از طریق روش سوکسله اندازه‌گیری شد (Pritchard et al., 2000). این روش یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت عصاره‌گیری و استخراج روغن از اجزاء گیاهی می‌باشد. پروتئین دانه آفتابگردان و لوبیا نیز بر اساس روش کجلدال (Magomya et al., 2014) با دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک، مدل D-40599 ساخت شرکت Behr کشور آلمان اندازه‌گیری شد.

کارایی استفاده از زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه گردید. این شاخص بر اساس فرمول $LUE = (I_1/P_1) + (I_2/P_2)$ محاسبه شد (Mazaheri, 1998). در این فرمول؛ I: مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط و P: عبارت از محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک‌کشتی است.

پس از وارد کردن داده‌ها به کامپیوتر و تست فرضیات تجزیه واریانس و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، تجزیه واریانس توسط نرم-افزار آماری SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان

نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد که عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوی کشت

شد (جدول 1). بیشترین مقدار درصد و عملکرد روغن (به ترتیب 44/87 درصد و 160/90 گرم در مترمربع) در تیمار کشت خالص آفتابگردان مشاهده شد. از آنجایی که عملکرد روغن حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه است، لذا به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار کشت خالص آفتابگردان، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نبود. به نظر می‌رسد همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط دلیل این امر باشد، به طوری که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، درصد روغن کاهش و میزان پروتئین افزایش می‌یابد. از طرفی، افزایش عملکرد دانه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن در تک‌کشتی آفتابگردان شد که آن هم می‌تواند به سبب عدم وجود رقابت برون گونه‌ای باشد. در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از میزان عملکرد روغن کاسته شد. از دلایل مهم کاهش عملکرد روغن آفتابگردان در تیمارهای کشت مخلوط که ناشی از کاهش عملکرد دانه می‌باشد، رقابت با لوبیا بر سر منابع محیطی مختلف مانند مواد غذایی است. در واقع، رقابت با گونه‌های دیگر باعث کاهش جذب مواد غذایی و عملکرد دانه می‌گردد (Fuente et al., 2014; Yan et al., 2014; Amossé et al., 2014).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ یک از تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر درصد پروتئین نداشتند و تنها اثر تیمار الگوی کشت بر ویژگی عملکرد پروتئین آفتابگردان معنی‌دار بود و اثر خاک-ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی $\times$ الگوی کشت بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 1). با این که اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد پروتئین آفتابگردان معنی‌دار نبود، ولی کمترین میزان این ویژگی به کشت خالص آفتابگردان و بیشترین درصد پروتئین به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق داشت. در واقع، به نظر می‌رسد تثبیت احتمالی نیتروژن توسط لگوم (لوبیا) و استفاده آفتابگردان از این نیتروژن، به افزایش درصد پروتئین دانه در کشت مخلوط منجر شده است. بیشترین (77/27 گرم در مترمربع) و کمترین (53/12 گرم در مترمربع) میزان عملکرد پروتئین آفتابگردان نیز به ترتیب در تیمارهای کشت خالص آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 30% لوبیا + آفتابگردان به دست آمد، ولی تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان با تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان از نظر عملکرد پروتئین آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 2).

قرار گرفت، ولی اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت بر این ویژگی معنی‌دار نبود (جدول 1). در پژوهشی بر روی بررسی روش‌های تلفیقی مبارزه با علف‌های هرز برگ مخملی و *آمارانتوس* در شرایط متفاوت خاک‌ورزی بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد لوبیا اظهار شد که عملکرد لوبیا تحت تأثیر تیمار خاک‌ورزی که شامل سطوح خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی کاهش یافته بود، قرار نگرفت (Abbasdokht et al., 2015). در میان الگوهای مختلف کشت، بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ترتیب در تیمار کشت خالص آفتابگردان و تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان به دست آمد. قابل ذکر است که تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان با تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان از نظر صفات مورد بررسی در آفتابگردان از جمله عملکردهای دانه و بیولوژیک تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 2). دلیل کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط افزایشی لوبیا با این گیاه را می‌توان به موضوع رقابت احتمالی بین دو گونه بر سر منابع مورد نیاز در رشد بیان کرد. گزارش شده است که با افزودن گیاه همراه به مزرعه گیاه اصلی تا سطح مطلوب تراکم گیاه همراه که معمولاً 50 الی 60 درصد تراکم خالص آن گزارش شده است، هر چند عملکرد گیاه اصلی کاهش می‌یابد، ولی به دلیل کاهش تبخیر آب از سطح خاک و استفاده آن توسط گیاه همراه، نه تنها جبران کاهش عملکرد گیاه اصلی را خواهد داشت بلکه در مجموع عملکرد کل سیستم زراعی نیز افزایش خواهد یافت (Hamzei & Seyed, 2014b). در تحقیقی روی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی اظهار شد که تک‌کشتی سورگوم عملکرد بیشتری نسبت به مخلوط افزایشی این دو گیاه داشت (Sanjani et al., 2009). در پژوهشی دیگر کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط افزایشی گندم و نخود نسبت به تک‌کشتی گیاهان زراعی گزارش شد (Banik et al., 2006). همچنین، در مطالعه‌ای روی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) اعلام شد که عملکرد کشت مخلوط به طور معنی‌داری از کشت خالص دو گونه زراعی کمتر بود (Mardani, 2015) & Balouchi. با این که اثر خاک‌ورزی بر صفات درصد روغن و عملکرد روغن آفتابگردان معنی‌دار نبود، ولی اثر الگوی کاشت بر این ویژگی‌ها به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار

جدول 1- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و کشت مخلوط با لوبیا بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در سال‌های زراعی 1392 و 1393.
Table 1- Combined analysis of variance for the effects of tillage and intercropping with bean on quantity and quality yield of sunflower during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	% روغن % oil	عملکرد روغن Oil yield	% پروتئین % protein	عملکرد پروتئین Protein yield
سال Year (Y)	1	44076 ^{ns}	56 ^{ns}	14.51 ^{ns}	32 ^{ns}	3.62 ^{ns}	13.15 ^{ns}
تکرار × سال Replication×Y	4	80671	32739	21.90	7859	31.37	2952.77
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	25784 ^{ns}	4034 ^{ns}	2.84 ^{ns}	868 ^{ns}	1.23 ^{ns}	284.14 ^{ns}
سال × خاک‌ورزی Y×T	2	5711 ^{ns}	1708 ^{ns}	7.01 ^{ns}	512 ^{ns}	2.15 ^{ns}	7.57 ^{ns}
خطای اصلی Error a	8	24830	2825	8.87	616	4.09	218.84
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	233745 ^{**}	62237 ^{**}	19.30 [*]	14173 ^{**}	3.72 ^{ns}	2674.46 ^{**}
T×I	4	2373 ^{ns}	1710 ^{ns}	1.76 ^{ns}	214 ^{ns}	0.24 ^{ns}	102.23 ^{ns}
Y×I	2	5890 ^{ns}	1809 ^{ns}	7.80 ^{ns}	234 ^{ns}	1.51 ^{ns}	86.25 ^{ns}
Y×T×I	4	5952 ^{ns}	1666 ^{ns}	7.61 ^{ns}	253 ^{ns}	1.78 ^{ns}	78.50 ^{ns}
خطای فرعی Error b	24	22429	2745	5.36	505	4.00	166.77
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	--	16.15	17.48	6.29	17.09	9.15	19.52

ns و * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 2- مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان
Table 2- Means comparisons for the effect of additive intercropping series with bean on quantity and quality yield of sunflower

کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g.m ⁻²)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield (g.m ⁻²)	% روغن % oil	عملکرد روغن (گرم در متر مربع) Oil yield (g.m ⁻²)	% پروتئین % protein	عملکرد پروتئین (گرم در متر مربع) Protein yield (g.m ⁻²)
کشت خالص آفتابگردان Monocrop sunflower	1052.94 ^{a*}	356.22 ^a	44.87 ^a	160.90 ^a	21.32 ^a	77.27 ^a
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+ sunflower	830.80 ^b	238.83 ^b	43.42 ^{ab}	104.01 ^b	22.04 ^a	53.12 ^b
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+ sunflower	897.73 ^b	303.67 ^b	42.87 ^b	130.11 ^b	22.17 ^a	68.04 ^{ab}

*در هر ستون میانگین‌های با حداقل دارای یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

مخلوط به‌طور معنی‌داری از میزان عملکرد پروتئین کاسته شد که بخشی از آن می‌تواند به‌دلیل کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط

از عوامل مؤثر در تولید محصول توسط گیاهان زراعی، دسترسی مطلوب به آب و عناصر غذایی است. در این پژوهش با اجرای کشت

باشد. همچنین، باید اشاره کرد که بخش مهمی از کاهش عملکرد کیفی در مطالعات کشت مخلوط می‌تواند به سبب رقابت گونه‌های مختلف زراعی با یکدیگر بر سر منابع محیطی و مواد غذایی باشد (Amossé et al., 2014) که در نهایت به کاهش درصد جذب مواد غذایی و عملکرد دانه منجر می‌شود (Fuentes et al., 2014; Yan et al., 2014). در مطالعه‌ای روی تأثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف گیاه شنبليله و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اعلام شد جذب نیتروژن که منبع مهم تشکیل پروتئین است در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش معنی‌دار نشان داد (Roustaei & Fallah, 2015).

عملکرد کمی و کیفی لوبیا

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این بود که عملکرد بیولوژیک لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت، اما اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی × الگوی کشت معنی‌دار نشد (جدول 3). در تحقیقی روی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز در مزرعه پنبه (*Gossypium* sp.) گزارش شد که عملکرد وش پنبه در تیمارهای خاک‌ورزی کاهش یافته و مرسوم در یک دسته آماری بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند (Latifi et al., 2009). در میان الگوهای کشت بیشترین عملکرد بیولوژیک متعلق به کشت خالص لوبیا بود (769/45 گرم در مترمربع)، ولی با اعمال کشت مخلوط، کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک لوبیا حاصل شد (جدول 4). در کشت مخلوط افزایشی ممکن است به سبب افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت درون و برون گونه‌ای گیاهان زراعی بر سر منابع محیطی از جمله نور، آب و مواد غذایی افزایش یافته و به کاهش عملکرد دانه منجر شود. از طرفی، در این آزمایش از آنجایی که تراکم لوبیا در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص لوبیا بود، بنابراین، پایین بودن عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن دور از انتظار نبود. بسیاری از پژوهشگران نیز در مطالعات خود این یافته‌ها را تأیید کرده‌اند (Banik et al., 2006; Ghanbari et al., 2010). در الگوی کشتی که تراکم لوبیا از حد معمول پایین‌تر آمده بود کاهش عملکرد بیولوژیک آن طبیعی بود. به‌طوری‌که در این مطالعه کمترین میزان عملکرد بیولوژیک لوبیا متعلق به تیمار 30 درصد لوبیا + آفتابگردان بود (جدول 4). اثر خاک‌ورزی بر عملکرد دانه

لوبیا معنی‌دار نبود، ولی اثر الگوی کشت و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 3). در پژوهشی اظهار شد که عملکرد دانه ذرت در خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی معنی‌دار نبود (Salem et al., 2015). بیشترین و کمترین عملکرد دانه لوبیا (به‌ترتیب 329/17 و 31/83 گرم در مترمربع) به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص لوبیا × دیسک و کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان × دیسک به‌دست آمد (جدول 5). به‌طور کلی، با اجرای کشت مخلوط و همچنین کاهش تراکم لوبیا از عملکرد دانه لوبیا کاسته شد.

در مطالعه‌ای روی ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود در کشت مخلوط اظهار شد که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن عملکرد دانه کمتری داشت (Pooramir et al., 2010). همچنین، با کاهش تراکم کنجد در کشت مخلوط از عملکرد دانه به میزان بیشتری کاسته شد. یافته‌های تحقیق حاضر مطابق با مطالعات برخی دیگر از پژوهشگران است (Hamzei & Seyed, 2012; Valizadegan, 2015).

نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد که درصد پروتئین لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت، اما اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی × الگوی کشت معنی‌دار نشد (جدول 3). در میان تیمارهای آزمایشی اثر الگوی کشت و اثر متقابل خاک‌ورزی × الگوی کشت بر صفت عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول 3). در میان الگوهای مختلف کاشت بیشترین درصد پروتئین متعلق به کشت خالص لوبیا بود (جدول 4). بیشترین عملکرد پروتئین (86/46 گرم در مترمربع) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم × کشت خالص لوبیا به‌دست آمد. به‌طور کلی، با توجه به بالا بودن عملکرد دانه لوبیا در تیمار کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط که از تراکم پایین لوبیا در واحد سطح برخوردار بود، افزایش عملکرد پروتئین نیز طبیعی به‌نظر می‌رسد، ضمن این‌که یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی بحث رقابت با گونه‌های دیگر است که سبب کاهش درصد جذب این عناصر می‌گردد. در واقع، به‌دلیل کاهش تراکم لوبیا در واحد سطح و نیز احتمالاً رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط، منجر به کاهش عملکرد پروتئین لوبیا در واحد سطح شده است. در مطالعه‌ای جذب نیتروژن و میزان پروتئین دانه در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش معنی‌دار نشان داد (Roustaei & Fallah, 2015) و پژوهشی دیگر که روی کشت مخلوط یولاف

دانه کل در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت. ولی، اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت این ویژگی‌ها را تحت تأثیر قرار نداد (جدول 6). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه کل (به ترتیب 1189/4 و 437/28 گرم در متر مربع) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق گرفت.

عملکرد بیولوژیک و دانه کل

تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این بود که عملکرد بیولوژیک و

جدول 3- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد کمی و کیفی لوبیا در سال‌های زراعی 1392 و 1393.

Table 3- Combined analysis of variance for the effects of tillage and intercropping with sunflower on quantity and quality yield of bean during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد پروتئین % protein	عملکرد پروتئین Protein yield
سال Year (Y)	1	6466 ^{ns}	81 ^{ns}	1.92 ^{ns}	2.78 ^{ns}
تکرار × سال Replication×Y	4	6511	2777	53.41	40.86
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	2006 ^{ns}	673 ^{ns}	21.68 ^{ns}	187.73 ^{**}
سال × خاک‌ورزی Y×T	2	69 ^{ns}	124 ^{ns}	1.81 ^{ns}	26.45 ^{ns}
خطای اصلی Error a	8	3181	574	15.25	29.84
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	2052286 ^{**}	364851 ^{**}	41.78 ^{**}	24951.07 ^{**}
T×I	4	975 ^{ns}	10992 [*]	1.12 ^{ns}	56.29 [*]
Y×I	2	511 ^{ns}	593 ^{ns}	10.91 ^{ns}	17.02 ^{ns}
Y×T×I	4	72 ^{ns}	1109 ^{ns}	11.81 ^{ns}	19.96 ^{ns}
خطای فرعی Error b	24	3025	394	12.75	20.11
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	--	12.17	14.00	14.99	11.09

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان

Table 4- Mean comparisons of quantity and quality yield of bean in different intercropping patterns with sunflower

کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biologic yield (g.m ⁻²)	درصد پروتئین % protein
کشت خالص لوبیا Monocrop bean	769.45 ^{a*}	25.57 ^a
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+ sunflower	117.21 ^c	22.86 ^b
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+ sunflower	291.72 ^b	23.00 ^b

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد دانه و پروتئین لوبیا
Table 5- Mean comparisons for the interaction effect of tillage×intercropping patterns with sunflower on seed and protein yield of bean

کشت مخلوط × خاک‌ورزی Tillage × Intercropping	عملکرد (گرم در مترمربع) Yield (g.m ⁻²)	
	دانه Seed	پروتئین Protein
کشت خالص لوبیا × چیزل Monocrop bean × chisel	302.50 ^{b*}	76.81 ^b
"۳۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × چیزل "30% bean+ sunflower" × chisel	35.33 ^e	8.13 ^e
"۶۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × چیزل "60% bean+ sunflower" × chisel	142.00 ^c	32.83 ^c
کشت خالص لوبیا × دیسک Monocrop bean × disc	391.17 ^a	80.98 ^b
"۳۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × دیسک 30% bean+sunflower × disc	31.83 ^e	7.06 ^e
"۶۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × دیسک "60% bean+sunflower" × disc	115.83 ^d	25.78 ^d
کشت خالص لوبیا × خاک‌ورزی مرسوم Monocrop bean × conventional tillage	321.50 ^{ab}	86.46 ^a
"۳۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × خاک‌ورزی مرسوم "30% bean+sunflower" × conventional tillage	45.50 ^e	10.88 ^e
"۶۰٪ لوبیا + آفتابگردان" × خاک‌ورزی مرسوم "60% bean+sunflower" × conventional tillage	143.00 ^c	34.91 ^c

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.
*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

کارایی استفاده از زمین

بررسی شاخص کارایی استفاده از زمین در این مطالعه نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط ۶۰٪ لوبیا + آفتابگردان دارای LUE بالاتر از یک بودند (شکل 1) که نشان از برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گونه دارد. در میان الگوهای مختلف کشت، کمترین مقادیر کارایی استفاده از زمین مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۳۰ درصد لوبیا + آفتابگردان بود که در هر سه حالت خاک‌ورزی دارای LUE کمتر از یک بودند (شکل 1). به‌نظر می‌رسد عملکرد بسیار کم لوبیا باعث کاهش کارایی استفاده از زمین در این تیمارها شده باشد. با افزایش تراکم لوبیا و به تبع آن افزایش عملکرد دانه کارایی استفاده از زمین نیز بیشتر شد، به‌طوری‌که در تمام تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا + آفتابگردان مقادیر کارایی استفاده از زمین بیشتر از یک بود. بیشترین میزان شاخص کارایی استفاده از زمین (1/42) در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا + آفتابگردان با خاک‌ورزی

تیمار تک‌کشتی آفتابگردان در ویژگی‌های عملکرد بیولوژیک و دانه کل نسبت به تیمار برتر (کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا + آفتابگردان) به‌ترتیب افت حدود 10 و 20 درصدی نشان داد. افزایش عملکرد کل یکی از مزایای عمده انجام کشت مخلوط است که پژوهشگران بسیاری به آن اشاره نموده‌اند (Banik et al., 2006; Mazaheri, 1998). از بهترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006). در آزمایشی مشاهده شد که کشت ذرت با باقلا (*Vicia faba* L.) موجب افزایش عملکرد کل می‌شود (Yan et al., 2014). در کشت مخلوط گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش عملکرد در این نظام کشتی وجود دارد (Fuente et al., 2014; Gronle et al., 2015; Yan et al., 2014; Zhang et al., 2011). نتایج تحقیقی روی کشت مخلوط ذرت با لوبیا معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که کشت مخلوط عملکرد بیولوژیک و دانه را تحت تأثیر قرار داده و افزایش می‌دهد (Yan et al., 2008).

چیزل به دست آمد و کمترین میزان این شاخص (0/76) نیز از تیمار شد. کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان × دیسک حاصل

جدول 6- تجزیه واریانس مرکب اثر خاک‌ورزی در کشت مخلوط لوبیا بر عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان کل در سال‌های زراعی 1392 و 1393.

Table 6- Combined analysis of variance for the effects of tillage × intercropping with bean on total seed and biological yield of sunflower during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک کل Total biological yield	عملکرد دانه کل Total seed yield
سال Year (Y)	1	17850 ^{ns}	728 ^{ns}
تکرار × سال Replication×Y	4	85520	39521
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	31603 ^{ns}	5080 ^{ns}
سال × خاک‌ورزی Y×T	2	3541 ^{ns}	1449 ^{ns}
خطای اصلی Error a	8	19007	3126
کشت مخلوط Intercropping (I)	3	564890 ^{**}	84469 ^{**}
T×I	6	7326 ^{ns}	3439 ^{ns}
Y×I	6	3950 ^{ns}	1035 ^{ns}
Y×T×I	6	2290 ^{ns}	1324 ^{ns}
Error b	36	17294	2978
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	13.28	15.73

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 7- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه کل آفتابگردان در کشت خالص و مخلوط با لوبیا

Table 7- Mean comparison of total biological and seed yield of sunflower in sole and intercropping with bean

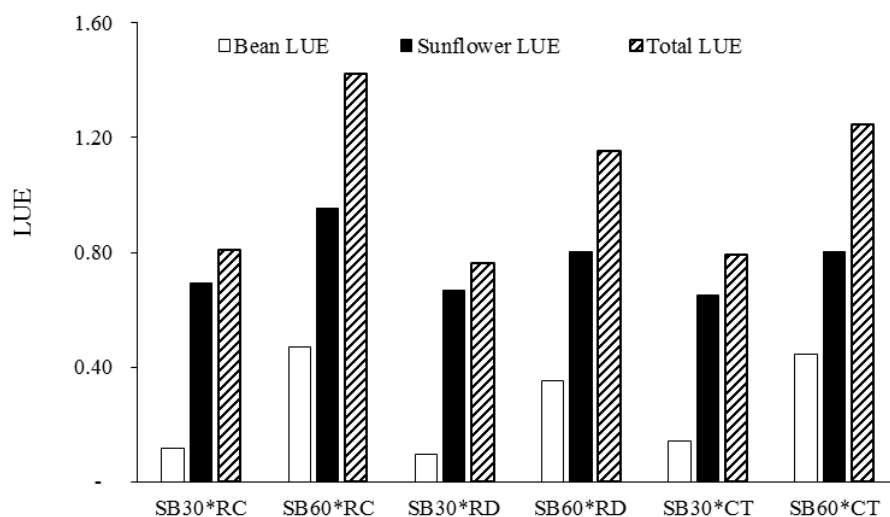
کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک کل (گرم در مترمربع) Total biologic yield (g.m ⁻²)	عملکرد دانه کل (گرم در مترمربع) Total seed yield (g.m ⁻²)
کشت خالص آفتابگردان Monocrop sunflower	1052.94 ^{b*}	356.22 ^b
کشت خالص لوبیا Monocrop bean	769.45 ^d	317.72 ^c
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+sunflower	948.01 ^c	276.39 ^d
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+sunflower	1189.40 ^a	437.28 ^a

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

مخلوط ردیفی و نواری اظهار شد که در اغلب الگوهای کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین بیش از یک بود (Valizadegan., 2015). برخی پژوهشگران نیز برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را از نظر ویژگی کارایی استفاده از زمین در پژوهش‌های خود روی گیاهان زراعی مختلف نشان دادند (Gholi Nejad et al., 2018; Rezaei Chianeh et al., 2015; Mosapour et al., 2015).

برخی پژوهشگران نیز در مطالعات خود اظهار داشتند که معمولاً در الگوهای کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین بالاتر از یک بوده که نشان‌دهنده برتری سیستم کشت مخلوط گیاهان زراعی به تک-کشتی آن‌ها است (Hamzei & Seyedi, 2014a; Hamzei & Seyedi, 2012). در پژوهشی روی مطالعه عملکرد کمی و کیفی همیشه بهار و نخود و تنوع گونه‌ای و وفور نسبی حشرات در کشت



شکل 1- کارایی استفاده از زمین در ترکیبات تیماری (RC، RD و CT به ترتیب نیمه خاک‌ورزی با چپزل، دیسک و خاک‌ورزی مرسوم و S، B30 و B60 به ترتیب آفتابگردان و تراکم 30 و 60% لوبیا)

Fig. 1- Land use efficiency (LUE) in combined treatment (RC, RD and CT: Reduced tillage by chisel and disc and conventional tillage respectively, and S, B30 and B60: sunflower and 30 and 60% bean density, respectively)

پایداری عملکرد در منطقه همدان امید بخش باشد. در این مطالعه، علی‌رغم کاهش عملکرد هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها، به‌طور کلی بازده عملکرد کل و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بالاتر بود. در کل، کشت مخلوط 60 درصد لوبیا با آفتابگردان که بیشترین عملکرد کل را تولید کرده و کارایی استفاده از زمین آفتابگردان را افزایش داد به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

نتیجه‌گیری

پایداری عملکرد اقتصادی از اهداف مهم فعالیت‌های پژوهشی و همچنین سیستم‌های توسعه یافته می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، کشاورزی حفاظتی از جمله خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مخلوط نقش اساسی را بازی می‌کنند. با توجه به این موضوع و با نگاهی کلی به نتایج پژوهش حاضر می‌توان اظهار داشت که خاک‌ورزی حفاظتی با چپزل می‌تواند جایگزینی مناسب برای خاک‌ورزی مرسوم و شدید باشد. همچنین، کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان می‌تواند از نظر

منابع

- Abbasdokht, H., Noorolahi, M., and Amerian, M.R. 2013. Investigation of integrated velvetleaf (*Abutilon theophrasti* L.) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) control methods under different tillage condition on weed control and soybean (*Glycine max* L.) yield. Journal Weed Research 5(2): 167-182. (In Persian with English Summary)
- Amossé, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., and David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. European Journal Agronomy 49: 158-167.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghosh, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additivseries experiment: Advantages and weed smothering. European Journal Agronomy 24: 325-332.
- 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 Tillage Research 92: 69-78.
- Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.
- Fuente, E.B., Suárez, S.A., Lenardis, A.E., and Poggio, S.L. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS-Wageningen Journal Life Science 70-71: 47-52.
- Geren, H., Vcioglu, R.A., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. African Journal of Biotechnology 7: 4100-4104.
- Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and cucurbit (*Cucurbita* sp.) and effect on weed control. Iranian Journal of Field Crop Sciences 41: 43-55. (In Persian with English Summary)
- Gholi Nejad, A., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Farajee, H. 2018. the effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.var. Saccharata) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology 10(1): 120-134. (In Persian with English Summary)
- Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Brandhuber, R., Wilbois, K., Heb, J. 2015. Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. Soil and Tillage Research 148: 59-73.
- Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. Crop Production and Processing 2(5): 109-119. (In Persian)
- Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014a. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. Water and Soil 24(4): 261-271. (In Persian with English Summary)
- Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014b. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. Sustainable Agriculture and Production Science Special Issue: 75-90. (In Persian with English Summary)
- Jahangiri, H., Tohidi Nejad, E., Torabi, M., and Golkar, P. 2015. Evaluation of yield, land equivalent Ratio (LER) and silage quality related traits in oat (*Avena sativa*) and vetch (*Vicia sativa*) intercropping. Agriculture Crop Management 17(2): 373-384. (In Persian)
- Latifi, N., Siahmarguee, A., Akram-Ghaderi1, F., Yones-Abadi, M. 2009. Effects of tillage systems on weeds population dynamics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by rapeseed (*Brassica napus*). Iranian Journal of Field Crop Research 7(1): 195-203. (In Persian with English Summary)
- Magomya, A.M., Kubmarawa, D., Ndahi, J.A. and Yebpella, G.G. 2014. Determination of plant proteins via the kjeldahl method and amino acid analysis: a comparative study. International Journal of Scientific and Technology Research 3(4): 68-72.
- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Publication of Tehran University, Iran. (In Persian)
- Mardani, F., and Balouchi, H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. Sustainable Agriculture and Production Science 25(2): 1-16. (In Persian with English Summary)
- Melero, S., Lopez-Garrido, R., Murillo, J.M., and Moreno, F. 2009. Conservation tillage: Short and long-term effects on soil carbon fraction and enzymatic activities under Mediterranean condition. Soil and Tillage Research 104(2): 292-298.

Mosapour, H., Ghanbari, A., Sirousmehr A.R., and Asgharipour, M.R. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(2): 139-152. (In Persian with English Summary)

Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage system in Africa. Soil and Tillage Research 66(2): 119-128.

Pooramir, F., Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati M., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Agronomic Research 8: 747-757. (In Persian with English Summary)

Pritchard, F.M., Eagles, H.A., Norton, R.M., Salisbury, P.A., and Nicolas, M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. Australian Journal of Journal Experimental Agriculture 40: 679-685.

Rezaei Chianeh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) on their yield and land use efficiency. Agriculture Crop Management 17(1): 183-196. (In Persian with English Summary)

Roustaei, M., and Fallah, S. 2015. Effects of fertilizer source and intercropping ratios on fenugreek and black cumin: Macronutrients concentration and uptake. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(1): 43-60. (In Persian with English Summary)

Salem, H.M., Valero, C., Muñoz, M.Á., Rodríguez, M., and Silva, L.L. 2015. Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. Geoderma 237: 60-70.

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: Cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Agronomic Research 7: 85-95. (In Persian with English Summary)

Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovicova, B., Gelsomino, A., Lindstrom, K., and Monti, M. 2015. Legume-barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. Soil Biology and Biochemistry 89: 150-161.

Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantizing in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Sustainable Agriculture and Production Science 25(3): 15-30. (In Persian with English Summary)

Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., and Meng, Z. 2014. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize in faba bean (*Vicia faba*)/ maize intercropping. Journal Proteomics 109: 111-124.

Zhang, G., Yang, Z., and Dong, S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crops Research 124: 66-73.



Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Different Tillage Systems

J. Hamzei^{1*} and M. Seyedi²

Submitted: 28-02-2016

Accepted: 13-02-2017

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2018. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Different Tillage Systems. Journal of Agroecology. 10(2):416-429.

Introduction

Agricultural conservation technologies maintain water and soil, keep soil moisture and increase crop yield and soil quality, which are beneficial for sustainable development of agricultural production. Hence, conservation tillage may improve crop yield, among other economic benefits. Conservation tillage is a crop management system that increases the efficient use of nutrients and water. Conservation tillage includes any method of soil cultivation that leaves the previous seasons crops residues on fields before and after planting the next crop. Intercropping has been long practiced in many parts of the world and continues to be widely employed not only in tropical, but also in temperate regions. Compared to sole crops, intercropping system has higher utilization of resource i.e., nutrient use efficiency, water use efficiency, and land use efficiency.

Material and Methods

A split plot experiment was designed based on randomized complete blocks with three replications and implemented on a clay loam soil during the growing seasons of 2013 and 2014, at the Agricultural Research Station, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran. Tillage (reduced tillage by chisel and disc and conventional tillage) as main factor and planting pattern (sole cropping of bean and sunflower and additive intercropping 30 and 60% bean with sunflower) were considered as sub-plot. Twenty days before planting, the soil was tilled by harrow for conventional tillage and by chisel and disc for minimum tillage. Sunflower and soybean were considered as main and secondary crops, respectively. The crops' seeds were simultaneously sown. Harvest operation was done on September 30, 2013 and September 27, 2014. After considering of border effect random samples 2 m² areas was harvested by cutting the stems near ground level to determine the crops' grain and straw yield. The land use efficiency (LUE) was calculated to measure efficiency of intercropping compared to pure cropping. Land use efficiency calculated as: $LUE = (I1/P1) + (I2/P2)$. Grain oil percent and grain protein percent were determined by Soxhlet and Kjeldahl methods. SAS procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations.

Results and Discussion

ANOVA indicated that bean biologic and grain yield was not significantly affected by the tillage but, bean biologic and grain yield was significantly ($p > 0.01$) affected by the planting pattern. Also, tillage $\times$ planting pattern effect was significant on these properties. Effect of planting pattern was significant on the most of traits, but the most properties were not affected by tillage. The highest grain yield, protein yield and oil yield of sunflower (356.22, 160.90, 77.27, respectively) were achieved at sole cropping treatment, but intercropping decreased these traits significantly. The highest total biological and grain yield (1189.40 and 437.28 g m⁻², respectively) belonged to additive intercropping 60% bean + sunflower treatment. One of the important intercropping benefits is the higher productivity and profitability per unit area. When the value of LUE is less than 1, the intercropping negatively affects the growth and yield of crops grown in mixtures but when the value of LUE is greater than 1, the intercropping favors the growth and yield of the crops. Land use efficiency at additive intercropping 60% bean + sunflower treatments with different tillage were more than one, so highest

1 and 2- Associate Professor and Former PhD student of Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

LUE was obtained at $\times$ 60% bean +sunflower. Moreover, the total land use efficiency was higher in intercropping system compared to the sole cropping system, indicating the advantage of intercropping over sole cropping in utilizing environmental resources for crop growth.

Conclusion

In general, reduced tillage by chisel could say that additive intercropping 60% bean + sunflower had total yield in comparison to sole cropping of both two crops and increase land use efficiency.

Acknowledgments

We would like to thank the funding from Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Keywords: Biologic yield, Grain oil percent, Grain protein percent, Grain yield, Land use efficiency.



نقش تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری اینتروباکتر بر بهبود عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در سطوح مختلف کود فسفر

فائزه محمدی کشکا¹، همت‌اله پردشتی^{2*}، یاسر یعقوبیان³ و اسماعیل بخشنده³

تاریخ دریافت: 1395/02/28

تاریخ پذیرش: 1395/12/23

محمدی کشکا، ف.، پردشتی، ه.، یعقوبیان، ی.، و بخشنده، ا. 1397. نقش تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری اینتروباکتر بر بهبود عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در سطوح مختلف کود فسفر. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 430-443.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تلقیح قارچ تریکودرما هامتوم (*Trichoderma hamatum*) و باکتری حل‌کننده فسفات اینتروباکتر (*Enterobacter* sp.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) (رقم میلان)، آزمایشی مزرعه‌ای در شهرستان ساری (روستای سوتِه) به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی 94-1393 انجام شد. عامل اصلی کود فسفر (سوپرفسفات تریپل) در سه سطح صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار و عامل فرعی شامل تیمار قارچی در دو سطح عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با تریکودرما هامتوم و تیمار باکتری بدون باکتری (شاهد) و کاربرد اینتروباکتر بودند. نتایج آزمایش حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار تریکودرما و اینتروباکتر بر بیشتر صفات مرتبط با عملکرد گندم بود. برای نمونه، در شرایط کود فسفر صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار، تلقیح جداگانه تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار به‌ترتیب از 2/66 به 3/45 (29/69 درصد)، از 3/19 به 3/79 (18/80 درصد) و از 3/34 به 4/39 تن در هکتار (31/43 درصد) عملکرد دانه شد. همچنین، حضور اینتروباکتر به‌همراه تیمار صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر به‌ترتیب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد از 2/66 به 3/37 (21/06 درصد)، از 3/19 به 3/46 (8/46 درصد) و از 3/34 به 5/10 تن در هکتار (52/69 درصد) گردید. به‌کارگیری هم‌زمان این ریزجانداران نیز افزایش معنی‌دار عملکرد دانه را از 2/66 به 3/78 (42/10 درصد)، از 3/19 به 3/85 (20/68 درصد) و از 3/34 به 4/48 تن در هکتار (34/13 درصد) به‌ترتیب در شرایط صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر به‌دنبال داشت. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد هم‌زمان ریزجانداران و کود شیمیایی فسفر اثر افزایشی بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه کود شیمیایی فسفر به‌همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: حل‌کننده فسفات، ریزجانداران، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

جهت تغذیه گیاهان زراعی یکی از راه‌حل‌های مناسب در مسیر دستیابی به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار به‌شمار می‌رود. کودهای زیستی به‌عنوان نهاده‌های بوم‌سازگار می‌توانند سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی (Arzaneh & Faraji, 2015) و حفظ و پایداری بلندمدت حاصلخیزی خاک با توانایی فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف، پرمصرف و تبدیل فسفر نامحلول به فرم قابل دسترس برای گیاهان گردند (Mahdi et al., 2010). فسفر به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری اغلب به‌دلیل تثبیت شدن در خاک غیرقابل دسترس برای گیاهان می‌باشد (Zhu et al., 2011; Lavakush et al., 2014). بنابراین می‌توان از توانمندی باکتری‌های افزایشنده رشد

باتوجه به هزینه‌های بالا و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، گزینه قابل‌پذیرش از سوی کشاورزان جهت افزایش بهره‌وری در واحد سطح، مصرف کودهای زیستی می‌باشد (Mahdi et al., 2010). استفاده از فرآورده‌های زیستی در

1 و 2 - به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار، دکتری زراعت، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*) - نویسنده مسئول: (Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

(Tripathi et al., 2015) و افزایش محتوای فسفر ریشه و ساقه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (Yadav et al., 2015) تلقیح‌شده با گونه‌های تریکودرما را گزارش نمودند.

گندم مهم‌ترین محصول زراعی است که بیش از 40 درصد غذای اصلی جمعیت جهان را تأمین می‌کند (Ahangar et al., 2015). این محصول راهبردی، به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین‌کننده غذای انسان نیاز زیادی به کودهای شیمیایی دارد، ولی آلودگی‌های ناشی از مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی زیادی شده است و علی‌رغم این‌که بخش اعظمی از زمین‌های زراعی از نظر برخی عناصر غذایی و به‌ویژه عنصر فسفر برای زراعت مناسب بوده و نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی نمی‌باشد، اما به دلایلی از جمله عدم آگاهی و فرهنگ‌سازی کافی و همچنین عدم شناخت کشاورزان نسبت به روش‌ها و فنون مورد استفاده در کشاورزی پایدار، سالانه حجم زیادی کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شود که در نتیجه سبب آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و افزایش هزینه‌های تولیدی می‌گردد، به‌طوری که تخمین زده شده که 33 میلیون تن فسفر در سال 1990 به دریا وارد شده است که باعث مرگ آبیان از جمله ماهی‌ها گردیده است (Moghadassi, 2009). مصرف بیش از حد این عنصر در گیاه، ترکیب پیچیده‌ای به نام اسید فیتیک تولید می‌کند و باعث می‌شود مواد معدنی مهمی چون آهن، کلسیم و روی در بدن جذب نشود. نگاهی به دهه 60 حکایت از رشد مصرف کود ازته و فسفات در کشور در هر سال به میزان 10 درصد دارد و کشور ما در 10 سال گذشته مصرف‌کننده هشت درصد تولید جهانی فسفات آمونیوم بوده است (Moghadassi, 2009). بنابراین، در راستای کاهش مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی در تولید این محصول، پژوهش حاضر در مزارع کشاورزی شهرستان ساری استان مازندران انجام شد تا توانایی اثر قارچ تریکودرما *هاماتوم* به‌همراه باکتری حل‌کننده فسفات/اینتروباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم میلان) در مقادیر مختلف کود فسفر در شرایط واقعی منطقه بررسی شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در منطقه رودپی شمالی (روستای سوته) از توابع شهرستان ساری استان مازندران، در سال زراعی 94-1393 با عرض جغرافیایی 36 درجه و 38 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 53 درجه و

گیاه¹ (PGPR) در محیط ریشه (ریزوسفری)، همچون باکتری‌های حل‌کننده فسفات² (PSB) به‌عنوان یک راهکار جهت فراهمی فسفر مصرفی برای گیاهان بهره‌جست (Zaidi et al., 2003; Lavakush et al., 2014). این ریزجانداران با استقرار در ریشه گیاهان و تولید اسیدهای آمینه و آلی، ویتامین‌ها و مواد افزایش‌دهنده رشد سبب افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌شوند (Lavakush et al., 2014). در همین راستا، سویه‌های باکتری *سودوموناس* (*Pseudomonas* spp.) سبب بهبود تعداد دانه در خوشه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد و کیفیت دانه برنج (*Oryza sativa* L.) (Lavakush et al., 2014)، بهبود رشد اولیه گیاهچه ذرت (*Zea mays* L.) از نظر طول ساقه، برگ و ضخامت برگ (Sengupta et al., 2015) و افزایش تعداد پنجه، وزن هزار دانه (Shaharoon et al., 2008)، عملکرد دانه و کاه و کلش (Hossain & Sattar, 2014) و محتوای فسفر دانه (Hassan & Bano, 2015) گندم (*Triticum aestivum* L.) شدند. همچنین نتایج برخی مطالعات نشان داده است که تلقیح با باکتری‌های *ازتوباکتر* (*Azotobacter*) و *آزوسپیریلیوم* (*Azospirillum*) سبب بهبود عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) (Mirshekari et al., 2012) و باکتری‌های *سودوموناس آئروژینوزا* (*P. aeruginosa*) و *مزوریزوبیوم* (*Mesorhizobium* sp.) نیز سبب افزایش وزن خشک ریشه، ساقه و عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) (Verma et al., 2013) گردیدند.

گونه‌های قارچی تریکودرما (*Trichoderma* spp.) نیز از طریق برقراری ارتباط با ریشه گیاهان و تحریک رشد ریشه، کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، القاء مقاومت سیستمیک و بهبود سلامت گیاهان (Harman et al., 2004) از دیگر ریزجانداران افزایش‌دهنده رشد گیاهی می‌باشند. توانایی حل‌کنندگی فسفات غیرقابل محلول خاک و در نتیجه بهبود حاصلخیزی خاک و رشد گیاه توسط گونه‌های تریکودرما نیز گزارش شده است (Kapri & Tewari, 2010). پژوهشگران مختلف، بهبود رشد و افزایش تعداد پنجه، ریشه‌های فرعی، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم (Sharma et al., 2012)، بهبود عملکرد و کیفیت دانه نخود

1- Plant growth promoting rhizobacteria

2- Phosphate solubilizing bacteria

عملیات کاشت در تاریخ 12 دی‌ماه و به‌صورت دستی انجام شد. مساحت هر کرت شش مترمربع (2×3 متر) و تراکم 400 بوته در مترمربع در نظر گرفته شده بود. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه (160 روز پس از کاشت)، مساحت یک مترمربع از هر کرت کف‌بر و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه (تن در هکتار)، شاخص برداشت³ (معادله 1) و وزن هزار دانه (گرم) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری صفات تعداد دانه و وزن دانه در سنبله نیز، تعداد ده بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شدند.

$$\text{معادله (1)} \quad \text{شاخص برداشت (HI)} = \left[\frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \right] \times 100$$

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه 19) با روش کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9/1) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد بررسی در گیاه گندم (جدول 1)، اثر ساده کود فسفر بر صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و اثر ساده قارچ نیز، بر صفات تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد کاه و کلش، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. باکتری نیز بر صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، عملکرد کاه و کلش، عملکرد دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشت. صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش کود فسفر و قارچ قرار گرفتند. برهم‌کنش کود فسفر و باکتری نیز بر صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت. نتایج برهم‌کنش قارچ و باکتری نیز حاکی از معنی‌داری صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بودند. همچنین، برهم‌کنش کود فسفر، قارچ

32 دقیقه شرقی با ارتفاع 13/5 متر از سطح آب‌های آزاد به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی کود فسفر در سه سطح صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و عامل‌های فرعی شامل تلقیح قارچی در دو سطح عدم تلقیح و تلقیح با قارچ *Trichoderma hamatum* و تیمار باکتریایی در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد باکتری *Enterobacter* sp. بودند. بر اساس نتایج آزمون خاک، مقادیر پتاسیم و فسفر قابل جذب و نیتروژن کل خاک (عمق 0-30 سانتی‌متر) به ترتیب 358/47، 17/11 (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و 0/12 (درصد) بودند. منطقه مورد آزمایش دارای خاکی با بافت سیلتی‌رسی، اسیدیته 7/3 و هدایت الکتریکی 0/42 دسی‌زیمنس بر متر بود. کودهای شیمیایی پایه شامل اوره (150 کیلوگرم در هکتار و در سه مرحله کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن) و پتاسیم (100 کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم) و سه سطح متفاوت فسفر قبل از کاشت مصرف شدند.

گونه قارچ *تری‌کودرما هاماتوم* و جدایه باکتری *اینتروباکتری* از پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شدند. قارچ *تری‌کودرما* در محیط کشت PDB¹ و روی شیکر با 120 دور در دقیقه در دمای 28 درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته کشت شد. در آخر سوسپانسیون با غلظت حدود 10⁹ واحد کلونی‌ساز در میلی‌لیتر تهیه و از این سوسپانسیون در مراحل بعدی آزمایش استفاده شد. به‌طور مشابه، جدایه باکتری در محیط نیتروژن براث (NB)² روی شیکر با سرعت 100 دور در دقیقه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز کشت گردید (Bakhshandeh et al., 2014). در انتها از سوسپانسیون با جمعیت باکتری 10⁷ سلول زنده در میلی‌لیتر جهت پیش‌تیمار استفاده شد. یک‌صد میلی‌لیتر سوسپانسیون قارچ و باکتری به‌طور جداگانه برای پیش‌تیمار کردن بذر گندم به ازای هر کیلوگرم استفاده شد. کاشت بذرها در زمین اصلی چهار ساعت بعد از استفاده از پیش‌تیمارها صورت گرفت. علاوه بر این، جهت تلقیح هم‌زمان قارچ و باکتری از نسبت‌های مساوی سوسپانسیون‌های قارچ و باکتری (50 میلی‌لیتر باکتری + 50 میلی‌لیتر قارچ) و با غلظت دوبرابر آن‌ها برای هر کیلوگرم بذر گندم استفاده شد.

1- Potato dextrose broth

2- Nutrient broth

3- Harvest index

و باکتری نیز بر صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد کاه و کلش و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی داری داشتند (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای کود فسفر، قارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم
Table 1- Variance analysis (mean of squares) of the effect of phosphorus fertilizer, fungi and bacteria treatments on yield and yield components of wheat

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد کاه و کلش	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
S.O.V.	df	Spikes number/m ²	Grain number /spike	Grain weight /spike	1000-seed weight	Straw yield	Biological yield	Grain yield	Harvest index
تکرار Replication	2	176.80	10.92	0.01	16.46	3.46	2.30	0.12	79.21
فسفر (P) Phosphorus (P)	2	57109.56**	444.28**	0.99**	15.72	0.70	5.60*	3.31**	140.50*
خطای اصلی Error a	4	409.74	14.11	0.01	20.76	0.58	0.34	0.04	17.31
قارچ (F) Fungi (F)	1	4113.29**	42.38	0.003	22.62	15.11**	6.67*	1.70**	642.79**
باکتری (B) Bacteria (B)	1	5413.28**	444.78**	0.44**	70.78	8.17**	1.56	2.59**	499.22**
P×F	2	104.86	187.81**	0.307**	37.37	1.97	3.00	0.11	29.57
P×B	2	198.19	83.89**	0.08**	9.32	0.74	0.25	0.43*	56.10
F×B	1	3.91	1081.09**	1.07**	1.13	11.77**	20.70**	1.26**	48.76
P×F×B	2	2507.19**	502.33**	0.27**	20.86	2.97*	5.82**	0.47*	13.89
خطای فرعی Error	18	407.72	13.04	0.01	19.18	0.82	0.87	0.09	16.72
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		7.58	7.15	6.38	12.36	13.91	9.12	8.14	11.05

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

شاخه دهی (41 درصد)، تعداد غلاف در بوته (85 درصد)، عملکرد تر غلاف (219 درصد) و کاهش 58 درصدی بیماری فوزاریوم (*Fusarium solani*) گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را پس از تلقیح با قارچ تریکودرما هامتوم گزارش نمودند (Abd-El-Khair et al., 2010). کاندلا و همکاران (Kandula et al., 2015) نیز افزایش 25 درصدی عملکرد دانه حاصل از تلقیح گیاه کتان کش (*Camelina sativa* (L.) crantz) با قارچ تریکودرما را نسبت به گیاهان تلقیح نشده بیان داشتند.

به کارگیری اینتروباکتر نیز سبب بهبود صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت به ترتیب به مقدار 15/27 و 22/39 درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد باکتری گردید (جدول 2). نتایج پژوهش های دیگر نیز نشان دهنده نقش مثبت این ریزجانداران در بهبود رشد و عملکرد گیاه می باشد. برای نمونه، باکتری های افزایش دهنده رشد سبب بهبود

مقایسه میانگین اثر ساده کود فسفر نشان داد، مصرف کود فسفر سبب افزایش بیشتر صفات نسبت به شاهد (فسفر صفر) شد. به نحوی که در زمان مصرف 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر، به ترتیب عملکرد دانه از 3/31 به 3/57 (7/85 درصد) و 4/32 (30/51 درصد) تن در هکتار رسید. صابر و همکاران (Saber et al., 2012) نیز افزایش 14/38 و 15/82 درصدی عملکرد دانه گندم را به ترتیب در مصرف 25 و 50 کیلوگرم در هکتار فسفر نسبت به شرایط عدم مصرف آن بیان نمودند. در مقایسه میانگین قارچ مشخص شد که تلقیح قارچ تریکودرما هامتوم سبب افزایش تمامی صفات به جزء عملکرد کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک نسبت به شرایط عدم تلقیح گردید به طوری که به ترتیب افزایش 12/21 و 25/78 درصدی صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت را به دنبال داشت. مطابق یافته های پژوهش حاضر، پژوهشگران دیگر بهبود ارتفاع بوته (34 درصد)،

جوانه‌زنی بذر (Seyed Sharifi & Khavazi, 2012)، زیست‌توده و عملکرد دانه ذرت (Noumavo et al., 2013)، وزن خشک ریشه، عملکرد کاه و کلش و عملکرد دانه نخود گردیدند (Verma et al., 2013). به‌طور کلی، این ریزجانداران با استقرار در ریشه گیاه و تولید

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات ساده کودفسفر، تلقیح قارچ و کاربرد باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Tabel 2- Mean comparison of effect of phosphorus fertilizer, fungi and bacteria on yield and yield components of wheat

کود فسفر (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله (گرم)	عملکرد کاه و کلش	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد دانه	شاخص برداشت (درصد)
Phosphorus fertilizer (kg.ha ⁻¹)	Spikes number/m ²	Grain number /spike	Grain weight /spike (g)	Straw yield	Biological yield (t.ha ⁻¹)	Grain yield	Harvest index (%)
0	188.26	47.30	1.61	6.23	9.55	3.31	35.02
50	291.90	46.65	1.72	6.69	10.27	3.57	35.03
100	318.95	57.50	2.15	6.59	10.92	4.32	40.95
LSD (0.05)	22.94	4.25	0.12	0.86	0.66	0.22	4.71
قارچ							
Fungi							
-Th*	255.68	51.57	1.84	7.15	10.68	3.52	32.77
+Th**	277.06	49.40	1.82	5.86	9.81	3.95	41.22
LSD (0.05)	14.14	2.52	0.08	0.63	0.65	0.21	2.86
باکتری							
Bacteria							
-E*	254.11	46.97	1.72	6.98	10.45	3.47	33.27
+E**	278.63	54.00	1.94	6.03	10.04	4.00	40.72
LSD (0.05)	14.14	2.52	0.08	0.63	0.65	0.21	2.86

*بدون تلقیح تریکودرما هاماتوم و **تلقیح تریکودرما هاماتوم - *بدون اینتروباکتر و **کاربرد اینتروباکتر

*non *Trichoderma hamatum* and ***Trichoderma hamatum* - non *Enterobacter* sp. and ***Enterobacter* sp.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفر و قارچ بر اجزای عملکرد گندم

Tabel 3- Interaction between the phosphorus fertilizer and fungi on yield components of wheat

تیمار		وزن دانه در سنبله (گرم)	
Treatment	قارچ	تعداد دانه در سنبله	Grain weight /spike (g)
فسفر (کیلوگرم در هکتار)	Fungi	Grain number/spike	Grain weight /spike (g)
0	-Th	45.91	1.51
	+Th	48.70	1.72
50	-Th	(+6.07)†	(+13.90)
	+Th	45.65	1.66
100	-Th	47.65	1.78
	+Th	(+4.38)	(+7.22)
100	-Th	63.15	2.35
	+Th	51.85	1.96
LSD (0.05)	-Th	(-17.89)	(-16.59)
	+Th	4.38	0.14

† درصد افزایش (+) یا کاهش (-) نسبت به شاهد در هر سطح فسفر می‌باشد.

†% increase (+) or decrease (-) compared to control at each level of phosphorus.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، قارچ تریکودرما *هاماتوم* در شرایط عدم مصرف کود فسفر، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله به ترتیب به مقدار 6/07 و 13/90 درصد نسبت به شرایط شاهد (عدم تلقیح قارچ) گردید (جدول 3). بهبود عملکرد دانه، شاخه‌دهی و جذب فسفر ساقه، ریشه و دانه در گیاه نخود و در زمان تلقیح با قارچ تریکودرما *هارزیانوم*¹ نیز گزارش گردید که محققین علت آن را توانایی حل‌کنندگی فسفات نامحلول توسط این ریزجانداران و فراهمی آن برای گیاه نسبت دادند (Rudresh et al., 2005). زمانی که کود فسفر به مقدار 50 کیلوگرم در هکتار مصرف شد، این قارچ سبب افزایش 4/38 و 7/22 درصدی به ترتیب در صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله نسبت به شاهد شد (جدول 3). نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان‌دهنده اثر تحریک‌کنندگی این گونه کودهای زیستی می‌باشد به‌طوری که به‌کارگیری گونه‌های *ویرییدی*² و *هارزیانوم* در دو سال زراعی، سبب بهبود صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله گندم نسبت به شرایط شاهد گردید (Moubarak & Abdel-Monaim., 2011). همچنین برخی از گونه‌های تریکودرما قادرند به‌طور مستقیم در منطقه ریزوسفر با ریشه گیاهان همزیست‌شده و به‌عنوان افزاینده رشد گیاه، سبب بهبود تعداد پنجه، ریشه‌های فرعی، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم شوند (Sharma et al., 2012). سینگ و همکاران (Singh et al., 2010) نیز افزایش عملکرد رویش مجدد نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) تلقیح‌شده با گونه‌های قارچی تریکودرما *هارزیانوم* را به بهبود جذب عناصر غذایی از قبیل پتاسیم، فسفر، نیتروژن و حل‌کنندگی فسفات و عناصر کم‌مصرف به‌وسیله این گونه قارچی نسبت دادند.

به‌کارگیری *اینتروباکتر* در تمامی سطوح کود فسفر مصرفی سبب افزایش قابل توجه تمامی صفات نسبت به شرایط شاهد (عدم کاربرد باکتری) گردید (جدول 4). در شرایطی که از کود فسفر استفاده نشد کاربرد این باکتری صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه را به ترتیب 31/54، 27/46 و 17/04 درصد افزایش داد. حضور *اینتروباکتر* در زمان مصرف 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود

فسفر به ترتیب سبب افزایش عملکرد دانه از 3/49 تا 3/49 (3/65 تا 4/58) درصد) و از 3/86 تا 4/79 تن در هکتار (24/09 درصد) گردید. تعداد دانه در سنبله نیز در شرایط مصرف 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر به ترتیب از 43/85 به 49/45 (12/77 درصد) و از 56/20 به 58/80 (4/62 درصد) دانه رسید (جدول 4). به‌طور مشابه پژوهشگران باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Bacillus lentus* و *Pseudomonas putida* در سطوح صفر، 25 و 50 کیلوگرم در هکتار کود فسفر گزارش نمودند. همچنین، در پژوهش دیگری صابر و همکاران (Saber et al., 2012) بهبود عملکرد دانه از 534/33 به 566/33 (5/98 درصد)، از 678/66 به 778/33 (14/68 درصد) و از 684/77 به 776/77 (13/43 درصد) گرم در مترمربع به ترتیب در سطوح کود فسفر صفر، 25 و 50 کیلوگرم در هکتار و در حضور باکتری حل‌کننده فسفات گزارش شد. محققین دیگر نیز بهبود عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو در زمان حضور باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در سطوح فسفر 30 و 60 کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط شاهد (عدم کاربرد باکتری و کود فسفر) را گزارش نموده‌اند که بیشترین عملکرد دانه در زمان کاربرد هم‌زمان این ریزجانداران و در بالاترین سطوح فسفر مصرفی (60 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (Mirshekari et al., 2012). بهبود عملکرد دانه گندم در زمان به‌کارگیری هم‌زمان باکتری *سودوموناس* و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر نسبت به شرایط عدم کاربرد باکتری و کود فسفر نیز گزارش شده است (Malik et al., 2012). ابراهیمی چمانی و همکاران (Ebrahimi-Chamani et al., 2014) نیز بهبود عملکرد دانه (11/70 درصد) و تعداد دانه در خوشه (28 درصد) برنج تلقیح‌شده با باکتری حل‌کننده فسفات *سودوموناس* را نسبت به شاهد گزارش کردند. در آزمایشی مزرعه‌ای در دو مکان مختلف کشور بنگلادش، علاوه بر افزایش عملکرد دانه و کاه، محتوای فسفر دانه و کاه گندم تلقیح‌یافته با باکتری *سودوموناس* به همراه مصرف 15 کیلوگرم در هکتار کود فسفر، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات مرتبط با عملکرد از قبیل طول سنبله، ارتفاع بوته و تعداد پنجه نیز گزارش شد. این محققین بهبود صفات اجزای عملکرد را دلیل افزایش عملکرد دانه دانستند (Hossain & Sattar, 2014).

1- *Trichoderma harzianum*2- *Trichoderma viride*

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفر و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 4- Mean comparisons for interaction between the phosphorus fertilizer and bacteria on yield and yield components of wheat

تیمار Treatment		Components of wheat		
فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (kg.ha ⁻¹)	باکتری Bacteria	تعداد دانه در سنبله Grain number /spike	وزن دانه در سنبله (گرم) Grain weight /spike (g)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t.ha ⁻¹)
0	-E	40.86	1.42	3.05
	+E	53.75	1.81	3.57
		(+31.54)	(+27.46)	(+17.04)
50	-E	43.85	1.61	3.49
	+E	49.45	1.82	3.65
		(+12.77)	(+13.04)	(+4.58)
100	-E	56.20	2.12	3.86
	+E	58.80	2.19	4.79
		(+4.62)	(+3.30)	(+24.09)
LSD (0.05)		4.38	0.14	0.36

ریزمغذی شامل آهن، منگنز و منیزیم نامحلول شوند که نتیجه آن افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول می‌باشد (Mohammadi et al., 2011a). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2011a) نیز دلیل افزایش تعداد غلاف بارور و عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) تلقیح‌شده با قارچ و تریکودرما و باکتری‌های حل‌کننده فسفات را به توانایی فراهمی عناصر غذایی و کاهش عوامل بیماری‌زا و تنش‌زا در حضور این ریزجانداران نسبت دادند. همچنین، بهبود قابل توجه محتوای فسفر برگ، دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و غلاف بارور در بوته نخود را در شرایط به‌کارگیری هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما گزارش نموده و دلیل آن را به فراهمی عناصر غذایی از قبیل فسفر در زمان حضور باکتری‌های حل‌کننده فسفات و سرکوب پاتوژن‌های گیاهی توسط قارچ تریکودرما نسبت دادند (Mohammadi et al., 2011b).

نتایج اثرات متقابل سه گانه کود فسفر، قارچ و باکتری نشان داد که به‌کارگیری قارچ تریکودرما هاماتوم در تمامی سطوح کود فسفر، سبب افزایش قابل توجه تمامی صفات به جز عملکرد کاه و کلش نسبت به شاهد (عدم کاربرد باکتری و عدم تلقیح قارچی) گردید (جدول 6). به‌نحوی که تلقیح جداگانه تریکودرما هاماتوم سبب افزایش 0/93، 17/80، 42/73 و 8/39 درصدی به‌ترتیب صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم مصرف کود فسفر نسبت به شاهد شد.

نتایج برهم‌کنش قارچ و باکتری نشان داد که قارچ تریکودرما هاماتوم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد باکتری/پنتروباکتر سبب افزایش قابل توجه صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه نسبت به شاهد (عدم به‌کارگیری قارچ و باکتری) گردید (جدول 5). با این حال کاربرد جداگانه این ریزجانداران سبب افزایش تمامی صفات به جز صفت عملکرد کاه و کلش نسبت به شاهد شد (جدول 5). تیمارهای کاربرد جداگانه باکتری، قارچ و به‌کارگیری توأم این ریزجانداران سبب بهبود عملکرد دانه گندم به‌ترتیب به مقدار 29/73، 26/47 و 31/69 درصد نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول 5). به‌طور مشابه، بهبود 33/98، 42/38 و 95/33 درصدی عملکرد دانه نخود به‌ترتیب در زمان حضور باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Bacillus lentus*+*Pseudomonas putida*)، تلقیح قارچ تریکودرما هارزیانوم و به‌کارگیری توأم این ریزجانداران گزارش گردید (Mohammadi et al., 2011b). مطابق یافته‌های پژوهش حاضر، کاربرد جداگانه/پنتروباکتر در تمامی صفات اثر افزایشی بیشتری نسبت به تریکودرما نشان داد، به‌عبارتی به‌کارگیری جداگانه/پنتروباکتر افزایش 17/91، 12/76، 4/17 و 2/58 درصدی به‌ترتیب صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را نسبت به تریکودرما هاماتوم به‌همراه داشت. به‌نظر می‌رسد بیشتر سویه‌های تریکودرما قادرند از طریق ترشح اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، فوماریک و اسید سیتریک، محیط اطراف ریشه را اسیدی نموده و موجب حل کردن فسفات و کاتیون‌های

به طور مشابه، /ینتروباکتر نیز در تمامی سطوح کود فسفر، سبب بهبود تمامی صفات به جز عملکرد کاه و کلش نسبت به شاهد گردید. در تمامی سطوح کود فسفر، به کارگیری همزمان قارچ و باکتری نیز سبب

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم
Tabel 5- Mean comparisons for interaction between the phosphorus fertilizer and fungi on yield and yield components of wheat

تیمار Treatment		تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله (گرم)	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
قارچ Fungi	باکتری Bacteria	Grain number /spike	Grain weight /spike (g)	(t.ha ⁻¹)		
-Th	-E	42.57	1.55	7.06	10.13	3.06
	E+	60.56 (+42.25)	2.12 (+36.77)	7.25 (+2.69)	11.23 (+10.85)	3.97 (+29.73)
+Th	E-	51.36 (+20.64)	1.88 (+21.29)	6.90 (-2.26)	10.78 (+6.41)	3.87 (+26.47)
	E+	47.43 (+11.41)	1.76 (+13.54)	4.81 (-31.86)	8.85 (-12.93)	4.03 (+31.69)
LSD (0.05)		3.57	0.11	0.89	0.92	0.30

عملکرد دانه برنج (Bakhshandeh et al., 2015) تلقیح شده با باکتری /ینتروباکتر را نسبت به شاهد (عدم کاربرد باکتری) بیان داشتند. این ریزجانداران به طور مستقیم از طریق حل کنندگی فسفر، فراهمی مواد ضروری، تولید هورمون های گیاهی مانند IAA و به طور غیرمستقیم از طریق کاهش اثرات عوامل بیماری زای مختلف گیاهی باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می گردند (Bakhshandeh et al., 2015). گونه های قارچ تریکودرما (*Trichoderma spp.*) نیز با تشکیل کلونی و اسپورزایی فراوان در محیط خاک و به ویژه اطراف ریشه (ریزوسفر) اغلب گیاهان زراعی و غیرزراعی باعث افزایش پتانسیل رشد و جذب مواد غذایی، بازده مصرف کودها و تحریک گیاه برای مقابله با آسیب های زنده و غیرزنده می شوند (Shoresh et al., 2010). حالت آنتاگونیستی قارچ تریکودرما با اغلب عوامل بیماری زا در آزمایش هایی نیز گزارش شده است (Verma et al., 2007; Vinale et al., 2008). همچنین، قارچ تریکودرما نیز با افزایش حلالیت و جذب ریزمغذی های مهم مانند آهن، منگنز، منیزیم، کاتیون های معدنی و فسفات ها باعث بهبود رشد گیاهان می شود (Vinale et al., 2008). بنابراین، مطابق یافته های پژوهش حاضر، می توان بهبود عملکرد دانه گندم را به توانایی وصف شده این ریزجانداران در بهبود رشد گیاهان نسبت داد.

در شرایطی که فسفر به میزان 50 کیلوگرم در هکتار مصرف شده بود، کاربرد /ینتروباکتر، تلقیح تریکودرما هاماوم و به کارگیری توأم این ریزجانداران به ترتیب سبب افزایش 0/72، 5/19 و 15/60 درصدی تعداد سنبله در مترمربع شدند. همچنین، این ترکیب تیماری به ترتیب افزایش 23/32، 17/99 و 16/95 درصدی تعداد سنبله در مترمربع در زمان مصرف فسفر 100 کیلوگرم در هکتار را به همراه داشتند (جدول 6). در نتیجه مطابق یافته های پژوهش حاضر، تلقیح جداگانه قارچ تریکودرما هاماوم در شرایط صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر، به ترتیب عملکرد دانه را از 2/66 به 3/45 (29/69 درصد)، از 3/19 به 3/79 (18/80 درصد) و از 3/34 به 4/39 (31/43 درصد) افزایش داد. حضور /ینتروباکتر به همراه تیمار صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر به ترتیب باعث افزایش عملکرد از 2/66 به 3/37 (21/06 درصد)، از 3/19 به 3/46 (8/46 درصد) و از 3/34 به 5/10 (52/69 درصد) شدند. به کارگیری توأم این ریزجانداران نیز باعث افزایش 42/10، 20/68 و 34/13 درصدی عملکرد دانه به ترتیب در شرایط صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر گردید (جدول 6). در این راستا، پژوهشگران نقش مثبت حل کنندگی فسفات باکتری /ینتروباکتر را گزارش نمودند. برای نمونه، بهبود رشد و محتوای فسفر گیاه آفتابگردان (Shahid et al., 2012) و بهبود حدود نه درصدی

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفر، قارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Tabel 6- Man comparisons for interaction effect of phosphorus fertilizer, fungi and bacteria on yield and yield components of wheat

Components of wheat						عملکرد کاه	عملکرد	عملکرد دانه
تیمار Treatment			تعداد سنبله	تعداد دانه	وزن دانه	وکلش	بیولوژیک	
فسفر (کیلوگرم در هکتار)	قارچ	باکتری	در مترمربع	در سنبله	در سنبله (گرم)	Straw yield	Biological yield (تن در هکتار)	Grain yield
P (kg.ha ⁻¹)	Fungi	Bacteria	Spikes number /m ²	Grain number /spike	Grain weight /spike (g)	(t.ha ⁻¹)		
0	-Th	-E	173.87	37.52	1.17	6.86	9.53	2.66
		+E	182.50	54.30	1.86	6.45	9.83	3.37
	+Th	-E	(+4.96)	(+44.72)	(+58.97)	(-5.97)	(+3.14)	(+21.06)
		-E	175.50	44.20	1.67	6.88	10.33	3.45
		+E	(+0.93)	(+17.80)	(+42.73)	(+0.29)	(+8.39)	(+29.69)
		+E	221.16	53.20	1.77	4.74	8.53	3.78
50	-Th	-E	(+27.19)	(+41.79)	(+51.28)	(-30.90)	(-10.49)	(+42.10)
		-E	277.00	41.30	1.52	7.13	10.33	3.19
	+Th	+E	279.00	50.00	1.80	7.07	10.53	3.46
		-E	(+0.72)	(+21.06)	(+18.42)	(-0.84)	(+1.93)	(+8.46)
		-E	291.40	46.40	1.71	6.64	10.43	3.79
		+E	(+5.19)	(12.34)	(+12.50)	(-6.87)	(+0.96)	(+18.80)
100	-Th	-E	320.22	48.90	1.85	5.94	9.79	3.85
		+E	(+15.60)	(+18.40)	(+21.71)	(-16.69)	(-5.22)	(+20.68)
	+Th	-E	278.40	48.90	1.98	7.19	10.53	3.34
		+E	343.33	77.40	2.72	8.23	13.33	5.10
		-E	(+23.32)	(+58.28)	(+37.37)	(+14.46)	(+26.59)	(+52.69)
		+E	328.49	63.50	2.27	7.20	11.59	4.39
LSD (0.05)	+Th	-E	(+17.99)	(+29.85)	(+14.64)	(+0.13)	(+10.06)	(+31.43)
		+E	325.60	40.21	1.66	3.74	8.23	4.48
			(+16.95)	(-17.77)	(-16.16)	(-47.98)	(-21.84)	(+34.13)
LSD (0.05)			34.63	6.19	0.20	1.55	1.60	0.52

نتیجه گیری

مطلوبی را بر رشد و عملکرد گندم به همراه داشته باشد. در پایان، جهت شناخت بهتر و بیشتر سازوکارهای این ریزجانداران در میزان فسفر مناسب مصرفی، مطالعات تکمیلی در شرایط آب و هوایی و مکان های مختلف و نیز روی ارقام مختلف گندم پیشنهاد می گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان جهت همکاری در فراهمی ایزوله قارچ و از جناب آقای فرزین گوران جهت در اختیار قرار دادن مزرعه و مساعدت در انجام پژوهش حاضر سپاسگزاری می گردد.

در مجموع، نتایج به دست آمده از این پژوهش بیانگر نقش مثبت قارچ تریکودرما هامتوم و باکتری اینتروباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم بود. تلقیح جداگانه قارچ و کاربرد باکتری در تمامی سطوح کود فسفر مصرفی سبب افزایش قابل توجه بیشتر صفات از جمله عملکرد دانه نسبت به مصرف تنهای کود شیمیایی فسفر شد. به کارگیری توأم این ریزجانداران نیز در سطوح پایین فسفر نتایج بهتری نسبت به شاهد به همراه داشت. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، به نظر می رسد تلفیق این ریزجانداران با کودهای شیمیایی می تواند در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش هزینه های تولید جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی مورد نیاز گندم گردد و اثرات

منابع

- Abd-El-Khair, H., Khalifa, R.K.M., and Haggag, K.H.E. 2010. Effect of *Trichoderma* species on damping off diseases incidence, some plant enzymes activity and nutritional status of bean plants. *Journal of American Science* 6: 486-497.
- Ahangar, L., Babaezad, V., Ranjbar, G.A., Najafi Zarrini, H., and Biabani, A. 2015. Expression profile of defense-related genes in susceptible and resistant wheat cultivars in response to powdery mildew infection. *Modern Genetics Journal* 10: 33-46. (In Persian with English Summary)
- Arzanesh, M.H., and Faraji, A. 2015. Effect of plant growth promoting bacteria (*Azospirillum* sp.) on physiology and yield of two oilseed rapes. *Journal of Management System* 2: 159-171. (In Persian with English Summary)
- Bakhshandeh, E., Rahimian, H., Pirdashti, H., and Nematzadeh, G.A. 2014. Phosphate solubilization potential and modeling of stress tolerance of rhizobacteria from rice paddy soil in northern Iran. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 30: 2437-2447.
- Bakhshandeh, E., Rahimian, H., Pirdashti, H., and Nematzadeh, G.A. 2015. Evaluation of phosphate-solubilizing bacteria on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in northern Iran. *Journal of Applied Microbiology* 119: 1371-1382.
- Ebrahimi-Chamani, H., Yasari, E., and Pirdashti, H.A. 2014. Effects of phosphate solubilizing bacteria and phosphorous levels on rice (*Oryza sativa* L.). *Agricultural Advances* 3: 56-66.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2: 43-56.
- Hassan, T.U., and Bano, A. 2015. Role of carrier-based biofertilizer in reclamation of saline soil and wheat growth. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61: 1719-1731.
- Hossain, M.B., and Sattar, M.A. 2014. Effect of inorganic phosphorus fertilizer and inoculants on yield and phosphorus use efficiency of wheat. *Journal of Environmental Science and Natural Resources* 7: 75-79.
- Kandula, D.R.W., Alizadeh, H., Teixiera, C.S.P., Gale, D., Stewart, A., and Hampton, J.G. 2015. *Trichoderma* bio-inoculant improves seedling emergence, plant growth and seed yield of *Camelina sativa* (L.) Crantz. *New Zealand Plant Protection* 68: 160-165.
- Kapri, A., and Tewari, L. 2010. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. *Brazilian Journal of Microbiology* 41: 787-795.
- Lavakush, Y.J., Verma, J.P., Jaiswal, D.K., and Kumar, A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa* L.). *Ecological Engineering* 62: 123-128.
- Mahdi, S.S., Hassan, G.I., Samoon, S.A., Rather, H.A., Dar, S.A., and Zehra, B. 2010. Bio-fertilizers in organic agriculture. *Journal of Phytology* 2: 42-54.
- Malik, A.U., Malghani, A.L., and Hussain, F. 2012. Growth and yield response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to phosphobacterial inoculation. *Russian Agricultural Sciences* 38: 11-13.
- Mirshekari, B., Hokmalipour, S., Sharifi, R.S., Faravash, F., and Ebadi-Khazine-Gadim, A. 2012. Effect of seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and dry matter accumulation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) at various levels of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Journal of Food Agriculture and Environment* 10: 314-320.
- Moghadassi, R. 2009. An strategy to meet food security (based on determined goals in agricultural section). *Islamic*

Parliament Research Center, Tehran. (In Persian)

Mohammadi, K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., and Rokhzadi, A. 2011a. Effect of different methods of soil fertility increasing via application of organic, chemical and biological fertilizers on grain yield and quality of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology 3: 298-308. (In Persian with English Summary).

Mohammadi, K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Heidari, G., and Sohrabi, Y. 2011b. Introducing a sustainable soil fertility system for chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 10: 6011-6020.

Moubarak, M.Y., and Abdel-Monaim, M.F. 2011. Effect of bio-control agents on yield, yield components and root rot control in two wheat cultivars at New Valley region, Egypt. Journal of Cereals and Oilseeds 2: 77-87.

Noumavo, P.A., Kochoni, E., Didagbé, Y.O., Adjanooun, A., Allagbé, M., Sikirou, R., Gachomo, E.W., Kotchoni, S.O., and Baba-Moussa, L. 2013. Effect of different plant growth promoting Rhizobacteria on maize seed germination and seedling development. American Journal of Plant Sciences 4: 1013-1021.

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Canadian Journal of Microbiology 51: 217-222.

Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M., Abbasian, A., and Heidarzadeh, A. 2012. Response of wheat growth parameters to co-inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and different levels of inorganic nitrogen and phosphorus. World Applied Sciences Journal 16: 213-219.

Sengupta, C., Bhosale, A., and Malusare, S. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination and seedling development of *Zea mays*. International Journal of Research in Advent Technology Special Issue, National Conference on Advances and Challenges in Green Technology, Pune, India, 13-14 February p. 32-40.

Seyed Sharifi, R., and Khavazi, K., 2012. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination components and seedling growth of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 3: 506-513. (In Persian with English Summary)

Shaharoon, B., Naveed, M., Arshad, M., and Zahir, Z.A. 2008. Fertilizer-dependent efficiency of *Pseudomonads* for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). Applied Journal of Microbiology and Biotechnology 79: 147-155.

Shahid, M., Hameed, S., Imran, A., Ali, S., and Van Elsas, J.D. 2012. Root colonization and growth promotion of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by phosphate solubilizing *Enterobacter* sp. Fs-11. World Journal of Microbiology and Biotechnology 28: 2749-2758.

Sharma, P., Patel, A.N., Saini, M.K., and Deep, S. 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science 4: 65-73.

Shoresh, M., Harman, G.E., and Mastouri, F., 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. Annual Review of Phytopathology 48: 21-43.

Singh, V., Singh, P.N., Yadav, R.L., Awasthi, S.K., Joshi, B.B., Singh, R.K., Lal, R.J., and Duttamajumder, S.K. 2010. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry 2: 66-71.

Tripathi, P., Singh, P.C., Mishra, A., Tripathi, R.D., and Nautiyal, C.S. 2015. *Trichoderma* inoculation augments grain amino acids and mineral nutrients by modulating arsenic speciation and accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety 117: 72-80.

Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., and Kumar, A., 2013. Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. Ecological Engineering 51: 282-286.

Verma, M., Brar, S.K., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y., and Valèro, J.R. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal* 37: 1-20.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L., and Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1-10.

Yadav, A., Yadav, K., and Aggarwal, A. 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* (L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 18: 444-454.

Zaidi, A., Saghir Khan, M.D., and Amil, M.D. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy* 19: 15-21.

Zhu, F., Qu, L., Hong, X., and Sun, X. 2011. Isolation and characterization of a phosphate-solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2011: 1-6.



The Role of *Trichoderma* and *Enterobacter* Inoculation on Improving Wheat Yield in Different Levels of Phosphorus Fertilizer

F. Mohammadi Kashka¹, H. Pirdashti^{2*}, Y. Yaghoobian³, E. Bakhshandeh³

Submitted: 17-05-2016

Accepted: 13-03-2017

Mohammadi Kashka, F., Pirdashti, H., Yaghoobian, Y., and Bakhshandeh, E. 2018. The role of *Trichoderma* and *Enterobacter* inoculation on improving wheat yield in different levels of phosphorus fertilizer. Journal of Agroecology. 10(2): 430-443.

Introduction

Regarding to the high cost and environmental pollution due to the overuse of chemical fertilizers, an adoptable option for farmers are biofertilizers to increase crop productivity per unit area. Bio-fertilizers are essential components of organic farming that play a vital role in maintaining long-term fertility and sustainability of the soil by their ability to provide micro- and macro-nutrients and also to convert insoluble phosphorus (P) into available forms to plants. Phosphorus as an essential nutrient is often fixed by most soils and is unavailable to the plants. Therefore, application of the plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) such as phosphate solubilizing bacteria (PSB) can be proposed as an efficient solution to provide P for plants. These microorganisms by staying on the plant roots surface through production of organic acids, vitamins and other growth promoting materials could increase grain yield (GY) in many crops. In addition, *Trichoderma* spp. fungus species symbiosis with plant roots and root growth stimulation could control plant pathogens by production of antibiotics, induced systemic resistance and improve plant health that are known as other plant growth promoting microorganisms. It has been reported that *Trichoderma* species have an ability to solubilizing soil insoluble phosphate which resulted in improving the soil fertility and plant growth as well. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is an important source of human foods which its production is highly depending on the application of chemical fertilizers. Therefore, to reduce the economic and environmental problems, this study aimed to investigate the effect of *Trichoderma hamatum* fungi along with *Enterobacter* sp. as a PSB on yield and yield components of wheat (cv. 'Milan') in different levels of phosphorus fertilizer (TSP).

Materials and Methods

A field experiment was conducted in Mazandaran province (Sari city, located at 36°38' N, 53°32' E and 13.5 m asl) in 2014-15. The experiment was carried out in a factorial split plot arrangement based on a randomized complete blocks design with three replications. Three levels of triple super phosphate (TSP; zero, 50 and 100 kg ha⁻¹) were used as the main plot and both fungal (inoculation with *Trichoderma hamatum* and uninoculated control) and phosphate solubilizing bacteria (PSB) inoculations (inoculation with *Enterobacter* sp. and uninoculated control), were served as the sub-plots. In this experiment, the traits related to yield and yield components including number of spikes per square meter, grain number and grain weight per spike, straw yield and biological yield, grain yield (t.ha⁻¹), harvest index and 1000-grain weight (g) were measured. Finally, data analysis was performed using SAS 9.1 and means were compared by the least significant difference (LSD) test at a 5% level of probability.

Results and Discussion

The results indicated that the effect of both *Trichoderma hamatum* and *Enterobacter* sp. were statistically significant on yield and yield components of wheat. GY increased from 2.66 to 3.45 (29.69%), 3.19 to 3.79 (18.80%) and 3.34 to 4.39 t.ha⁻¹ (31.43%) for 0, 50 and 100 kg.ha⁻¹ of TSP, respectively, when *Trichoderma hamatum* was used separately. In contrast, single PSB inoculation increased GY from 2.66 to 3.37 (21.06%), 3.19 to 3.46 (8.46%) and 3.34 to 5.10 t.ha⁻¹ (52.69%) when applied 0, 50 and 100 kg.ha⁻¹ of TSP, respectively. Simultaneous application of these microorganisms significantly increased GY from 2.66 to 3.78

1, 2 and 3- Ph.D. Student of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Associate Professor and Ph.D of Agronomy, Department of Plant Molecular Physiology, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan and Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.55488

(42.10%), from 3.19 to 3.85 (20.68%) and from 3.34 to 4.48 t.ha⁻¹ (34.13%) for 0, 50 and 100 kg.ha⁻¹ of TSP, respectively.

Conclusion

The result of this study clearly indicate that presence of both *Trichoderma hamatum* and *Enterobacter* sp. along with different levels of TSP can increase yield and yield components of wheat as compared to the application of TSP alone (without *Trichoderma hamatum* and *Enterobacter* sp.).

Acknowledgements

This study was supported by a grant from the Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan and Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. The authors thank Mr. Farzin Goran for his assistance in the field experiment.

Keywords: Biological yield, Microorganism, Phosphate solubilizing

تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum spp.*) با حبوبات

سید حسام نیک‌سیرت¹، احسان بیژن زاده^{2*} و روح اله نادری²

تاریخ دریافت: 1395/03/03

تاریخ پذیرش: 1395/12/03

نیک‌سیرت، ح.، بیژن‌زاده، ا.، و نادری، ر.، 1397. تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum spp.*) با حبوبات. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 444-458.

چکیده

به منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط ارقام جو (*Hordeum spp.*) با نخود (*Cicer arietinum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L. در رژیم‌های متفاوت آبیاری آزمایشی مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شیراز در سال زراعی 1393-94 اجرا شد. رژیم‌های آبیاری به عنوان فاکتور اصلی (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو) و الگوهای مختلف کشت (تک‌کشتی نخود، باقلا، جو نیمروز و جو زهک و کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو نیمروز + باقلا، جو زهک + نخود و جو زهک + باقلا با نسبت 1 به 1) به عنوان فاکتور فرعی بودند. قطع آبیاری به ترتیب باعث کاهش 20، 43 و 40 درصدی عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا و افزایش 1/9، 42 و 20/2 درصدی نسبت برابری زمین جزئی (LER) ارقام جو و حبوبات و نسبت برابری زمین کل شد. شاخص‌های غالبیت (A) و نسبت رقابتی (CR) نشان دادند که در شرایط آبیاری مطلوب، ارقام جو جزء غالب بودند و در شرایط قطع آبیاری، قدرت رقابتی حبوبات افزایش یافت. در شرایط آبیاری مطلوب، شاخص عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) ارقام جو، حبوبات و کل به ترتیب مثبت، منفی و صفر بود و شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA) ارقام جو مثبت و در حبوبات و کل منفی بود. در قطع آبیاری، شاخص عملکرد از دست رفته واقعی و شاخص سودمندی کشت مخلوط ارقام جو، حبوبات و کل، مثبت بود. شاخص نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود. شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) نیز برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود. ارزیابی شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که کشت مخلوط جو شش ردیفه زهک + نخود در شرایط کمبود آب نسبت به دیگر الگوهای کشت مورد مطالعه بین 13/8 تا 36 درصد برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جو شش ردیفه، عملکرد از دست رفته واقعی، نسبت برابری زمین

مقدمه

بازه‌های زمانی می‌شود. زمین‌های کشاورزی متأثر از خشکی بیش از 50 درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهند (Wood, 2005). مزیت عملکرد گیاهان زراعی در کشت مخلوط اغلب زمانی رخ می‌دهد که ظرفیت هر یک از گونه‌ها در جذب آب و مواد غذایی و استفاده از منابع نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها افزایش پیدا کرده باشد (Oginda & Walker, 2005). اساس بیولوژیکی کشت مخلوط، استفاده مکمل از منابع به وسیله دو گیاه زراعی می‌باشد (Borhom, 2001). در زراعت مخلوط که دو یا چند گیاه در مجاورت یکدیگر

بیش از 35 درصد زمین‌های جهان، خشک و نیمه‌خشک است، که بارندگی در آن‌ها برای اکثر مصارف کشاورزی ناکافی بوده و یا توزیع نامناسب آن در طول سال باعث ایجاد کمبود آب در برخی از

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
(*)- نویسنده مسئول:
(Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)

Triticum) با نخود (*Cicer arietinum* L.) انجام شد گزارش شد که تیمارهای مخلوط از لحاظ عملکرد محصول مزیتی به تیمارهای کشت خالص نداشتند (Jahansooz et al., 2007). در مطالعه لامعی هروانی (Lamei Harvani, 2013) مشخص شد که کشت مخلوط 75 درصد نخود + 25 درصد جو دارای بالاترین نسبت برابری زمین (1/11)، شاخص بهره‌وری سیستم (2/92)، ضریب تراکم نسبی (1/55) و شاخص مزیت پولی (72/7) بود. در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط نخود با سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) انجام شد نسبت برابری زمین بین 1/23 تا 1/74 بوده است (Rezaei-Chiyaneh & Golinezhad, 2015). با توجه به بحران خشکسالی و کمبود آب در منطقه داراب استان فارس، هدف از انجام این مطالعه، بررسی قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی در کشت مخلوط ارقام دو ردیفه و شش ردیفه جو با نخود و باقلا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت طول جغرافیایی 28 درجه 50 دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی 54 درجه و 30 دقیقه شرقی و با ارتفاع 1180 متری از سطح دریا و میزان بارندگی 194 میلی‌متر در سال زراعی 94-1393 انجام شد. نمونه‌برداری از خاک مزرعه آزمایشی در عمق 0-30 سانتی‌متر صورت گرفت. بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی با اسیدیته 7/5، مقدار ماده آلی 0/44 درصد، مقدار نیتروژن 0/03 درصد، فسفر 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم 140 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل رژیم‌های آبیاری در دو سطح آبیاری مطلوب (I_1) و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه (ZGS 71) ارقام جو (I_2) به عنوان کرت‌های اصلی و الگوهای مختلف کاشت مانند کشت خالص جو دو ردیفه (B_2) رقم نیمروز (*Hordeum disticum*)، جو شش ردیفه (B_6) رقم زهک (*Hordeum vulgare*)، نخود رقم آزاد (P) و باقلا رقم سرازیری (F) و کشت مخلوط ردیفی شامل: جو نیمروز + نخود (B_2P)، جو زهک + نخود (B_6P)، جو نیمروز + باقلا (B_2F) و جو زهک + باقلا (B_6F) با نسبت 1 به 1 به

رشد می‌کنند ممکن است به دلایلی از قبیل متفاوت بودن مورفولوژی گیاهان و یا گریزان بودن ریشه‌های گونه‌های مختلف از یکدیگر، میزان رقابت آن‌ها برای آب کاهش یابد (Mazaheri, 1998). اگر دو گونه دارای رقابت دو طرفه بسیار ضعیفی باشند، آن‌گاه با یکدیگر همراه شده و حضور توأم خواهند داشت که در این صورت عملکرد بالاتری را تولید خواهند کرد (Javanshir et al., 2000). یکی دیگر از جنبه‌های کشت مخلوط به‌ویژه در سیستم‌های مخلوط ردیفی توجه به ویژگی‌های اکولوژیک رقابت ایجاد شده بین گیاهان کشت شده در کشت مخلوط می‌باشد (Vandermer, 1989). عوامل مؤثر در رقابت باید به گونه‌ای کنترل و مدیریت شوند که سبب تداخل بیش از حد در آشیان اکولوژیک گونه‌های مجاور نشده و مانع از ورود دو گیاه در رقابت شدید برای جذب عوامل رشدی همچون نور، آب و مواد غذایی شوند (Lithourgidis et al., 2011). از طرفی ارزیابی صحیح اثرات متقابل رقابتی بین گونه‌های گیاهی در کشت‌های مخلوط نیازمند طرح‌های مناسب مزرعه‌ای و روش‌های مطلوب تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد (Beheshti et al., 2010). از شاخص‌های معتبر جهت برآورد میزان رقابت، مزیت نسبی و مزیت اقتصادی کشت مخلوط می‌توان به شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)¹، غالبیت (A)²، نسبت رقابتی (CR)³، عملکرد از دست رفته واقعی (AYL)⁴ و سودمندی کشت مخلوط (IA)⁵ اشاره نمود (Banik et al., 2000; Agegnehu et al., 2006; Dhima et al., 2007). ریاضی می‌تواند به ساده شدن تحقیقات، تفسیر و نشان دادن نتایج حاصل از صفات رقابت در گیاهان کمک کنند. این شاخص‌ها بیان‌کننده ویژگی‌های مختلف رقابت در جامعه گیاهی می‌باشند که از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به شدت رقابت، اثرات رقابتی و نتیجه رقابت اشاره نمود (Weigelt & Jolliffe, 2003). در برخی مطالعات انجام شده بر روی سیستم‌های کشت مخلوط گزارش شده است که در سیستم‌های کشت مخلوط ارقام جو (*Hordeum* spp.) با باقلا (*Vicia faba* L.) عملکرد سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی‌ها برتری داشتند (Agegnehu et al., 2006) و در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط گندم (*aestivum* L.)

1- Land equivalent ratio

2- Aggressively

3- Competitive ratio

4- Actual yield loss

5- Intercropping advantage

روش جایگزینی و به‌صورت یک ردیف در میان به عنوان کرت‌های فرعی می‌باشند. اندازه کرت‌های اصلی 144 مترمربع و کرت‌های فرعی شش مترمربع و در هر یک از کرت‌های فرعی هشت ردیف کاشت با فاصله 30 سانتی متر ایجاد شد. فاصله رو ردیف برای نخود و باقلا 10 سانتی متر و برای ارقام جو 0/7 سانتی متر بود.

میزان آب مورد نیاز برای هر کرت بر اساس ظرفیت زراعی خاک مزرعه (14/5 درصد وزنی) و با استفاده از روش گریم و همکاران (Grimes et al., 1978) به‌دست آمد. در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت دو مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه در آمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شد و روی آن با پلاستیک پوشانده شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، در فواصل زمانی هر شش ساعت یک‌بار از عمق صفر تا یک متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. این عمل آن‌قدر ادامه داده شد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری پشت سر هم تقریباً با هم برابر شدند که این مقدار رطوبت بر اساس معادله (1) زیر برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می باشد.

معادله (1)

$$100 \times \left[\frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{وزن خاک تر}} \right]$$

= مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی

نیاز آبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (FAO, 2011). مراحل محاسبه نیاز آبی به‌طور خلاصه به شرح ذیل می باشد:

تبخیر-تعرق گیاه (ETc) در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده

از معادله (2) محاسبه شد.

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad \text{معادله (2)}$$

ET_c: تبخیر-تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، ET₀: تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_c: ضریب گیاهی است. تبخیر-تعرق گیاه مرجع ET₀ با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب به‌دست آمد.

2- میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از معادله (3)

محاسبه شد.

$$IR = ET_c (Ea \times LR) \quad \text{معادله (3)}$$

IR: میزان آب آبیاری، Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان

آبشویی.

آبیاری به روش نشتی و با فواصل 8-12 روز انجام شد. برای شرایط آبیاری مطلوب 11 دور آبیاری و میزان 84 مترمکعب به‌وسیله کنتور اندازه‌گیری و برای شرایط قطع آبیاری هشت دور آبیاری و میزان 69 مترمکعب آب در بین کرت‌های فرعی توزیع شد. بر اساس آزمایش خاک مزرعه، تنها کودی که استفاده شد کود اوره به مقدار 65 کیلوگرم در هکتار بود که به‌صورت سرک در دو مرحله کاشت و ساقه رقتن غلات، به کرت‌ها اضافه شد. تراکم کاشت برای ارقام جو 400 بوته در مترمربع و برای نخود و باقلا 40 بوته در مترمربع بود. نمونه برداری در مرحله رسیدگی گیاهان زراعی در تاریخ 15 اردیبهشت برای گیاه جو، 23 اردیبهشت برای نخود و 2 اردیبهشت 1394 برای گیاه باقلا از 1 مترمربع برای تعیین عملکرد گیاهان زراعی انجام گردید. شاخص‌های رقابتی و اقتصادی مورد استفاده در این مطالعه شامل نسبت برابری زمین (LER) (Mead & Willey, 1980)، غالبیت¹ (A) و بهره‌وری سیستم² (SPI) (Agegnehu et al., 2006)، شاخص نسبت رقابتی³ (C) (Dhima et al., 2007)، شاخص از دست دادن عملکرد واقعی⁴ (AYL) و سودمندی کشت مخلوط⁵ (IA) (Banik et al., 2000) بودند. در این مطالعه Yil: عملکرد حبوبات در کشت مخلوط، Yml: عملکرد حبوبات در تک‌کشتی، Yic: عملکرد ارقام جو در کشت مخلوط، Ymc: عملکرد ارقام جو در تک‌کشتی، Zil: نسبت کشت حبوبات در مخلوط Zic: نسبت کشت ارقام جو در مخلوط PC: ارزش تجاری گیاه جو و P₁: ارزش تجاری نخود و باقلا می‌باشد. که با استفاده از معادلات 4 تا 15 محاسبه شدند.

معادله (4)

$$LER = \left(\frac{Yil}{Yml} \right) + \left(\frac{Yic}{Ymc} \right) \quad \text{نسبت برابری زمین کل}$$

معادله (5)

$$AC = \left(\frac{Yic}{Ymc \cdot Zic} \right) - \left(\frac{Yil}{Ym \cdot Zil} \right) \quad \text{غالبیت ارقام جو}$$

معادله (6)

$$AL = \left(\frac{Yil}{Ym \cdot Zil} \right) - \left(\frac{Yic}{Ymc \cdot Zic} \right) \quad \text{غالبیت حبوبات}$$

معادله (7)

1- Aggressively

2- System productivity index

3- Competitive ratio

4- Actual yield loss

5- Intercropping advantage

$$\begin{aligned}
 \text{معادله (8)} \quad & \text{SPI} = \left(\frac{Y_{ml}}{Y_{mc}} \right) Y_{il} + Y_{ic} \quad \text{شاخص بهره‌وری سیستم} \\
 \text{معادله (9)} \quad & \text{CRc} = \left(\frac{LER_l}{LER_c} \right) \left(\frac{Z_{ic}}{Z_{il}} \right) \quad \text{نسبت رقابتی ارقام جو} \\
 \text{معادله (10)} \quad & \text{CRI} = \left(\frac{LER_c}{LER_l} \right) \left(\frac{Z_{il}}{Z_{ic}} \right) \quad \text{نسبت رقابتی حبوبات} \\
 \text{معادله (11)} \quad & \text{AYL} = \text{AYLl} + \text{AYLc} \quad \text{عملکرد از دست رفته واقعی کل} \\
 \text{معادله (12)} \quad & \text{SPL} = \left(\frac{Y_{ml}}{Y_{mc}} \right) Y_{il} + Y_{ic} \quad \text{شاخص بهره‌وری سیستم} \\
 \text{معادله (13)} \quad & \text{AYLc} = \left\{ \left[\frac{(Y_{ic}/Z_{ic})}{(Y_{mc}/Z_{mc})} \right] - 1 \right\} \quad \text{عملکرد از دست رفته واقعی ارقام جو} \\
 \text{معادله (14)} \quad & \text{IA} = \text{IAC} + \text{IAI} \quad \text{سودمندی کشت مخلوط کل} \\
 \text{معادله (15)} \quad & \text{IAC} = \text{AYLc} \cdot \text{Pc} \quad \text{سودمندی ارقام جو در کشت مخلوط} \\
 & \text{IAI} = \text{AYLl} \cdot \text{Pl} \quad \text{سودمندی حبوبات در کشت مخلوط}
 \end{aligned}$$

عملکرد از دست رفته واقعی حبوبات

$$\text{AYLl} = \left\{ \left[\frac{(Y_{il}/Z_{il})}{(Y_{ml}/Z_{ml})} \right] - 1 \right\}$$

جدول 1- زمان وقوع مراحل فنولوژیک برای ارقام جو، نخود و باقلا

Table 1- Date of phenological stages for barley cultivars, chickpea and faba bean

مراحل فنولوژی Phenological stages	تاریخ وقوع Date of occurrence					
	جو دو ردیفه (نیمروز) Two rows barley (Nimroz)			جو شش ردیفه (زهک) Six rows barley (Zehak)		
	هفته Week	روز Day	ماه Month	هفته Week	روز Day	ماه Month
آغاز جوانه‌زنی Begins germination	1	9	آذر November	1	7	آذر November
آغاز پنجه زدن Begins tillering	4	30	آذر November	4	27	آذر November
آغاز ساقه‌دهی Begins stem elongation	9	2	بهمن February	8	28	دی December
آغاز گلدهی Begins anthesis	15	11	اسفند March	14	8	اسفند March
آغاز شیری شدن دانه Begins milk development	17	26	اسفند March	17	28	اسفند March
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	21	23	فروردین March	21	26	فروردین March
نخود Chickpea			باقلا Faba bean			
آغاز جوانه‌زنی Begins germination	3	18	آذر November	2	10	آذر November
آغاز ساقه‌دهی Begins stem elongation	12	26	بهمن February	10	13	بهمن February
آغاز گلدهی Begins anthesis	19	10	فروردین March	16	20	اسفند March
آغاز تشکیل غلاف Beginning pod formation	21	24	فروردین March	17	2	فروردین March
تشکیل دانه Seed formation	22	31	فروردین March	18	8	فروردین March
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	24	15	اردیبهشت May	20	24	فروردین March

قیمت جو، نخود و باقلا با توجه به قیمت‌گذاری سازمان جهاد کشاورزی در سال 1394 به‌ترتیب 21000، 9200 و 35000 ریال برای هر کیلوگرم محاسبه شد (Ministry of Agriculture Jihad.ir, 2015). آنالیز عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به صورت جداگانه صورت گرفت. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار (MSTATC ver2.10 (1991) آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار¹ (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کشت قرار گرفتند (جدول 2). بیشترین عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به‌ترتیب با میزان‌های 4513، 2266 و 6650 کیلوگرم در هکتار در کشت خالص جو زهک، نخود و باقلا به‌دست آمد (جدول 3) که دلیل آن بالاتر بودن تراکم کشت هر یک از گیاهان در تک‌کشتی‌ها بود. قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد

دانه تمامی تیمارها شد. همان‌طور که در جدول 3 مشخص است در شرایط قطع آبیاری بین الگوهای کاشت ارقام جو، کشت مخلوط جو زهک + نخود با 13 درصد کمترین میزان کاهش عملکرد را دارا بود و کشت مخلوط جو زهک + باقلا با 27 درصد بیشترین کاهش عملکرد را داشت. در بین الگوهای کاشت حبوبات نیز تک‌کشتی نخود و باقلا به‌ترتیب با 56 و 44 درصد بیشترین کاهش عملکرد و کشت مخلوط جو زهک + نخود با 22 درصد و جو نیمروز + باقلا با 31 درصد کمترین کاهش عملکرد را داشتند. انطباق تنش خشکی با مرحله زایشی، طول مدت گلدهی و پرشدن دانه را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش تعداد دانه، متوسط وزن دانه و عملکرد دانه در واحد سطح می‌گردد (Ghasemi Golezani et al., 2010). طولانی‌تر بودن طول دوره رشد نخود (163 روز) و از طرفی تاریخ گلدهی دیرتر در این گیاه (10 فروردین) نسبت به جو نیمروز، جو زهک و باقلا باعث شد تا این گیاه از اوایل مرحله گلدهی تا انتهای رشد خود را در شرایط تنش خشکی سپری کند (جدول 1) و این موضوع باعث کاهش شدید عملکرد به خصوص در تک‌کشتی این گیاه شد.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت بر عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for barley cultivars, chickpea and faba bean yield under irrigation regimes and cropping patterns

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی ارقام جو df of barley cultivars	درجه آزادی حبوبات df of legumes	عملکرد ارقام جو Barley cultivars yield	عملکرد نخود Chickpea yield	عملکرد باقلا Faba bean yield
تکرار Replication	2	2	22650 ^{ns}	505 ^{ns}	2938 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	1	3030500 ^{**}	1843200 ^{**}	11890938 ^{**}
خطای A Error A	2	2	60042	450	1938
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	5	2	5492857 ^{**}	956872 ^{**}	16085272 ^{**}
A×B	5	2	121874 ^{**}	464316 ^{**}	2001438 ^{**}
خطای B Error B	20	8	17402	5761	34480
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)			16	16/5	15/5

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.
ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نخود و باقلا آب را از لایه‌های مختلف خاک جذب کرده و از طرفی پلکانی بودن سایه‌انداز این تیمارها باعث شده تا پوشش گیاهی در سطح زمین افزایش یافته و از تبخیر آب جلوگیری کند (Mazaheri, 1998).

این در حالی است که گیاه باقلا از مرحله دانه‌بندی در معرض تنش خشکی قرار گرفت، ولی با توجه به مقاومت پایین‌تر این گیاه نسبت به ارقام جو و نخود به شرایط کم آبی میزان کاهش عملکرد آن در تک‌کشتی و کشت مخلوط این گیاه نسبت به ارقام جو بیشتر بود. کشت‌های مخلوط به دلیل متفاوت بودن سیستم ریشه‌ای ارقام جو،

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت

Table 3- Mean comparison for barley cultivars, chickpea and faba bean yield under different irrigation regimes and cropping patterns

تیمارها Treatments	عملکرد ارقام جو Barley cultivars yield (kg.ha ⁻¹)		عملکرد نخود Chickpea yield (kg.ha ⁻¹)		عملکرد باقلا Faba bean yield (kg.ha ⁻¹)	
	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂
B ₂	4070 ^{b*}	3330 ^c				
B ₆	4513 ^a	3470 ^c				
P			2266 ^a	993 ^c		
F					6650 ^a	3700 ^b
B ₂ P	2000 ^{fg}	1640 ⁱ	1150 ^b	733 ^d		
B ₆ P	2400 ^d	1990 ^{fg}	1050 ^{bc}	820 ^d		
B ₂ F	2163 ^{ef}	1875 ^{gh}			2666 ^c	1840 ^d
BF	2350 ^{de}	1710 ^{hi}			2983 ^c	1883 ^d
LSD (5%)	224.7		142.9		349.6	

I₁: آبیاری مطلوب، I₂: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو، B₂, B₆, P, F به ترتیب تک‌کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B₂F, B₆P, B₂P, B₆F به ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

* میانگین‌ها دارای حروف مشترک برای هر جزء بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% معنی‌داری نمی‌باشند.

I₁: Full irrigation, I₂: Cutting off irrigation at milk development of barley. B₂, B₆, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B₂P, B₆P, B₂F and B₆F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

* Means by the same letters for each component are not significant by LSD (%).

شرایط آبیاری مطلوب به 1/18 در شرایط قطع آبیاری شد (جدول 5). بیشترین میزان LER ارقام جو در کشت‌های مخلوط جو نیمروز + باقلا و جو زهک + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری برابر با 0/57 و بیشترین میزان LER حبوبات و کل در کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری به ترتیب 0/83 و 1/4 بود (جدول 5). افزایش جذب عناصر غذایی و آب به وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz & Nadeau, 2014) و از طرفی افزایش LER حبوبات در شرایط قطع آبیاری باعث شد تا LER کل افزایش یابد. گزارش شده است که در شرایط تنش‌زا ممکن است شاخص نسبت برابری زمین بالاتر از یک باشد (Morris & Garrity, 1993). در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط گندم و باقلا تحت

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که LER حبوبات و کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت و LER ارقام جو تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفتند (جدول 4). قطع آبیاری به ترتیب باعث افزایش 1/9، 42 و 20/2 درصدی LER ارقام جو، حبوبات و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. با توجه به این که شاخص نسبت برابری زمین در هر یک از گیاهان از نسبت عملکرد گیاهان در تیمار کشت مخلوط به عملکرد گیاهان در تک‌کشتی محاسبه می‌شود (Goosh, 2004)، کاهش 56 و 44 درصدی عملکرد دانه تک‌کشتی نخود و باقلا در شرایط قطع آبیاری باعث شد تا LER حبوبات از 0/45 در شرایط آبیاری مطلوب به 0/64 در شرایط قطع آبیاری برسد و افزایش LER حبوبات در شرایط قطع آبیاری باعث افزایش LER کل از 0/98 در

شرایط آبیاری متفاوت انجام شد، میزان نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه در تمامی کشت‌های مخلوط و شرایط آبیاری بالاتر از یک بود (Ren et al., 2016). در آزمایشی دیگر که روی کشت مخلوط ذرت و سویا تحت سطوح مختلف تنش خشکی انجام شد، نسبت برابری زمین در تمامی کشت‌های مخلوط بالاتر از یک بود، ولی این میزان با افزایش سطوح تنش خشکی کاهش یافت (El-sherif & Ali, 2016).

نتایج تجزیه واریانس شاخص غالبیت نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص غالبیت ارقام جو و حبوبات داشت (جدول 4). جو نیمروز در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب با شاخص غالبیت $6/48+$ بیشترین میزان غالبیت و جو زهک در جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری با شاخص غالبیت $12/64-$ بیشترین میزان مغلوبیت را در بین تیمارهای کشت مخلوط ارقام جو داشتند. گیاه نخود در تیمار جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری با شاخص غالبیت $12/64+$ بیشترین میزان غالبیت و گیاه باقلا در تیمار جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب با شاخص غالبیت $6/48-$ مغلوب‌ترین جزء حبوبات بودند (جدول 5). با توجه به اندازه‌گیری شاخص غالبیت در این آزمایش گیاه نخود جزء غالب، گیاه باقلا جزء مغلوب و ارقام جو زمانی که با باقلا کشت شده‌اند جزء غالب و زمانی که با نخود کشت شده‌اند جزء مغلوب می‌باشند. در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط نخود و گندم تحت مقادیر مختلف نیتروژن انجام شد در تمامی تیمارها گندم جزء غالب و نخود جزء مغلوب بود (Mashhadi et al., 2015). نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت رقابتی نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص نسبت رقابتی ارقام جو و حبوبات داشت (جدول 6). شاخص CR همانند شاخص A نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ارقام جو به جز تیمار جو نیمروز + نخود که دارای شاخص CR به میزان $0/99$ بوده است سایر تیمارها CR بالاتر از یک داشتند که نشان می‌دهد این گیاهان جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند (جدول 5). با توجه به این که سرعت رشد محصول (CGR) و جذب منابع در مرحله گلدهی گیاهان زراعی در حداکثر خود قرار دارد (Jafari et al., 2013)، می‌توان نتیجه گرفت نزدیک بودن تاریخ گلدهی بین ارقام جو با باقلا (جدول 1) باعث افزایش رقابت بین دو گونه در جذب منابع شد. این در حالی است که تاریخ گلدهی دیرتر در

گیاه نخود باعث شد تا مرحله گلدهی این گیاه که مصادف با حداکثر جذب منابع می‌باشد، با مرحله پر شدن دانه‌های جو که جذب منابع در حال کاهش یافتن است (جدول 1) مصادف شود و رقابت بین این دو جزء کاهش یابد. با توجه به این که در شرایط آبیاری مطلوب آب کافی برای هر دو جزء وجود دارد و از طرفی توانایی جذب نیتروژن تثبیت شده در حبوبات از طریق ریشه می‌باشد (Parsa & Bagheri, 2008) می‌توان نتیجه گرفت که رقابت اصلی بین ارقام جو با نخود و باقلا بر سر جذب نور می‌باشد. ارقام جو با سرعت رشد اولیه بالاتر نسبت به نخود و باقلا همواره در طول فصل رشد بر روی نخود و باقلا سایه‌اندازی داشته و یک برتری در جذب نور نسبت به این گیاهان داشتند (Hamzei & Seyedi, 2013) و این موضوع عامل اصلی در غالبیت ارقام جو در شرایط آبیاری مطلوب بود. این در حالیکه پس از اعمال قطع آبیاری گیاه نخود و باقلا به ارتفاع نهایی خود رسیده بودند و رقابت برای جذب نور کاهش یافته و رقابت شدیدی بر سر جذب آب بین دو جزء در کشت مخلوط به‌وجود آمده است. با توجه به این که گیاه نخود و جو به عنوان گیاهان مقاوم به خشکی محسوب می‌شوند در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به باقلا که مقاومت کمتری به خشکی دارند برتری داشته‌اند (Emam, 2007; Parsa & Bagheri, 2008). در تیمارهای جو نیمروز + نخود و جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری گیاه نخود به‌وسیله سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر نسبت به جو توانسته است آب را از لایه‌های زیرین که از دسترس جو خارج شده است استفاده کرده و نسبت به ارقام جو برتری پیدا کرده و جزء غالب در این تیمارها بود. دیما و همکاران (Dhima et al., 2007) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با غلات انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که زمانی که ماشک با جو و یولاف (*Avena sativa* L.) به صورت مخلوط کشت می‌شوند CR غلات بالاتر از یک بوده و غلات جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند و زمانی که ماشک با تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack) و گندم به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند گیاه ماشک جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بود. نتایج تجزیه واریانس شاخص SPI نشان داد که الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول 4). بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای جو نیمروز + نخود و جو زهک + نخود به ترتیب به‌میزان‌های 6867 و 6851 به‌دست آمد (شکل 1). به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت نظام‌های کشت مخلوط جو با نخود از

که میزان AYL ارقام جو به غیر از تیمارهای جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و جو نیمروز + نخود در شرایط قطع آبیاری، در تمامی تیمارها مثبت بوده‌اند که بیانگر افزایش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمارهای تک‌کشتی ارقام جو بود. همچنین نتایج نشان داد که AYL حبوبات در شرایط آبیاری مطلوب تنها در تیمار جو نیمروز + نخود مثبت بوده است و در شرایط قطع آبیاری به غیر از تیمار جو نیمروز + باقلا تمامی تیمارها شاخص AYL مثبت داشته‌اند (جدول 7).

می‌توان نتیجه گرفت که حبوبات در شرایط قطع آبیاری موفق‌تر از شرایط آبیاری مطلوب بوده‌اند که علت آن را می‌توان به کاهش شدید عملکرد تک‌کشتی نخود و باقلا در شرایط قطع آبیاری نسبت داد که در این شرایط تیمارهای کشت مخلوط توانسته‌اند به‌صورت مکملی از منابع موجود به خصوص آب استفاده کرده و از کاهش عملکرد شدید جلوگیری کنند (Ghosh, 2004).

شاخص بهره‌وری سیستم بالاتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط جو با باقلا برخوردار بوده است. بالا بودن شاخص نسبت برابری زمین در تیمارهای جو نیمروز + نخود و جو زهک + نخود عامل اصلی در بالا بودن شاخص SPI در این تیمارها بود. لیتهورگیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار (*Secale cereale* L.) و تریتیکاله انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که بیشترین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط 80 درصد نخود + 20 درصد تریتیکاله و 80 درصد نخود + 20 درصد گندم به‌دست آمد، که دلیل بالاتر بودن شاخص بهره‌وری سیستم را در این تیمارها بالاتر بودن میزان LER و ضریب تراکم نسبی در این تیمارها بیان کردند.

نتایج تجزیه واریانس شاخص عملکرد از دست رفته واقعی نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر AYL ارقام جو، حبوبات و کل داشتند (جدول 6). نتایج نشان داد

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت بر نسبت برابری زمین، غالبیت و شاخص بهره‌وری سیستم کشت مخلوط ارقام جو با نخود و باقلا

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio, aggressivity and system productivity index under irrigation regimes and cropping patterns of barley with chickpea and faba bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressively		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	
تکرار Replication	2	0.001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.4 ^{ns}	3113232 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	0.003 ^{ns}	0.21 ^{**}	0.23 ^{**}	0.34 ^{**}	344 ^{**}	2098050 ^{ns}
خطای A Error A	2	0.0001	0.001	0.001	0.14	0.7	2783778
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.006 ^{**}	0.06 ^{**}	0.07 ^{**}	140 ^{**}	420 ^{**}	24809816 ^{**}
A×B	3	0.001 ^{ns}	0.03 ^{**}	0.03 ^{**}	54 ^{**}	162 ^{**}	1749254 ^{ns}
خطای B Error B	12	0.001	0.001	0.002	0.21	5.6	3282853
ضرب تغییرات (درصد) C.V (%)		6.46	5.78	3.84	3.17	3.2	5.5

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.
ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول 5- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین، غالبیت و نسبت رقابتی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت

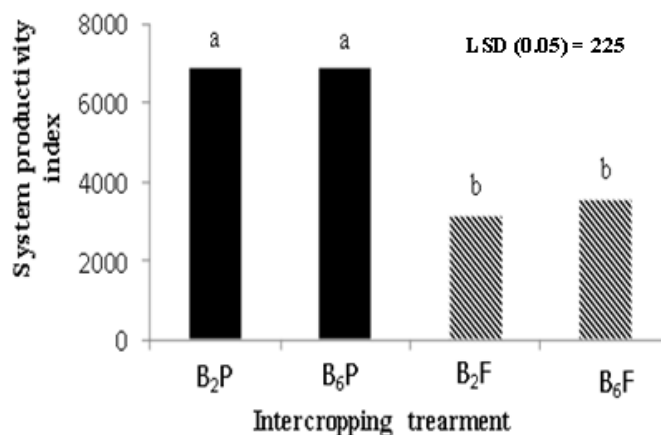
Table 5- The mean comparison for land equivalent ratio, aggressively and competitive ratio yield under different irrigation regimes and cropping patterns

رژیم آبیاری Irrigation regimes	الگوی کاشت Cropping patterns	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressively		نسبت رقابتی Competitive ratio	
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes
I ₁	B ₂ P	0.49	0.51	1	-0.68	+0.68	0.99	1.02
	B ₆ P	0.57	0.46	1.03	+3.41	-3.41	1.22	0.83
	B ₂ F	0.57	0.40	0.97	+6.48	-6.48	1.34	0.76
	B ₆ F	0.55	0.45	0.97	+3.72	-3.72	1.16	0.87
I ₂	B ₂ P	0.49	0.74	1.23	-8.56	+8.56	0.67	1.42
	B ₆ P	0.57	0.83	1.4	-12.64	+12.64	0.7	1.44
	B ₂ F	0.56	0.5	1.06	+3.29	-3.29	1.13	0.88
	B ₆ F	0.52	0.51	1.03	+0.48	-0.48	1.03	0.98
LSD (5%)		ns	0.06	0.08	0.81	1.21	0.20	0.21

I₁: آبیاری مطلوب، I₂: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو، B₂, B₆, P, F به ترتیب تک کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B₂P, B₆P, B₂F, B₆F به ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% معنی‌داری نمی‌باشند.

I₁: Full irrigation, I₂: Cutting off irrigation at milk development of barley. B₂, B₆, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B₂P, B₆P, B₂F and B₆F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.



شکل 1- مقایسه میانگین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط ارقام جو با نخود و باقلا

B₂P, B₆P, B₂F, B₆F به ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

Fig. 1- The mean comparison for system productivity index on barley cultivar with chickpea and faba bean intercropping
B₂P, B₆P, B₂F and B₆F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

درحالیست که در شرایط قطع آبیاری تمامی تیمارهای کشت مخلوط شاخص AYL مثبت داشته‌اند (جدول 7). به طور کلی، در تیمارهای

نتایج شاخص AYL کل نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب تنها تیمارهای B₂P و B₆F شاخص AYL مثبت داشته‌اند این

AYL مثبت بوده‌اند (جدول 7) که نشان می‌دهد هر دو گیاه در رقابت با یکدیگر سود برده و این رقابت باعث افزایش عملکرد هر دو جزء شده است. (Ahmadi et al., 2010) در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و غلات متفاوت انجام شد، غلات با داشتن شاخص AYL مثبت جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند (Ghosh, 2004).

جو نیمروز + نخود، جوزهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و جو نیمروز + نخود در شرایط قطع آبیاری ارقام جو با داشتن AYL مثبت نسبت به حبوبات که دارای AYL منفی بودند گیاه غالب بوده‌اند و در تیمار جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری حبوبات با داشتن AYL مثبت گیاهان غالب بوده‌اند و در کشت‌های مخلوط جو زهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط قطع آبیاری جزء جو به همراه جزء حبوبات هر دو دارای

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کشت بر عملکرد از دست رفته واقعی، نسبت رقابتی و سودمندی کشت مخلوط

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for actual yield loss, competitive ratio and intercropping advantage under irrigation regimes and cropping patterns

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss			نسبت رقابتی Competitive ratio		سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage		
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total
تکرار Replication	2	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.019 ^{ns}	117 ^{ns}	7536 ^{ns}	8465 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	0.007 ^{**}	0.93 ^{**}	0.78 ^{**}	0.53 ^{**}	0.6 ^{**}	5709 ^{**}	6316056 ^{**}	5902181 ^{**}
خطای A Error A	2	0.0002	0.0001	5×10 ⁻⁶	0.005	0.002	23.75	1768	14.52
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.05 ^{**}	0.25 ^{**}	0.14 ^{**}	0.19 ^{**}	0.24 ^{**}	42391 ^{**}	1707182 ^{**}	1341620 ^{**}
A×B	3	0.01 ^{**}	0.11 ^{**}	0.18 ^{**}	0.042 ^{**}	0.086 ^{**}	8252 ^{**}	291442 ^{**}	394115 ^{**}
خطای B Error B	12	0.001	0.001	0.001	0.013	0.014	220	1533	2243
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		31.40	23	17.50	10.92	11.39	15.33	21.10	16.31

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.
ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری سودمندی منفی داشتند که در هر دو شرایط آبیاری گیاه نخود نسبت به جو نیمروز برتری داشت، در شرایط آبیاری مطلوب ارقام جو در سایر تیمارها دارای IA مثبت و حبوبات دارای IA منفی بودند که نشان می‌دهد در این شرایط ارقام جو نسبت به حبوبات برتری داشتند. در شرایط قطع آبیاری حبوبات تنها در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط قطع آبیاری IA منفی و در سایر تیمارها IA مثبت داشتند که نشان می‌دهد در شرایط

نتایج تجزیه واریانس شاخص سودمندی کشت مخلوط نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص IA ارقام جو و حبوبات و مجموع داشتند (جدول 6). بیشترین میزان IA ارقام جو، حبوبات و کل به ترتیب در تیمارهای جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و جو زهک + نخود و جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری به میزان‌های 210، 1373، و 1508 + به دست آمد (جدول 7). ارقام جو تنها در تیمارهای جو نیمروز + نخود

داشته‌اند. در کشت‌های مخلوط جو زهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط قطع آبیاری هر دو جزء با داشتن سودمندی مثبت توانسته‌اند از منابع به‌صورت مکمل استفاده کرده و عملکرد خود را افزایش دهند. رضائی چپانه و گلی‌نژاد (Rezaei-Chiyaneh and Golinezhad, 2015) در کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) گزارش کردند که مثبت بودن سودمندی کشت مخلوط در تیمارهای کشت مخلوط به دلیل استفاده بهتر از منابع موجود مانند آب، نور و عناصر غذایی می‌باشد.

کمبود آب حیوانات نسبت به ارقام جو برتری داشتند. به طور کلی، در تیمارهای جو نیمروز + باقلا، جو زهک + باقلا و جو زهک + نخود افزایش سودمندی ارقام جو نتوانسته است سودمندی منفی حیوانات را جبران کرده و سودمندی کل در این تیمارها منفی بود. در کشت مخلوط جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری افزایش سودمندی نخود و در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب افزایش سودمندی جو نتوانسته‌اند کاهش سودمندی جزء مقابل را جبران کرده و در مجموع سودمندی مثبت

جدول 7- مقایسه میانگین عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت
Table 7- The mean comparisons fo actual yield loss and intercropping advantage indices under different irrigation regimes and cropping patterns

رژیم آبیاری Irrigation regimes	الگوی کشت Cropping patterns	عملکرد از دست‌رفته واقعی Actual yield loss			سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage		
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total
I ₁	B ₂ P	- 0.019	+ 0.079	+ 0.061	- 17	+ 166	+ 149
	B ₆ P	+ 0.065	- 0.118	- 0.053	+ 59.49	- 247	- 187
	B ₂ F	+ 0.228	- 0.253	- 0.025	+ 210	- 886	- 676
	B ₆ F	+ 0.106	- 0.089	+ 0.017	+ 97.37	- 312	- 214
I ₂	B ₂ P	- 0.65	+ 0.447	+ 0.411	- 59.96	+ 1213	+ 1153
	B ₆ P	+ 0.148	+ 0.654	+ 0.802	+ 135	+ 1373	+ 1508
	B ₂ F	+ 0.126	- 0.008	+ 0.119	+ 116	- 28	+ 88
	B ₆ F	+ 0.038	+ 0.076	+ 0.114	+ 34.83	+ 265	+ 287
LSD (5%)		0.600	0.057	0.054	26.42	69.67	84.25

I₁: آبیاری مطلوب، I₂: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو، B₂, B₆, P, F: به ترتیب تک‌کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B₂P, B₆P, B₂F, B₆F: به ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری نمی‌باشند.

I₁: Full irrigation, I₂: Cutting off irrigation at milk development of barley. B₂, B₆, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B₂P, B₆P, B₂F and B₆F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری شاخص‌های رقابتی و اقتصادی نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای تک‌کشتی برتری داشتند. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری مطلوب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود با توجه به شاخص‌های غالبیت و نسبت رقابتی دارای ضعیف‌ترین رقابت بین گونه‌ای بود و این موضوع باعث شد تا بیشترین شاخص عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط در این تیمار به‌دست آمد. از طرفی بیشترین میزان شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جو زهک + نخود به‌دست آمد. در شرایط قطع آبیاری بیشترین رقابت بین دو جزء در تیمار کشت مخلوط جو زهک + نخود به‌دست آمد، ولی این رقابت باعث بهبود سودمندی این تیمار شده است به نحوی که هر دو جزء دارای شاخص نسبت برابری زمین بالاتر از 0/5 و شاخص‌های عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط مثبت بودند و بیشترین میزان شاخص نسبت برابری زمین، شاخص بهره‌وری سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط مجموع نیز در این تیمار به‌دست آمد. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط قطع آبیاری استفاده از نظام‌های کشت مخلوط جو شش ردیفه زهک همراه با نخود راهکاری مناسب و با ثبات‌تر در راستای تولید حبوبات و جو نسبت به نظام‌های تک‌کشتی می‌باشد.

منابع

- Agegehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *Agronomy Journal* 25: 202-207.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmai, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Sustainable Agriculture and Production Science* 20(2): 76-87. (In Persian with English Summary)
- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Baghchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassic campestris* var *Toria*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series system. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185: 9-14.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghase, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. *Agronomy Journal* 24: 324-332.
- Beheshti, A.R., Soltanian, B., and Sadrabadi, R. 2010. Investigation of density and different sowing rates on grain and biological yield in intercropping of grain sorghum and bean. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 1-11. (In Persian with English Summary)
- Borhom, T.I.H. 2001. Studies on water requirements for some crops under different cropping system. MSc Thesis. Faculty Agriculture of Cairo University, Egypt.
- Dhima, K.V., Lithorgidis, A., Svasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrop in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- El-Sherif, A., and Ali, M.M. 2015. Effect of deficit irrigation and soybean/maize intercropping on yield and water use efficiency. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 44: 777-794.
- Emam, Y. 2007. Cereal Production. 3rd Edition. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 190 pp. (In Persian)
- Food and Agriculture Organization, FAO. 2011. Crop production statistics, <http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm>.
- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut- cereal fodder intercropping system in the semi- arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227-237.
- Ghasemi Golezani, K., Zaferani Moatar, P., Reay, Y., and Mohamadi, A. 2010. Response of pinto bean cultivars to water deficit at reproductive stage. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8: 801-804.
- Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. *Agriculture and Water Management* 12: 293-304.
- Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping systems using advantageous indices of interference conditions. *Journal of Agriculture Science* 6(9): 1-12. (In Persian with English Summary)
- Jafari, H., Ebrahimpoor, F., and Niroomand, A. 2013. Crop Physiology. Payame Noor University Press. Tehran, Iran 180 pp. (In Persian)
- Jahansooz, M.R., Yunusa, I.M., Coventry, D.R., Palmer, A.R., and Eamus, D. 2007. Radiation and water-use associated with growth and yield of wheat and chickpea in sole and mixed crops. *European Journal of Agronomy* 26: 275-282.
- Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Ecology of Intercropping. Publications Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran 217 pp. (In Persian)
- Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province. *Iranian Journal of Seed and Plant Production* 29(2): 169-183. (In Persian with English Summary)
- Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy* 34: 287-294.
- Mashhadi, T., Nakhzari, 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)
- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. University of Tehran Press, Tehran, Iran (Second Edition) 262 pp. (In Persian)
- Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping.

Experimental Agriculture 16: 217-228.

Ministry of Agriculture Jihad.Ir. 2015. Available at: web site www.maj.ir. (Verified 6 December 2016)

Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource captur and utilization in intercropping: water. Field Crops Research 34: 303- 317.

Ogindo, H.O., and Walker, S. 2005. Comparson of measured changes in seasonal soil water content by rained maize- bean intercrop and component cropping in semi arid region in South Africa. Physics and Chemistry of the Earth 30: 799- 808.

Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 522 pp. (In Persian)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7: 381-396. (In Persian with English Summary)

Stolz, E., and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N inorganically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 169: 21-29.

Vandermer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Combrige University Press, UK 67 pp.

Weber, E., and Bleiholder H. 1990. Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas-with illustrations. Gesunde Pflanzen 42: 308-321.

Weigelt, A., and Jolliffe, P. 2003. Indices of plant competition. Journal of Ecology 91: 707-720.

Wood, A.J. 2005. Eco-physiological adaptations to limited water environment. In: M.A. Janks, and P.M. Hasegave (Eds). Plant Abiotic strees. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK p. 1-13.



Effect of Cutting off Irrigation on Yield and Competition and Economic Indices of Intercropping Barley (*Hordeum* spp.) with Legumes

H. Niksirat¹, E. Bijanzadeh^{2*}, R. Naderi²

Submitted: 23-05-2016

Accepted: 21-02-2017

Niksirat, H., Bijanzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley with legumes. Journal of Agroecology. 10(2): 444-458.

Introduction

Intercropping is an old and widespread practice used in low input cropping systems in many areas of the world. Intercropping systems, especially those employing cereals with legumes, have several major advantages such as higher total yield and better land use efficiency, yield stability of the cropping system, better utilization of light, water, and nutrients. The reasons for the higher yield in such systems is that the intercropped species do not compete exactly for the same growth resource niche and thereby tend to use the available resources in a complementary way. Several indices such as land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A), actual yield loss (AYL), and intercropping advantage (IA) have been developed to describe the competition and the economic advantage in intercropping. With respect to drought stress in late season of Southern Iran and the importance of intercropping to reach stability and sustainability in production, the aim of this study was to assess the changes in yield and competition and economic indices of intercropping barley with legumes under late season drought stress.

Materials and Methods

A field experiment was conducted to evaluate the competitive and economic indices of intercropping barley cultivars with pea and fababean under different irrigation regimes at College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2014 growing season. Treatments were included two levels of irrigation regimes (full irrigation and cutting off irrigation at milk development of barley) and 8 cropping treatments consisted of monoculture of Nimroz tow-rowed barley, Zehak six-rowed barley, pea and fababean and intercropping of Nimroz+pea, Nimroz+fababean, Zehak+pea and Zehak+fababean with a ratio of 1:1 which laid out as split plot arrangement in randomized complete block design with three replicates. Competitive and economic indices were including land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A), actual yield loss (AYL), intercropping advantage (IA), and system productivity index (SPI). Analysis of the variance was performed using MSTATC ver 2.10 software (1991) and the mean comparisons were performed by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that irrigation regimes and cropping treatments had significant effect on barley and legume yields, LER_{total} , A_{total} , SPI, CR, AYL_{total} , and IA_{total} . Cutting off irrigation, decreased 20, 43 and 40% barley cultivars, pea and fababean yield, respectively and increased 1.9, 42 and 20% LER of cereals, legumes and total, respectively. Also, under cutting of irrigation, intercropping of Zehak+pea had the lowest yield loss (13%) while Zehak+fababean had the highest yield loss (27%) among the intercropping treatments. A and CR indices showed that in full irrigation conditions, barley cultivars were dominant species and at drought stress condition competitive power of legumes increased. In full irrigation, actual yield loss indices of barley cultivars, legumes and total was positive, negative and zero, respectively and intercropping advantage indices of barley cultivar was positive and in legumes and total was negative. Likewise, AYL and IA indices, in cereals, legumes and total were positive. The maximum grain yield in barley cultivars, pea and fababean was obtained at sole cropping treatments, while LER of all intercropping treatments was higher than 1. SPI for all of the intercropping treatments was positive.

1 and 2- MSc student and Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.55828

Conclusion

Evaluating competitive and economic indices showed that intercropping systems of six-rowed Zehak barley cultivar with pea was advantageous than sole cropping system under drought stress condition because of betterland use efficiency and better economics than the other mixtures examined. This mixture could be economically and environmentally promising in the development of sustainable crop production and thus can be adopted by farmers for maximization of economic yields especially under drought stress condition.

Keywords: Actual yield loss, Intercropping advantage, Land equivalent ratio, Six-rowed barley



پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کاشت نخود (*Cicer arietinum* L.) با روش AHP در محیط GIS

مورد مطالعه: استان اردبیل

بهروز سبحانی^{1*} و الهام شکرزاده²

تاریخ دریافت: 1395/06/08

تاریخ پذیرش: 1396/02/16

سبحانی، ب. و شکرزاده، ا. 1397. پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کاشت نخود (*Cicer arietinum* L.) با روش AHP در محیط GIS. مورد مطالعه: استان اردبیل. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 459-472.

چکیده

یکی از روش‌های برنامه‌ریزی کشاورزی تعیین و شناسایی نواحی مناسب برای کاشت گیاهان زراعی و باغی بر اساس شرایط آب و هوایی و فیزیوگرافی است. این امر، کشاورزان را قادر می‌سازد که خسارت ناشی از شرایط نامناسب اقلیمی بر محصول را در طول دوره رشد به حداقل برسانند. نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از محصولات زراعی در استان اردبیل است که حدود 5272 هکتار از اراضی استان زیر کشت این گیاه زراعی است. هدف از این تحقیق، شناسایی نواحی مناسب استان اردبیل برای کشت نخود در محیط GIS است. برای این منظور، ابتدا نیازهای مطلوب اقلیمی در طول دوره رشد نخود تعیین گردید، سپس داده‌های مورد مطالعه از قبیل، بارندگی، دما، ارتفاع، شیب، خاک و کاربری اراضی جمع‌آوری شدند. هر کدام از داده‌ها با استفاده از روش AHP تحلیل شدند و ضریب وزنی معیارهای اصلی، فرعی و زیر گزینه‌ها مشخص شدند. در نتیجه ضریب وزنی معیارهای اصلی از قبیل اقلیم با 0/603، توپوگرافی 0/245، خاک 0/114 و کاربری اراضی 0/038 تعیین گردید. در مرحله بعد، نقشه‌های موضوعی مورد نیاز برای هریک از داده‌ها مورد مطالعه در محیط GIS تهیه و برای هریک از پلیگون‌های نقشه، ضریب وزنی لحاظ شد و هریک از نقشه‌ها بر اساس روش AHP در محیط GIS طبقه‌بندی شدند. در نهایت با تلفیق نقشه‌ها، نقشه نهایی پهنه‌بندی کشت نخود در استان اردبیل در چهار کلاس تهیه گردید که حدود 18 درصد از مساحت استان خیلی مناسب، 45 درصد مناسب، 25 درصد متوسط و 12 درصد نامناسب برای کشت نخود است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، داده‌های جوی، عوامل فیزیوگرافی، تناسب اراضی

مقدمه

اراضی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر از منابع اراضی مورد استفاده قرار گیرد (Sarmadian & Taati., 2015). پهنه‌بندی آگروکلیماتیک، یک منطقه را بر اساس توانایی‌های آن از لحاظ استعداد اراضی، تولید و قابلیت اراضی تقسیم‌بندی می‌نماید و سامانه اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای مؤثر در پهنه‌بندی آگروکلیماتیک می‌باشد. (Kanouni et al., 2009).

در سال زراعی 93-1392 مجموع سطح زیر کشت، تولید و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در ایران به ترتیب 528 هزار هکتار، 269 هزار تن و 493 کیلوگرم در هکتار است (Ministry of Jihad & Agriculture, 2014). تولید جهانی نخود در سال 2013 بالغ بر 13/1 میلیون تن بوده که سطحی معادل 13/54 میلیون هکتار با متوسط عملکرد 955 کیلوگرم در هکتار به دست آمده است (FAO).

شناخت مشخصه‌های اقلیمی و تأثیر آن روی گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در افزایش عملکرد و بالا بردن تولید است. با شناخت دقیق تأثیر هریک از عناصر اقلیمی روی محصولات کشاورزی می‌توان عملیات کشاورزی را طوری تنظیم کرد تا بهترین شرایط برای رشد و نمو گیاه در منطقه فراهم شود. پهنه‌بندی آگروکلیماتیک یکی از انواع ارزیابی است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است و می‌تواند به عنوان الگویی برای ارزیابی

1. به ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*) نویسنده مسئول: (Email: sobhani@uma.ac.ir)

کشت بهاره با توجه به افزایش درجه حرارت موفقیت‌آمیز است (Zafarani et al., 2015). نخود محصولی است که به اقلیم خنک نیازمند است و میانگین درجه حرارت روزانه بهینه برای این محصول 17 درجه سانتی‌گراد با حداقل 10 و حداکثر 23 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جوانه زدن محصول تحت تأثیر حرارت خاک است. در مناطق استوایی، کشت نخود تا ارتفاع 1500 متر قابل رویش است (Naderi et al., 2013). بنابراین، پهنه‌بندی آگروکلیماتیک، اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان بازدهی کشت محصولات مختلف و مناسب‌ترین مکان برای تولید هر محصول، جهت مدیریت متمرکز منابع و برنامه‌ریزی الگوی کشت مناسب منطقه، در اختیار قرار می‌دهد. مساعد بودن آب‌وهوای استان اردبیل برای کشت بهاره نخود موجب توسعه کشت این محصول در استان شده است. این تحقیق باهدف پهنه‌بندی آگروکلیماتیک استان اردبیل برای کشت محصول نخود، شناسایی توانمندی‌ها، استعدادها و محدودیت‌های اراضی به‌منظور برنامه‌ریزی کشاورزی، با بررسی متغیرهای اقلیمی و محیطی با روش AHP در محیط GIS انجام شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

استان اردبیل در شمال غرب ایران بین مختصات جغرافیایی 37 درجه و 4 دقیقه تا 39 درجه و 42 دقیقه عرض شمالی و 47 درجه 3 دقیقه تا 48 درجه 55 دقیقه طول شرقی واقع است. مساحت آن 17953 کیلومترمربع، حدود 1/09 درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد (شکل 1). این استان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی است که در مجموع اراضی کشاورزی آن در حدود 718614 هکتار (40 درصد کل مساحت استان) است. از این مقدار نیز 234336 هکتار آبی، 451155 هکتار دیم و 33123 هکتار را باغات میوه تشکیل می‌دهد. (Ministry Jihad & Agricultural, 2014)

داده‌های اقلیمی: داده‌های اقلیمی مورد مطالعه در این تحقیق،

طی دوره آماری 25 ساله (سال‌های 1988 تا 2013 میلادی) تهیه شد و بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی طول دوره رشد گیاه نخود این داده‌ها ارزیابی شدند و برای هریک از ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌صورت نقطه‌ای وزن‌دهی به عمل آمد و در نهایت نقشه رقومی برای هریک از داده‌های اقلیمی بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی نخود تهیه شد. با

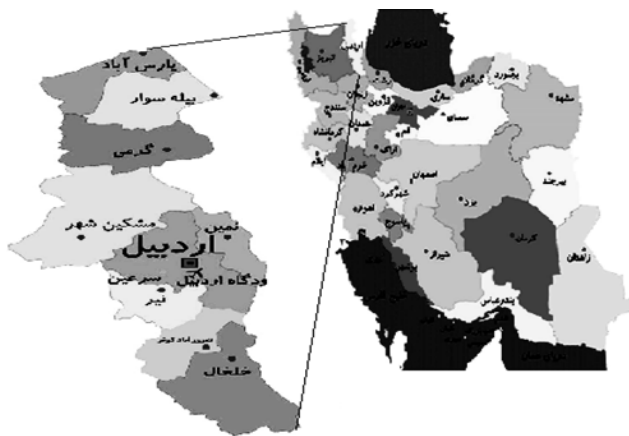
(2013) و ایران پس از کشورهای هند، پاکستان، ترکیه و استرالیا پنجمین کشور تولیدکننده نخود در دنیا است (Kanouni, 2016). این محصول در دنیا پس از لوبیا رتبه سوم و در جنوب آسیا رتبه اول را در بین حبوبات دارد (Pirzadeh Mogadam et al., 2014).

شناخت متغیرهای آب و هوایی و اثر آن‌ها روی گیاه زراعی نخود، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و بالا بردن تولید هست. با در نظر گرفتن شرایط لازم و بهره‌گیری از فناوری مناسب برای تحلیل داده‌ها از جمله GIS می‌توان نتیجه مطلوب و متناسب با محیط دست‌یافت (Nasrollahi et al., 2015). در استان کرمانشاه با استفاده از داده‌های اقلیمی و عوامل محیطی، مکان‌یابی کشت نخود توسط ذوالفقاری و همکاران (Zolfghahari et al., 2015) انجام و نتایج نشان داد که بارش بیشترین تأثیر را در طول دوره رشد نخود دارد. نتایج ارزیابی تناسب اراضی شهرستان آق قلا جهت کشت نخود با استفاده از منطق بولین و فرایند سلسله مراتبی (AHP) توسط کاظمی و صادقی (Kazemi & Sadegi, 2014) نشان داد که حدود 27 درصد زمین‌های کشاورزی شهرستان آق قلا برای کشت نخود مناسب می‌باشد.

مطالعات متعددی در مورد نقش هریک از عناصر اقلیمی در طول دوره رشد محصول نخود انجام شده است که به چند مورد اشاره می‌شود. نخود گیاهی است در نواحی سردسیر در فصل بهار و در نواحی گرمسیر در فصل پاییز کشت می‌شود (Soltani & Sinclair, 2012). کشت نخود بهاره از رطوبت ذخیره‌شده در خاک که از فصل زمستان مانده است در مرحله جوانه‌زنی استفاده می‌کند (Malhotra & Singh, 1991). این محصول، سرشار از پروتئین و نشاسته بوده و در جیره غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است (Sadeghipour & Aghai, 2012). نخود به‌دلیل قرار گرفتن در تناوب با گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)، نقش بسیار مهم در حفظ و بقای کشاورزی دارد و عامل افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی به شمار می‌رود (Naseri et al., 2015; Jalilian et al., 2005).

به‌رغم تولید و اصلاح ارقام پر محصول، آب‌وهوا از مهم‌ترین عوامل مؤثر در طول دوره رشد این گیاه می‌باشد (Kanouni et al., 2011). در مناطق مدیترانه‌ای، کشت زمستانه نخود نسبت به کشت بهاره آن، 60 تا 70 درصد عملکرد بیشتری دارد (Singh, 1991). در شرایط آب و هوایی منطقه سراوان، کاشت پاییزه نخود نسبت به

تلفیق کلیه نقشه‌های اقلیمی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی کشت نخود استان اردبیل تهیه گردید.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل
Fig. 1- Geographical location of Ardabil Province

نیازهای مطلوب اقلیمی جهت کشت نخود

برای پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت نخود، جهت انطباق نیازهای محیطی گیاه زراعی با خصوصیات اراضی، ابتدا نیازهای اقلیمی با استفاده از منابع موجود تعیین و رتبه‌بندی گردید که در جدول 1 نشان داده شد. سپس بر اساس متغیرهای این جدول لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز در محیط GIS تهیه گردید و رتبه‌بندی هر لایه بر اساس جدول نیاز اقلیمی نخود، در چهار طبقه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و ضعیف صورت گرفت.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی²

با توجه به این که عوامل محیطی جهت تعیین پهنه‌بندی اراضی فراوان بوده و دارای اهمیت یکسانی نیز نمی‌باشد، لذا برای ارزیابی دقیق تر و تصمیم‌گیری لازم بود تا اهمیت نسبی هر عامل مشخص شود. در این تطبیق جهت اهمیت و ارزش متغیرها از فرایند سلسله مراتبی استفاده شد.

به منظور وزن‌دهی به معیارها با روش AHP، ابتدا مسئله تصمیم‌گیری که همان یافتن نواحی مستعد کشت گیاه نخود می‌باشد، به صورت درخت سلسله مراتبی که شامل عناصر تصمیم‌گیری است،

عوامل فیزیوگرافی: نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح

دریا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DTM¹) استان اردبیل در مقیاس 1:50000 در محیط GIS تهیه و بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی کشت نخود، وزن‌دهی اعمال و نقشه طبقه‌بندی برای کشت نخود تهیه شد. با تلفیق نقشه‌های فوق‌الذکر نقشه عوامل فیزیوگرافی کشت نخود استان اردبیل تهیه گردید.

داده‌های خاک: به منظور تهیه نقشه رقومی خاک از مرکز

تحقیقات و آب خاک کشور و از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان اردبیل اطلاعات عمق خاک تهیه شد. پس از جمع‌آوری این اطلاعات از روش درون یابی نقشه عمق خاک استان تهیه شد. با توجه به اینکه در کشور ایران و همچنین در منطقه بیش از 98/28 درصد سطح کشت نخود به صورت دیم کاشته می‌شود (Ministry (Jahad & Agricultural, 2014). لذا در این تحقیق به نقش عمق خاک اهمیت بیشتری داده شده است.

نقشه کاربری اراضی: این نقشه از اداره کل منابع طبیعی

استان اردبیل به مقیاس 1/50000 تهیه شد. با کمک این نقشه، نواحی زراعی به‌ویژه کشت‌های دیم و آبی استان استخراج شد.

1- Analytic hierarchy process (AHP)

1- Digital terrain model

Expert Choice انجام شد. مقایسه‌های زوجی این تحقیق در قالب ماتریس‌های مقایسه زوجی و بر اساس طیف نه قسمتی (1 ترجیح یکسان و نه معادل ترجیح کامل) صورت گرفت (جدول 2).

تجزیه شد. در سطح اول هدف اصلی، در سطح دوم معیارهای اصلی تأثیرگذار در کشت محصول (عناصر اقلیمی، عوامل فیزیوگرافی، خاک و کاربری اراضی) و در سطح سوم زیرشاخه‌ها یا زیر معیارهای هر کدام از عوامل سطح دوم دسته‌بندی شدند. تعیین وزن‌ها به وسیله نرم‌افزار

جدول 1- شرایط اقلیمی مطلوب برای کشت نخود

Table1- Favorable climatic conditions for for pea cultivation

کلاس Class	خیلی مناسب Very Suitable	مناسب Suitable	متوسط Average	ضعیف Weak
ارزش‌گذاری کلاس‌ها Valuation class	4	3	2	1
بارش دوره رشد Growing season rainfall	500-600	400-500	300-400	≤ 300
دمای دوره رشد Temperature growth period	25-30	20-25	15-20	10-15
رطوبت نسبی Relative humidity	50-60	40-50	30-40	≤ 25
دمای جوانه‌زنی Germination temperature	12-15	9-12	6-9	≤ 6
دمای گل‌دهی Flowering temperature	21-25	17-21	15-17	12-25
دمای رسیدگی Handle temperature	24-28	20-24	16-20	12-16
متوسط حداقل دما Average minimum temperature	3-6	0-3	0-3	≤ -3
ساعات آفتابی Sun shine	1500-2000	1000-1500	500-1000	≤ 500
سرعت باد Wind speed	4-7	7-11	11-15	> 15
شیب Slope	0-2	2-8	8-12	> 12
ارتفاع Height	0-400	400-800	800-1200	> 1200
عمق خاک Soil depth	200	150	100	≤ 100

Reference: Potop et al., 2012; Khoshhal Dastjerdi & Mostafavi, 2013

$$A = [a_{ij}] (1, 2, \dots, n)$$

در این پژوهش برای پهنه‌بندی کشت نخود ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی از قبیل؛ اقلیم، توپوگرافی، خاک و کاربری اراضی استفاده شده است (جدول 3). ماتریس معیار فرعی اقلیم از قبیل دمای فروردین‌ماه، دمای دوره رشد، دمای دوره گل‌دهی، دمای دوره رسیدگی، دمای متوسط، بارش دوره رشد، رطوبت نسبی و تبخیر در جدول (4)، ماتریس معیار فرعی کاربری اراضی در جدول (5)،

نتایج مقایسات زوجی روی n شاخص می‌تواند در یک ماتریس $(n \times n)$ به صورت معادله 1 نشان داده شود. در این ماتریس a_{ij} نظر تصمیم‌گیرنده در مورد میزان ارجحیت عنصر i ام نسبت به عنصر j ام می‌باشد (Saaty, 2008). ماتریس‌های مقایسه زوجی هر یک از معیارها و زیر معیارها در ارتباط باهم محاسبه گردید.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{معادله (1)}$$

بزرگ‌ترین مقدار ویژه‌ماتریس اولویت‌بندی هستند.

محاسبه نرخ سازگاری

نسبت اندک استحکام؛ (CI) براندکس میانگین (RI) بر اساس

معادله (3) تعریف شد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{معادله (3)}$$

RI؛ (شاخص ناسازگاری تصادفی) مقداری است که از جدول 8

تعیین می‌شود. در صورتی که نرخ سازگاری، کوچک‌تر یا مساوی 0/1

باشد، در مقایسات زوجی، سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه

داد. در غیر این صورت، تصمیم‌گیرنده باید در مقایسات زوجی

تجدیدنظر کند.

ماتریس معیار فرعی عمق خاک در جدول (6) و معیار فرعی

فیزیوگرافی از قبیل شیب، جهت و ارتفاع در جدول (7) مشاهده می-

شود که ضریب اهمیت هریک معیارها را در طول دوره رشد نخود به

ترتیب اهمیت در جدول ها نشان می‌دهد.

محاسبه شاخص ناسازگاری

با محاسبه هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی معیارها، وزن

آن‌ها محاسبه گردید و شاخص ناسازگاری هر یک از معیارها از معادله

(2) برآورد گردید.

معادله (2) $CI = n^{-1}$

در معادله 2؛ CI، شاخص ناسازگاری، n مرتبه ماتریس و

جدول 2- مقادیر ترجیحات در تصمیم‌گیری

Table 2- Preferred values in decision-making

مقدار عددی Numerical value	ترجیحات Perference
9	Extremely preferred ترجیح کامل
7	Very strongly preferred ترجیح خیلی قوی
5	strongly preferred ترجیح قوی
3	Moderately preferred ترجیح کم
1	Equally ترجیح یکسان
2,4,6,8	Preferences intermediate ترجیحات بینابین

جدول 3- ماتریس مقایسه زوجی و وزن‌دهی معیارهای اصلی

Table 3- Paired comparison matrix and weighting main criteria

معیارهای اصلی The main criteria	اقلیم Climate	توپوگرافی Topography	خاک Soil	کاربری اراضی Land use
اقلیم Climate	1	6	7	9
توپوگرافی Topography	$\frac{1}{6}$	1	6	7
خاک Soil	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	1	6
کاربری اراضی Land use	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	1
ضریب اهمیت Impact factor	0.603	0.245	0.114	0.038

جدول 4- ماتریس معیارهای اقلیم
Table 4- The criteria matrix of climatic parameters

معیارها Criteria	دمای فروردین April temperatures	بارش دوره رشد Growing season Rainfall	دمای دوره رشد Temperature growthperiod	رطوبت Humidity	متوسط دما average temperature	دمای دوره گل‌دهی Temperaturefloweringperiod	تبخیر Evaporation	دمای دوره رسیدگی Temperature ofmaturity
دمای فروردین April temperature	1	2	3	4	5	6	7	8
بارش دوره رشد Growing season rainfall	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6	7
دمای دوره رشد Temperature growth period	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6
رطوبت Humidity	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5
متوسط دما Average Temperature	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4
دمای دوره گل‌دهی Temperature flowering	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3
تبخیر Evaporation	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2
دمای دوره رسیدگی Temperature of maturity	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1
باد Wind	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
ضریب اهمیت Impact factor	0.304	0.216	0.154	0.108	0.076	0.053	0.037	0.026

جدول 5- ماتریس معیارهای کاربری اراضی
Table 5- Land use criteria matrix

کاربری اراضی Landuse	زراعت Agriculture (water)	اراضی دیم Dry lands	مراعات جنگل Pastures and forests	سایر کاربری‌ها Other land uses
زراعت آبی Agriculture water	1	3	6	9
اراضی دیم Dry lands	$\frac{1}{3}$	1	3	6
مراعات و جنگل Pastures and forests	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	1	3
سایر کاربری Other land uses	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	1
ضریب اهمیت Impact factor	0.524	0.269	0.142	0.072

جدول 6- ماتریس معیارهای عمق خاک

Table 6- Soil depth criteria matrix

عمق خاک (سانتی‌متر) Depth soil (cm)	200	150	100	100>
200	1	2	6	7
150	$\frac{1}{2}$	1	2	6
100	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	1	2
100>	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	1
ضریب اهمیت Impact Factor	541.0	0.284	0.115	0.06

جدول 7- ماتریس معیارهای توپوگرافی

Table 7- Topography criteria matrix

معیارها Criteria	ارتفاع Altitude	شیب Slope	جهت Aspect
ارتفاع Altitude	1	2	3
شیب Slope	$\frac{1}{2}$	1	2
جهت Aspect	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1
ضریب اهمیت Impact Factor	0.539	0.297	0.164

جدول 8- شاخص ماتریس تصادفی

Table 8-the random matrix index (RI)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.42	1.45	1.49

بارش ایستگاه‌های هواشناسی استان حدود دو درصد خیلی مناسب، 25 درصد مناسب، 23 درصد متوسط و 50 درصد نامناسب برای کشت نخود هست. در شهرستان آق قلا بارش سالانه بیشتر از 400 میلی-متر، نواحی مناسب برای کشت نخود مکان‌یابی شده است (Kazemi & Sadegi, 2014).

معیار درجه حرارت: درجه حرارت از عوامل تعیین‌کننده در جغرافیای گیاهان زراعی و باغی است (Fraiedi, 2007). دما در هریک از مراحل رشد نخود دارای اهمیت ویژه می‌باشد. تحقیقات انجام‌شده نشان داد که دمای مناسب برای جوانه‌زنی نخود 9-12 درجه سانتی‌گراد، گل‌دهی 17-21 درجه سانتی‌گراد، رسیدگی 20-22 درجه سانتی‌گراد است (Nezami et al., 2010; Namdarian et al., 2015). Zolfaghari et al., (2015) نیز در استان کرمانشاه دمای 20 درجه سانتی‌گراد را برای جوانه زنی، 19 درجه سانتی‌گراد را برای گل‌دهی و 28 درجه سانتی‌گراد را برای رسیدگی نخود تعیین کرده‌اند. نتایج حاصل از تلفیق زیر معیارهای دما نشان داد که حدود 4/36 درصد از مساحت استان برای کشت نخود خیلی مناسب، 15/64 درصد مناسب، 50/48 درصد متوسط و

نتایج بررسی سازگاری ماتریس مقایسه زوجی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های کشت نخود در جدول 9 ارائه شده است که نرخ ناسازگاری در همه ماتریس‌های مقایسه زوجی کمتر از 0/1 است.

نتایج و بحث

هر یک از داده‌های مورد مطالعه، بر اساس روش تحقیق و با توجه به نیاز مطلوب اقلیمی نخود، ارزش‌گذاری شدند و با روش درون‌یابی در محیط GIS نقشه هر کدام به شرح زیر تهیه شد:

معیار بارش: بارش از مهم‌ترین عناصر اقلیمی تأثیرگذار در عملیات کشاورزی است و نوسانات آن در عملکرد محصول قابل توجه است (Fallah Ghalhari et al., 2015). تحقیقات نشان داده که در مناطقی که میزان بارندگی سالانه 400-500 میلی‌متر است برای کشت نخود مساعد است (Chalakian, 2012). بر اساس مقادیر

لومی شنی و لومی رسی (عاری از نمک‌های محلول) است. نتایج حاصل از نقشه خاک استان نشان داد که حدود 45 درصد خیلی مناسب، 22 درصد مناسب و 33 درصد نامناسب برای کشت نخود است.

معیار کاربری اراضی: از کل مساحت استان 40 درصد اراضی کشاورزی، 56/5 درصد مرتع، 2/9 درصد جنگل و مابقی را سایر کاربری‌ها تشکیل می‌دهد. استان اردبیل با داشتن بالاترین کاربری اراضی کشاورزی نسبت به کل وسعت استان، رتبه اول را در بین استان‌های کشور داراست.

پهنه‌بندی کشت نخود بر اساس عناصر اقلیمی

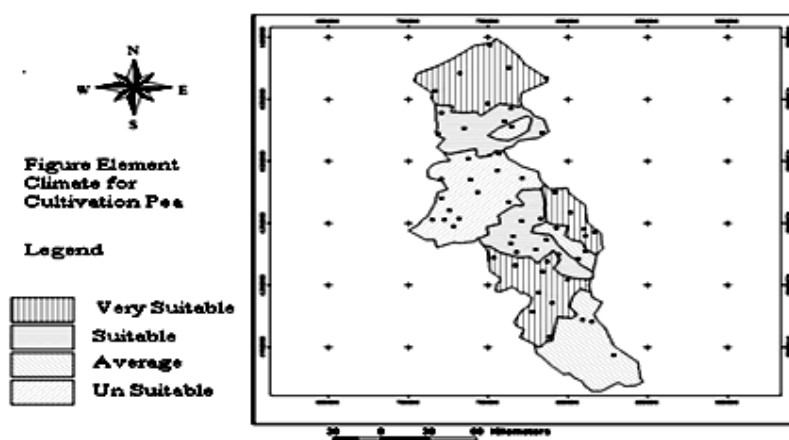
با تلفیق عناصر اقلیمی از قبیل مقادیر بارش‌های طول دوره نخود، دماهای طول رشد و رطوبت نسبی ویژگی هر کدام از داده‌ها بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی برای کشت نخود، بر اساس روش AHP تحلیل و ماتریس زوجی آن‌ها تهیه شد. بر اساس مدل همپوشانی لایه‌ها، در محیط GIS با همدیگر تلفیق و نقشه نهایی ارزیابی کشت محصول نخود بر اساس عناصر اقلیمی تهیه گردید (شکل 2). نتایج نشان داد که حدود 37 درصد خیلی مناسب، 21 درصد مناسب، 20 درصد مناسب و 22 درصد نامناسب برای کشت نخود بر اساس داده‌های عناصر اقلیمی است.

29/8 درصد که دمای کم‌تر از حد آستانه رشد دارند مناسب برای کشت نمی‌باشند. درجه حرارت بالاتر از 25 درجه سانتی‌گراد در دوره گل دهی نخود مقدار غلاف‌های تشکیل شده را در گیاه کاهش داده و باعث کاهش عملکرد می‌شود (Summerfield, 1987).

معیار ارتفاع: پستی و بلندی یک ناحیه تعیین‌کننده ارزش آن ناحیه برای انجام فعالیت‌های زراعی و باغ است. زیرا افزایش ارتفاع به‌نوعی از عوامل عمده محدودکننده زراعت و باغداری محسوب می‌شوند (Naderi et al., 2013). در استان گلستان در محدوده منطقه آقی قلا ارتفاع 1000 متر از سطح دریا برای کشت نخود مناسب می‌باشد (Kazemi & Sadegi, 2014) کشت نخود در استان اردبیل در دشت مغان تا ارتفاع 800 متر و سایر مناطق تا 1500 متری از سطح دریا مناسب است (Chalakhian, 2012).

معیار شیب: نقشه شیب از نقشه توپوگرافی در محیط GIS استخراج گردید. بر اساس نیاز مطلوب کشت نخود در شیب‌های مختلف که جدول 1 نشان داده شده است، شیب دو تا هشت درصد، شیب مناسب برای کشت نخود تعیین شده است (Chalakhian, 2012). نتایج حاصل تحلیل نقشه شیب نشان داد که حدود 45 درصد خیلی مناسب، 22 درصد نامناسب و 33 درصد نامناسب برای کشت است.

معیار خاک: خاک در فرآیند رشد محصولات زراعی و باغی نقش مؤثر دارد. مناسب‌ترین خاک‌ها برای رشد نخود خاک‌های شنی، رسی،



شکل 2- پهنه‌بندی کشت نخود بر اساس عناصر اقلیمی

Fig. 2- Zoning chickpea cultivation based on climatic elements

نقشه پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت نخود تهیه گردید (شکل 4).
نقشه حاصل در چهار کلاس به شرح زیر طبقه‌بندی گردید.

1- نواحی خیلی مناسب، شامل دشت اردبیل و شمال شهرستان مشکین‌شهر می‌باشد که منطبق بر مناسب‌ترین نواحی کشاورزی استان است و محدودیت برای کشت نخود وجود ندارد حدود 18 درصد از مساحت استان اردبیل را تشکیل می‌دهد.

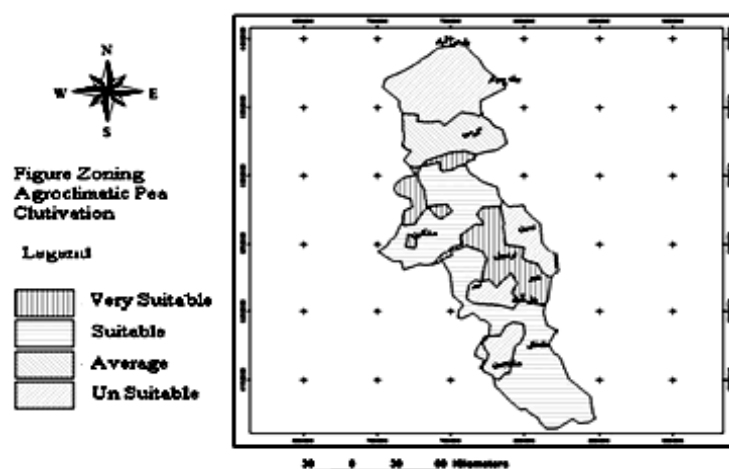
2- نواحی مناسب که این نواحی در اطراف شهرستان‌های خلخال و کوثر، سرعین، نیر، بيله سوار را تشکیل می‌دهند. محدودیت عمده در این مناطق نیاز آبی، حداقل دما است که حدود 45 درصد از مساحت استان را تشکیل می‌دهد.

3- نواحی که برای کشت نخود در حد متوسط هستند، معیارهای شیب، عمق خاک، ارتفاع و نوسانات دمایی عامل عمده در محدودیت کشت می‌باشد که شامل نواحی جنوبی، شمالی استان و اطراف شهرستان مشکین‌شهر را تشکیل می‌دهند که حدود 25 درصد از مساحت استان به خود اختصاص داده است.

4- نواحی که نامناسب برای کشت نخود می‌باشد که به‌علت کوهستانی بودن منطقه، برودت هوا و نبود افق مناسب خاک امکان کشت با محدودیت شدید مواجه است که حدود 12 درصد از مساحت استان را تشکیل می‌دهد.

پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت نخود با تلفیق داده‌های اقلیمی و فیزیوگرافی

علاوه بر بررسی نقش مستقل داده‌های اقلیمی و فیزیوگرافی در پهنه‌بندی کشت نخود که در شکل‌های 2 و 3 نشان داده شده است. پس از تهیه تمام لایه‌های اطلاعاتی و تعیین عوامل مؤثر در امکان‌سنجی مناطق مستعد کشت نخود و با تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی به کمک GIS به تهیه نقشه‌های معیارهای مؤثر در طول دوره رشد نخود اقدام شد. نتایج نشان داد که حدود 18 درصد خیلی مناسب، 45 درصد مناسب، 25 درصد متوسط و 12 درصد استان برای کشت نخود نامناسب می‌باشد. ذوالفقاری و همکاران (Zolfaghari et al., 2015) نیز با مطالعه داده‌های اقلیمی و محیطی مکان‌یابی کشت نخود دیم را در استان کرمانشاه انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که حدود 0/1 درصد مساحت استان دارای شرایط بسیار خوب، 26/4 درصد شرایط خوب و 73/5 درصد شرایط متوسطی برای کشت نخود دارد. همچنین نتایج حاصل از عوامل تأثیر گذار بر کشت نخود در شهرستان آق‌قلا نشان داد که معیار اقلیم با وزن 0/619، دارای بالاترین اهمیت و توپوگرافی با ارزش وزنی 0/110 در رتبه آخر قرار گرفته است (Kazemi & Sadegi, 2014). با وزن‌دهی به نقشه‌های تهیه‌شده بر اساس روش AHP، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به منظور تلفیق و همپوشانی نقشه‌ها استفاده شد و



شکل 4- پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت نخود بر اساس عناصر اقلیمی و فیزیوگرافی
Fig. 4-Zoning agroclimatic of chickempea based on physiographic and climatic elements

جدول 9- بررسی سازگاری معیارها و زیر معیارها
Table 9- The compatibility criteria and sub-criteria

شاخص سازگاری Compatibility Index	گزینه‌ها Options	شاخص سازگاری Compatibility Index	عناصر عوامل اقلیمی Elements and climatic factors	شاخص سازگاری Compatibility Index
0.017	دمای فروردین April temperatures			
0.081	بارش دوره رشد Growing season rainfall			
0.175	دمای دوره رشد Temperature growth period			
0.011	رطوبت Humidity			
0.056	متوسط دما Average temperature			
-0.029	دمای دوره گل‌دهی Temperature flowering period	0.035	اقلیم Climate	معیارها Criteria
0.022	تبخیر Evaporation			0.016
0.368	دمای دوره رسیدگی Temperature of maturity			
0.0037	باد Wind			
0.045	ارتفاع Height		توپوگرافی Topography	
0.015	شیب Slope	0.007		
0.013	جهت Direction			
0.021			خاک Soil	
0.0037			کاربری اراضی Land use	

منبع: محاسبات نگارندگان
Sources: Author's calculations

نتیجه‌گیری

شناسایی استعدادها و محدودیت‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها، به‌نحوی که بهترین بهره‌برداری از محیط صورت گیرد، از طریق مطالعه جامع اقلیمی-کشاورزی امکان‌پذیر است. کشت نخود علاوه بر تأمین غذای انسان و دام، از اجزاء مهم الگوهای کشت و عامل افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی به شمار می‌رود. نتایج

وزن‌دهی حاصل از یافته تحقیق نشان داد که هرکدام از داده‌های مورد مطالعه در پهنه‌بندی کشت نخود مؤثر هستند چنان‌که در جدول 10 نشان داده‌شده میزان سازگاری هر یک از داده‌ها کم‌تر از 0/1 است که بیان‌گر دقت وزن‌دهی به داده‌ها می‌باشد. در بین معیارهای اصلی، اقلیم 0/603، توپوگرافی 0/245، خاک 0/114 و کاربری اراضی 0/38 و معیارهای فرعی ارتفاع با ضریب اهمیت 0/539، دما با ضریب اهمیت 0/304 و بارندگی با ضریب

با توجه به توزیع بارش طول دوره رشد نخود و رعایت تقویم زراعی کشت، مناطق دیم‌زار مرکز استان (دامنه‌های شرقی و شمالی کوه سیلان) نواحی مناسب برای کشت این محصول می‌باشد. در مناطق دشت نیاز آبی و نوسان دمایی به‌خصوص بعد از گل‌دهی عامل محدودیت کشت نخود محسوب می‌شود.

اهمیت 0/216 به‌ترتیب اولویت نقش بیش‌تری را در مکان‌یابی کشت نخود دارند. نتایج بررسی شاخص سازگاری معیارها نشان می‌دهد کلیه معیارهای مورد استفاده دارای شاخص سازگاری کم‌تر از 0/1 می‌باشند که بیان‌گر تأثیرگذاری داده‌ها در طول دوره رشد و دقت وزن انتخابی است.

Chalakian, J. 2012. Agroclimatological zoning the chickpea cultivation by using AHP method in GIS in Ardabil Province. MSc Thesis Climatology. University of Mohaghigh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Persian with English Summary)

Fallah Ghalhari, G., Asadi, M., and Dadashi Roudbari, A. 2015. Determination of suitable regions for wheat cultivation in Fars Province. Journal of Agricultural Meteorology 2: 68-73.

FAO. 2013. Available in <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

Fraiedi, Y. 2007. Study of agronomic characteristic and cold hardiness in Pea genotypes in an Utumn rainfed sowing conditions. Seed and Plant 23: 489-503. (In Persian with English Summary)

Gholipoor, M., and Soltani, A. 2009. Future climate impacts on pea in Iran. Journal Environment Science Research 3: 16-28.

Jalilian, J., Modarese Sanavi, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of pea cultivars under dry land condition. Journal Agriculture Science and Nature Resources 5: 1-9. (In Persian with English Summary)

Kanouni, H. 2016. The present status and future prospects of agriculture chickpea production in the Iran. Sixth National Conference, 5 May, Khorram Abad, Iran p. 49. (In Persian)

Kanouni, H., Khalily, M., and Malhotra, R.S. 2009. Assessment of cold tolerance of pea at rainfed highlands of Iran. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science 5: 250-254.

Kanouni, H., Taleei, A., and Okhovat, M. 2011. Ascochyta blight of pea breeding strategies for resistance. International Journal of Plant Breeding and Genetics 5: 1-22.

Kazemi, H., and Sadegi, S. 2014. Land suitability evaluation of Aq-Qalla region for rainfed chickpea cropping by Boolean logic and analytical hierarchy process (AHP). Journal of Dry Farming Iranian 1: 1-19.

Khosshal Dastjerdi, J., and Mostafavi Owners, S.M. 2013. Meteorological Agricultural Crops. The Science Done Isfahan, Isfahan, Iran 532 pp. (In Persian)

Malhotra, R.S., and Singh, K.B. 1991. Gene action for cold tolerance in pea. Theoretical and Applied Genetics 82: 598-601.

Ministry of Jihad Agriculture. 2014. Statistics of agricultural for field crop cultivation. (In Persian)

Naderi, H., Shokrpur, M., Ali, A., Homaun, K., and Esfandiari, E. 2013. Evaluation of cold tolerance in autumn sowing Pea phonological and morphological traits used in the Kurdistan region. Iranian Journal of Cereals 1: 80-69. (In Persian with English Summary)

Namdarian, K., Naseri, A., Izadpanah, Z., and Maleki, A. 2015. Comparsion the FAO Penman-Monteith method and class evaporation pan with lysimeter data in estimating evapotranspiration in Khorramabad. Iranian Journal of Pulses Research 1: 92-99. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 1: 78-91. (In Persian with English Summary)

Nasroollahi, N., Kazami, H., and Kamkar, B. 2015. Feasibility of annual alfalfa cropping in Aq. Qalla town ship (Golestan Province). Journal of Agroecology 7(3): 397-411. (In Persian with English Summary)

Nezami, A., Sedaghatkhahi, H., Porsa, H., Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of autumn sowing Pea genotypes of cold tolerant under supplementary irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 415-423. (In Persian with English Summary)

Pirzadeh Moghaddam, M., Bagheri, A., and Malekzadeh-Shafaroudi, S., and Ganjeali, A. 2014. Multivariate statistical analysis in chickpea under limited irrigation. Iranian Journal of Pulses Research 2: 99-110. (In Persian with English Summary)

English Summary)

Potop, V., Martin Mozny, M., and Soukup, J. 2012. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* 156: 121-123.

Saaty, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences* 1: 83-98.

Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2012. Comparison of autumn and spring sowing on performance of pea varieties. *International Journal of Biosciences* 2: 49-58. (In Persian with English Summary)

Sarmadiaz, F., and Taati, A. 2015. Agroecological zoning of the Qazvin area for wheat using RS and GIS. *Journal of Agroecology* 7(3): 368-380.

Singh, K.B. 1991. Winter Pea: problems and potential in the Mediterranean region. *Ciheam-Options Mediterranean's* 9: 25-34.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Optimizing Pea phenology to available water under current and future climates. *European Journal of Agronomy* 38: 22-31.

Summerfield, R.J., Roberts, E.H., and Hadley, P. 1987. Photothermal effects on flowering in chickpea and other grain legumes. In: *Adaptation of Chickpea and Pigeonpea to Abiotic Stress* p. 33-48. Proc. of the Consultation Workshop, 19-21 Dec. 1984, ICRISAT. Patancheru, India: ICRISAT.

Zafarani, M., Nezami, A., Ziaee, S.M., and Jabbari, M. 2015. Possibility of Pea autumn planting in Saravan condition. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 23-32. (In Persian with English Summary)

Zolfaghari, H., Fatahneya, A., and Shahriar, M. 2015. Determine suitable land cultivation in Kermanshah province using data on climate and the environment. *Researches in Geography* 2: 179-190.



Zoning Agroclimatic Chickpea in the GIS Environment Case Study: Ardebil Province

B. Sobhani^{1*} and E. Shokrzadeh²

Submitted: 29-08-2016

Accepted: 06-05-2017

Sobhani, B., and Shokrzadeh, E. 2018. Zoning Agroclimatic chickpea in the GIS environment. Case study: Ardebil Province. Journal of Agroecology. 10(2): 459-472.

Introduction

Pea plants are grown in hot and arid and semi arid weather conditions in cold areas in spring and autumn in the tropics. Iran is the fourth largest producer of peas in the world after India, Turkey and Pakistan. Despite the high-yielding cultivars development, weather is one of the most important determinants of the plant's performance. In this study, with the use of meteorological data, physiographic regions favorable for the cultivation of pea in Ardabil are identified.

Materials and Methods

Collecting of data in this study is as follows. 1- Collecting climatic elements such as temperature and precipitation in the Province Ardabil during the period 1988 to 2013. 2- The preparation of topographic map with a scale of 1: 50,000 of the Armed Forces Geographical Organization. 3- Preparation maps of slope, elevation 4- Preparing soil maps and land use 5- Preparation of physiographic and climatic zonation map of pea cultivation of combining all data using AHP.

Results and Discussion

In this study, each of the data after a review of the valuation methods were studied in GIS environment and the combination of the following options, criteria and sub-criteria, the final map was prepared. Precipitation play an important role in maintaining moisture and water requirement of pea. In this study, the amount of precipitation was used in the weather stations in April, May, June and July. Temperature is one of the decisive factors in the geography of plants and garden areas. Climatic factors such as: the distribution of the amount of rainfall during the growing of peas, average minimum temperature, germination, flowering temperature, temperature and relative humidity during their growth and climate elements by analyzing the data was about 37 percent very suitable, 21 percent suitable, 20 percent average and 22 percent was unsuitable for the cultivation of peas. Physiographic data played a significant role and is a limiting factor during the growing season of pea. The results of physiographic maps show that about 55 percent very suitable, 25 percent fair and 20 percent is unsuitable for cultivation of pea.

The aim of this study was to investigate the role of physiographic and climatic elements in the cultivation of pea, each of them prepared in different forms and was weighted, and results of zoning pea cultivation in this Province are as follows.

1. The areas are very suitable for cultivation of peas, plain and south of the cities of Ardabil is Meshkinshahr that is consistent with agricultural areas and there are no limitations for pea and constitute about 18 percent of Ardabil Province.

2. The regions in terms of Pea has the perfect conditions surrounding cities of Khalkhal and Sareyn, Kowsar and central areas of the city, Nir, northeast and constitute Meshkinshahr cities. A major constraint in the areas of water requirements and minimum temperature that is about 45 percent of the total area of the province.

3-Areas that slope, soil depth, elevation, temperature fluctuations are considered a major factor in limiting Pea-are the northern and southern areas and around the city Meshkinshahr form and about 27 percent of the total area of the province.

1 and 2- Associate Professor and Graduate student of the Department of Climatology, Climatology, Faculty of Humanities, Mohaghegh Ardebili University, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: sobhani@uma.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.57154

4-The areas of the Ardabil province due to the mountainous area, cold air and a lack of proper soil horizon with severe limitation is facing the possibility of planting about 12 percent of the Province Ardabil.

Conclusion

In addition to the fact that peas are cultivated as human and animal food, the cultivation of this plant should be included in the crop pattern due to the contribution of soil fertility as one of the components of sustainable agricultural systems.

The final results show that:

1- Among the main criteria, 0.603 climate, topography, 0.245, 0.114 soil and land use 0.038 higher priority on locating the pea are grown.

2-The results show consistency index criteria, all criteria are used with consistency index less than 0.1.

Keywords: Atmospheric data, Climate, Land use, Physiographic factors



امکان سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه مارون استان خوزستان)

نصرت اله حیدرپور¹، هوشنگ بهرامی²، یعقوب منصوری^{3*} و سعید حجتی⁴

تاریخ دریافت: 1395/05/24

تاریخ پذیرش: 1396/01/20

حیدرپور، ن.، بهرامی، ه.، منصوری، ی.، و حجتی، س. 1397. امکان سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه مارون استان خوزستان). بوم شناسی کشاورزی، 10(2): 473-489.

چکیده

یکی از روش های مؤثر برای مطالعه و شناسایی پتانسیل اراضی کشاورزی، پهنه بندی آن ها است. در این تحقیق به منظور امکان سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در حوضه مارون استان خوزستان که یکی از مهم ترین استان های تولیدکننده محصولات کشاورزی است، از برنامه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. از این رو تمام لایه های اطلاعاتی زراعی - بوم شناختی شامل اقلیم (دما و بارش)، توپوگرافی (شیب و ارتفاع)، خاک (بافت، pH، شوری و کربن آلی) به همراه پتانسیل منابع آبی، پس از وزن دهی با روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه و مطابق با نیازمندی های محیطی محصولات گندم و کلزا، بر اساس دستورالعمل فائو، طبقه بندی شدند. لایه های هم پوشانی شده به عنوان معیاری برای قضاوت در خصوص تناسب اراضی برای محصولات گندم و کلزا لحاظ گردید و نقشه های حاصل از آن ها بر اساس معیارهای موجود و دستورالعمل فائو در پنج طبقه بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه بندی شدند. نتایج نشان داد که 7/4 و 9/8 درصد از کل سطح اراضی موجود در محدوده مطالعاتی، به ترتیب در طبقات بسیار مناسب و مناسب برای کاشت هر دو محصول قرار گرفتند. در حالی که 57/2 درصد از کل اراضی در طبقات تناسب متوسط و تناسب کم و 25/6 درصد باقیمانده نیز در طبقه نامناسب واقع شدند. در این طبقه بندی عوامل شوری خاک و دسترسی به منابع آب (بارش و پتانسیل منابع آبی)، عوامل محدودکننده اصلی بودند. این نتایج می تواند به سیاست گذاران، برای طراحی الگوی کشت مناسب در جهت حاصلخیزی خاک، کمک نماید.

واژه های کلیدی: الگوی کشت، تحلیل سلسله مراتبی، تناسب اراضی

مقدمه

شناخت کافی از وضعیت موجود و مشخص شدن محدودیت ها، مشکلات و ارزیابی پتانسیل اراضی، امکان پذیر نیست. در این راستا سیاست گذاران قادرند با اتخاذ سیاست های اصولی و علمی که مبتنی بر پتانسیل منطقه ای است، نسبت به بهره برداری بهینه و منطقی از اراضی با در نظر گرفتن هم زمان درآمد مطلوب و حفظ محیط زیست، اقدام نمایند. در تحلیل های مکانی کشاورزی، لایه های فعال اطلاعاتی از منابع موجود از جمله اقلیم، آب، توپوگرافی و حاصلخیزی خاک در قالب مجموعه ای منسجم و هماهنگ جهت تعیین نوع

بدون شک توسعه سیستم های تولیدی در کشاورزی، بدون

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز و دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(*) نویسنده مسئول: (Email: Y.mansoori@Scu.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v10i2.58043

همپوشانی لایه‌های مختلف تهیه گردیده و روش مؤثری برای ارزیابی تناسب اراضی با محصول است (Pellerano et al., 2007; Ghasemi Pirbalouti, 2009). در تحقیقی که در جهت تعیین تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا استان گلستان برای امکان‌سنجی کشت یونجه (*Medicago sativa* L.) یک‌ساله انجام شد، 23/1 درصد از اراضی در پهنه بسیار مستعد و 47/2 درصد نیز در پهنه مستعد قرار گرفتند (Nasroollahi et al., 2015). در همین راستا نتایج پهنه‌بندی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر مبنای عوامل اقلیمی در تربت‌حیدریه نشان داد که چهار درصد از اراضی دارای کیفیت بسیار مناسب و 50/5 درصد نیز دارای کیفیت مناسب هستند (Rashid Sorkh Abadi et al., 2015). در مطالعات دیگری، مناطق مناسب کاشت ذرت (*Zea mays* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و حبوبات با استفاده از معیارهای حداقل درجه حرارت، عمق خاک، کلاس بافت خاک، شیب، ارتفاع و حداکثر درجه حرارت و معیارهای مختص محصول از جمله pH خاک و بارندگی، تعیین شدند (Ceballos - Silva & Lopez - Blanco, 2003).

در خصوص وضعیت منطقه مورد مطالعه، آمارها نشان می‌دهند که گندم، برنج (*Oryza sativa* L.)، ذرت، کلزا (*Brassica napus* L.)، نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)، حبوبات و محصولات علوفه‌ای، محصولات اصلی در سیستم تولیدی کشاورزان استان خوزستان بوده و در میان آن‌ها گندم بیشترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد (MAJI, 2016). سطح زیر کشت گندم در دنیا و ایران به ترتیب، حدود 250 و شش میلیون هکتار است (FAO, 2014). این محصول سطحی معادل 400000 هکتار (6/89 درصد از کل سطح زیر کشت گندم کشور) را در استان خوزستان پوشش می‌دهد (MAJI, 2016). همچنین آمارها حاکی از آن است که متوسط عملکرد گندم آبی و دیم در این استان، به ترتیب 3477 و 729 کیلوگرم در هکتار می‌باشد (MAJI, 2016).

محصول کلزا به لحاظ وجود پروتئین و روغن فراوان در دانه آن از اهمیت زیادی برخوردار است (Grassano et al., 2011). این گیاه در ایران در مناطقی با بارندگی زیاد و پتانسیل منابع آبی بالا کاشته شده و می‌تواند یکی از محصولات اصلی کشت زمستانه در حوضه مارون استان خوزستان باشد. در ایران سطحی معادل 40 هزار هکتار به کشت کلزا اختصاص داشته که متوسط تولید آن در شرایط آبی کشور

کاربری به‌وجود می‌آید. این تحلیل‌ها با تلفیق ملزومات اصلی و مؤثر کشاورزی، امکان بررسی جامع شرایط تولید را فراهم نموده، فرصت‌ها و محدودیت‌های محیطی را بررسی و تصمیم‌گیری را برای برنامه‌ریزان آسان می‌نمایند (Kazemi, 2014). از طرفی کاهش سطح اراضی کشاورزی به دلیل رشد گسترده شهرها و کارخانه‌های صنعتی (Chen, 2007) و تغییر اقلیم و مشکلات جوامع محلی (Godfery, 2004; Pary et al., 2010)، مستقیماً بر میزان تولید محصولات غذایی تأثیر گذاشته و بازنگری سیستم‌های تولیدی را برای جبران آن، امری واجب کرده است (Lambin & Meyfroidt, 2011). از این رو پرداختن مؤثر به تولید جهانی غذا و امنیت آن، نیازمند روش‌های تحلیلی فضایی است که قادر باشد به‌دقت، توانایی و تناسب اراضی را برای تولید غذا در حال و آینده، ارزیابی نماید (FAO, 1976; Montgomery et al., 2016). این ارزیابی، کاری پیچیده بوده (Hossain et al., 2007; Akcini et al., 2013) و نیازمند استفاده از ابزارهای تحلیلی جغرافیایی است (Khahro et al., 2014).

سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزاری مفید و انعطاف‌پذیر برای تحلیل تناسب مکانی بوده (Khahro et al., 2014) که قادر است تعداد زیادی داده را در یک مجموعه جدید ترکیب کرده و آن‌ها را به‌صورت نقشه و اطلاعات قابل‌استفاده نشان دهد (Javadian et al., 2011). این تکنیک همچنین به شناسایی پتانسیل اراضی در جهت توسعه کشاورزی نوین، کمک می‌کند. به‌عنوان مثال، پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی بخشی از اراضی دشت قزوین برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب روش فائو انجام و پتانسیل تولید گندم در منطقه، به مقدار 6666 کیلوگرم در هکتار تعیین گردید (Sarmadian & Taati, 2014). این درحالی است که تعداد زیادی از مدیران با استفاده از تکنیک‌های مرسوم از جمله مشاهدات میدانی و گزارش که ذهنی، زمان‌بر و پرهزینه هستند، برای تخمین عملکرد و یا انتخاب محصول اقدام می‌نمایند. از این رو انتخاب محصول بر پایه پتانسیل اراضی و به‌منظور تعیین سیستم تولیدی مطلوب ضرورت دارد (Reshmidevi et al., 2009; Rahman & Saha, 2008).

پیش‌بینی پتانسیل اراضی در تناسب با محصولات برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، بسیار مهم بوده و امروزه با ارزیابی تلفیقی از اقلیم، خاک و توپوگرافی منطقه در قالب نقشه‌هایی تعیین می‌شود (Grassano et al., 2011; Giardini et al., 1997). این نقشه‌ها از

مستعد برای کشت محصولات کلزا و گندم و تطبیق نیازمندی‌های محیطی آن‌ها با خصوصیات زراعی، بر اساس دستورالعمل فائو عمل شد (Sys et al., 1991; Kazemi, 2014). برای این کار ابتدا نیازهای محیطی و زراعی محصولات کلزا و گندم با استفاده از منابع علمی موجود تعیین و طبقه‌بندی گردید. سپس بر اساس پارامترهای مؤثر بر رشد آن‌ها، لایه‌های اطلاعاتی رقومی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، تهیه شد. در این راستا، داده‌های دما و بارندگی از داده‌های بلندمدت (1344 تا 1394 شمسی) هشت ایستگاه بهبهان، رامهرمز، ایذه، باغملک، امیدیه، ماهشهر، آقاجاری و شادگان، واقع در محدوده مورد مطالعه در طول دوره رشد محصول (از زمان کاشت در آبان ماه هر سال تا زمان برداشت در اواخر فروردین ماه سال بعدی)، جمع‌آوری شد. این داده‌ها برای تکمیل نقشه، با تکنیک‌های نرم-افزاری در محیط جی‌آی‌اس² نسخه 10/3، با استفاده از نوار ابزار اسپشال آنالیز³ و گزینه اینترپولیشن⁴، از روش کریجینگ⁵، میان-یابی شدند. دقت تخمین در این روش بالا بوده و پرکاربردترین رویه تخمین در نقاط فاقد نمونه است (Apaydin et al., 2004; Hassani Pak, 2013; Ghahroody Tali, 2002).

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد داده‌های اقلیمی به مقدار زیادی تحت تأثیر متغیرهای توپوگرافی قرار می‌گیرند (Ninyerola et al., 2000). به همین دلیل ابتدا نقاط هر شبکه از لایه رقومی ارتفاع در نظر گرفته شد و با استفاده از مختصات این نقاط، چندین نقشه رستری⁶ استخراج گردید. به‌طوری‌که هر متغیر دارای لایه‌ای مجزا بوده و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تبدیل به محدوده‌های مشخص می‌شود. این لایه‌ها برای هر دو محصول کلزا و گندم تهیه و در پایان هم‌پوشانی وزنی شدند. همچنین شوری خاک، بافت، pH و کربن آلی نیز از آزمون خاک‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر توسط سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان در مناطق مختلف حوضه، جمع‌آوری و نقشه‌ها بر مبنای لایه رقومی ارتفاع⁷ و لایه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه، در مقیاس 1:50000 تهیه شدند. داده‌ها

در سال زراعی 94 - 1393 حدود 1526 و در خوزستان 1222 کیلوگرم در هکتار بوده است (MAJI, 2016). از طرفی به لحاظ پایداری تولید، انتخاب صحیح محصولات تناوبی داخل محدوده حوضه مارون استان خوزستان، باعث افزایش ضریب آن خواهد شد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که کلزا بهترین گزینه بعد از کشت گندم بوده و تناسب اراضی، اولین مرحله از برنامه‌ریزی جهت اجرای آن است (Myers, 2002). در همین راستا گروهی از پژوهشگران استان گلستان، عوامل تناسب اراضی کشاورزی را با روش تحلیل سلسله مراتبی مطالعه کرده و اعلام نمودند که عامل خاک با وزن نسبی 0/284 در مرتبه اول و شیب و بارندگی در اولویت‌های بعدی قرار دارند (Abbaspour et al., 2011).

برای بررسی امکان‌سنجی تعیین نواحی مناسب برای توسعه تناوب در اراضی حوضه مارون استان خوزستان، در تحقیق حاضر از روش‌های تهیه نقشه‌های تناوب کلزا-گندم استفاده شد. این نقشه‌ها بر پایه داده‌های مکانی و تحلیل‌های چند معیاره برای تصمیم‌گیری در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، تهیه شدند. هدف این مطالعه امکان‌سنجی پتانسیل اراضی برای کشت محصولات کلزا و گندم در حوضه مارون استان خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه حوضه مارون استان خوزستان شامل شهرستان-های بهبهان، رامهرمز، شادگان، رامشیر، امیدیه، هندیجان، ماهشهر و بخش‌هایی از باغملک به همراه شرق شهرستان اهواز انتخاب شد. این منطقه از 30 تا 31 درجه و 30 دقیقه شمالی و از 48 تا 50 درجه و 30 دقیقه شرقی، گسترش دارد. وسعت منطقه مورد مطالعه، تقریباً 20294 کیلومتر مربع (حدود 30 درصد استان خوزستان) و سطح کل اراضی باغی و زراعی (دیم و آبی) آن حدود 633 هزار هکتار است. این اراضی در برگیرنده اراضی کشاورزی کنونی حوضه مارون استان خوزستان بوده و برای تفکیک محدوده آن‌ها از لایه کاربری استان خوزستان، استفاده گردید. همچنین برای تکمیل و به‌روز شدن آن، از تصاویر ماهواره‌ای لندست¹ هشت، مربوط به سال 2015 استفاده گردید. شکل 1 موقعیت منطقه مورد مطالعه را جهت بررسی مدل واقعی استفاده در حوضه مارون نشان می‌دهد. جهت مکان‌یابی مناطق

2- Geographic information system

3- Spatial Analyst

4- Interpolation

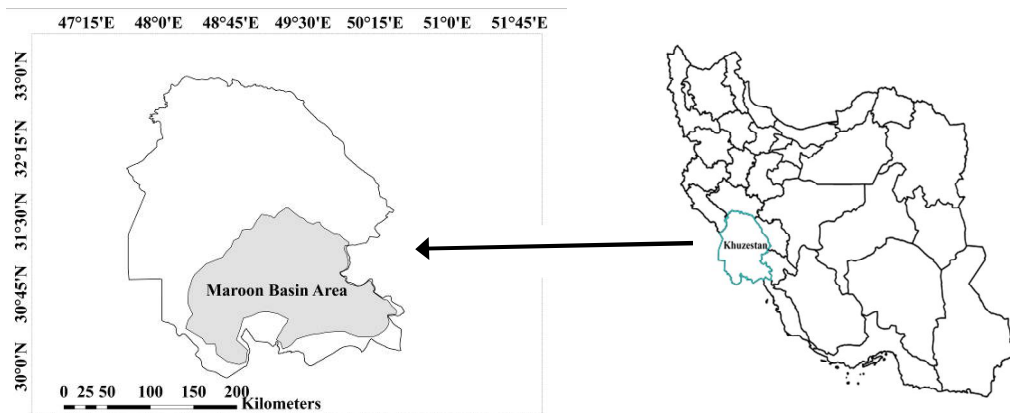
5-Krijing

6-Raster

7- Digital elevation model

1- Landsat

پس از پردازش بر اساس نیازهای بوم‌شناختی مطلوب رشد برای کلزا و گندم که از منابع علمی مختلف، جمع‌آوری شده بود، طبقه‌بندی گردیدند (جدول 1).

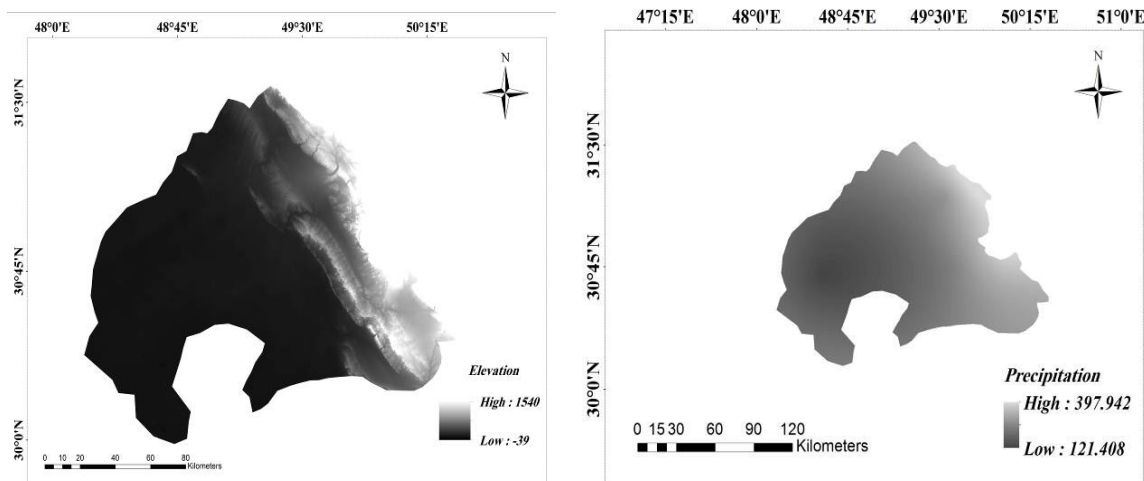


شکل 1- محدوده حوضه مارون در استان خوزستان و کشور
Fig. 1- Maroon basin area in Khuzestan province and Iran

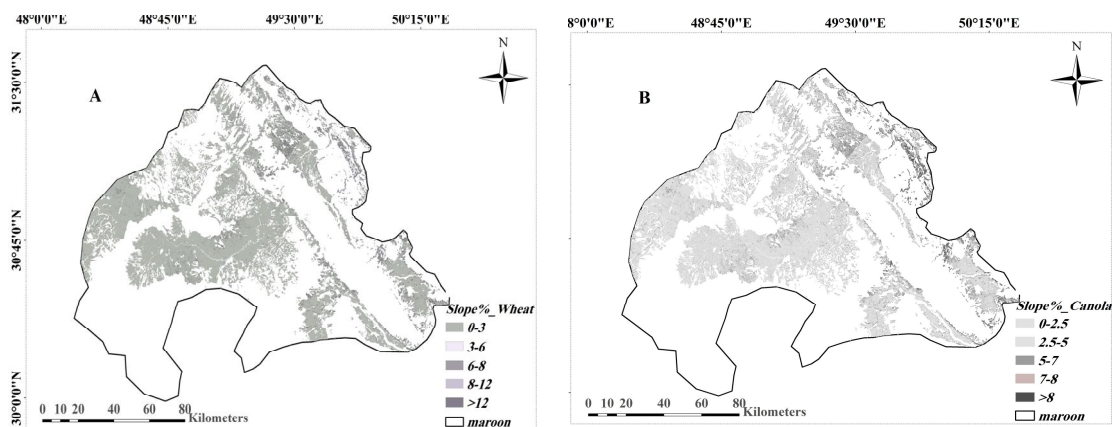
جدول 1- نیازمندی‌های مطلوب گیاهی محصولات کلزا و گندم بر اساس منابع مختلف

Table 1- Optimum requirements of canola and wheat crops

عوامل مؤثر Effective factors	کلزا Canola	گندم Wheat	منبع Reference
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)			
حداقل Minimum	>4	>5	
حداکثر Maximum	<30	<30	
میانگین Mean	18-20	15-20	
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	400-800	325-700	Rastegar, 2005; Khajehpour, 2014;
ارتفاع (متر) Elevation (m)	<1500	<800	Kafi et al., 2000;
درصد شیب Slope (%)	<8	<8	Tajbakhsh & pourmirza, 2003; Syami, 2008;
پتانسیل منابع آبی Potential water resources	فراوان Abundant	فراوان Abundant	Morrison & Stewart, 2002; Malakouti & Gheibi, 1998;
خاک Soil			Francois, 1994a and Asana & Kale, 1965
آستانه شوری (dS.m ⁻¹) Salinity threshold	11	6	
pH	6 -7	6-7	
بافت Texture	دامنه وسیعی از بافت‌ها A wide range of Textures		
کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	1-2	1-2	



شکل 2- نقشه بارش (میلی‌متر) و ارتفاع از سطح دریا (متر)
Fig. 2- Map of precipitation (mm) and elevation (m)

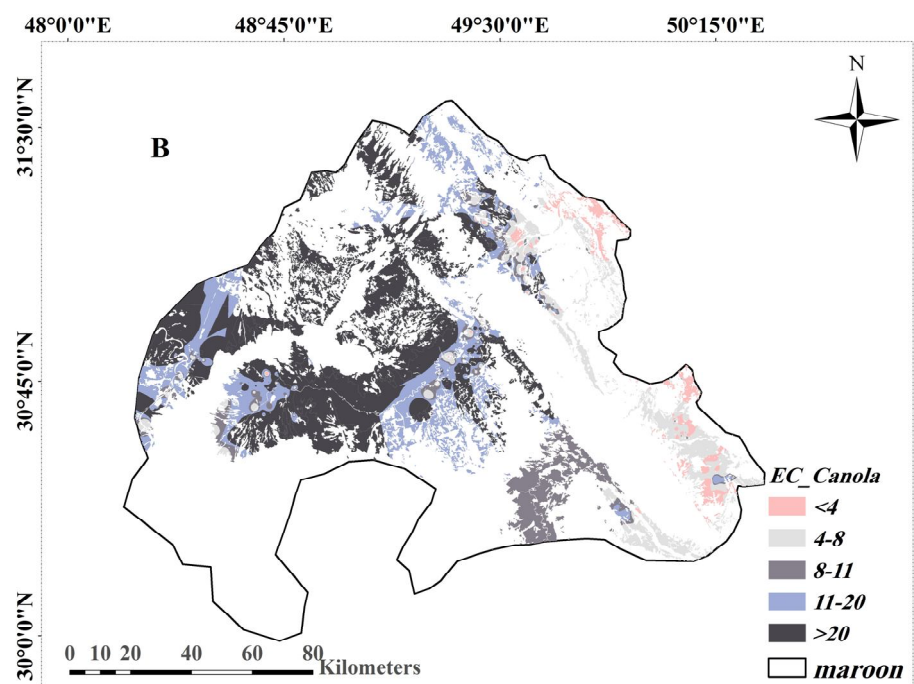
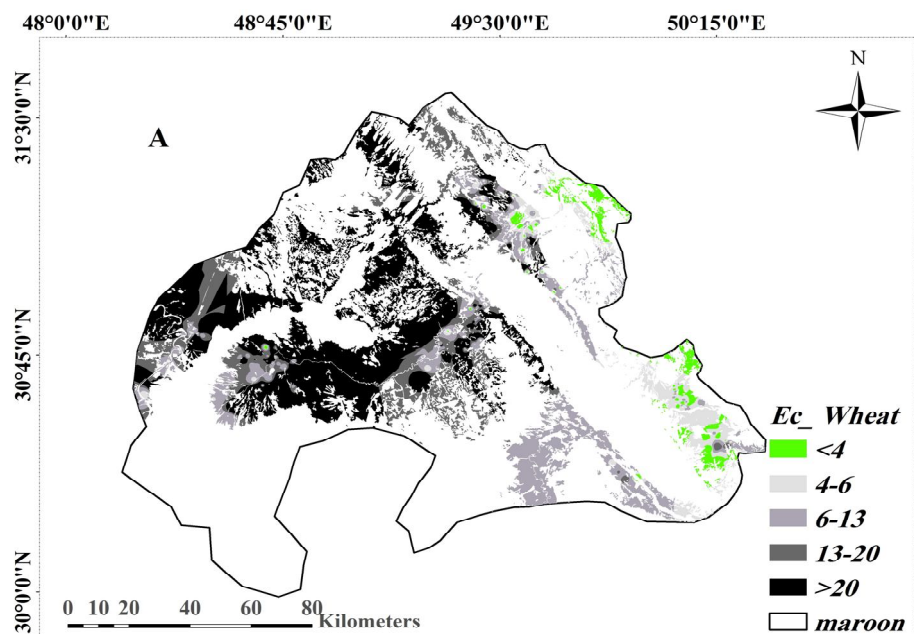


شکل 3- نقشه‌های تهیه‌شده برای شیب محصولات کلزا و گندم
Fig. 3-Slope maps for canola and wheat crops

داشتن حداقل شرایط لازم (Rubio et al., 2003)، می‌تواند برای توصیف برخی نتایج این مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال، کافی بودن میزان بارندگی و در دسترس بودن منابع آبی، برای هر دو محصول باعث می‌شود که تناسب اراضی با آن‌ها صرف‌نظر از تأثیرگذاری دیگر عوامل، در طبقه بسیار مناسب قرار گیرد. بنابراین شناسایی مناطق مختلف بر پایه داده‌های جدول 1 برای هر دو محصول کلزا و گندم به پنج گروه بسیار مناسب، مناسب، تناسب

همپوشانی لایه‌های رستری مختلف بارش و دسترسی به منابع آبی، ارتفاع، شیب و شوری خاک، (شکل‌های 2، 3 و 4) به همراه لایه‌های رستری تغییرات دمایی، بافت، اسیدیته، کربن آلی خاک، همگی با سلول‌های با اندازه یکسان 39 متر انجام گرفت و شرایط زراعی هر محصول تعیین گردید. هرکدام از این عوامل می‌تواند به‌صورت مجزا با توجه به وزن و اهمیت خود، تناسب اراضی محدوده مطالعاتی را برای هر محصول، تحت تأثیر قرار دهد. در اینجا، قانون

متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه‌بندی شد.



شکل 4- نقشه‌های تهیه‌شده برای شوری خاک محصولات کلزا و گندم

Fig. 4- Salinity maps for canola and wheat crops

جدول 2- مقادیر ترجیحی مقایسات زوجی (منبع: ساعتی (Saaty, 1980, 2004))
Table 2- Preferred values of paired comparisons (Reference: Saaty, 1980, 2004)

تعریف	درجه اهمیت
Definition	Intensity of importance
اهمیت یکسان	1
Equal importance	
اهمیت متوسط	3
Moderate importance	
اهمیت زیاد	5
Strong importance	
اهمیت خیلی زیاد	7
Very strong importance	
کاملاً مهم	9
Extreme importance	
مقادیر متوسط	2,4,6,8
Intermediate values	

ایستگاه‌های سازمان آب منطقه‌ای خوزستان در حوضه مارون و نیز اطلاعات توصیفی نقشه پراکنش چاه‌ها استفاده شد و سپس این نقشه‌ها با نقشه بارش فصلی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب و نقشه نهایی میزان دسترسی به منابع آبی تهیه گردید. پس از ارزش‌گذاری، رستر عوامل اقلیمی (حداکثر، حداقل و میانگین دمای هوا، بارش و دسترسی به منابع آب)، خصوصیات خاک (شوری، pH، کربن آلی و بافت) و توپوگرافی (شیب و ارتفاع)، بر مبنای دستورالعمل فائو طبقه‌بندی شدند (Hall et al., 2008; FAO, 1984 & 1985; Sys et al., 1991; Kazemi, 2014). در این دستورالعمل ابتدا نیازهای بوم‌شناختی و زراعی گیاهان مورد مطالعه با استفاده از منابع موجود تعیین، سپس محدوده‌های تناسب به پنج گروه بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه‌بندی شدند (جدول 1 و 3). لایه‌های طبقه‌بندی‌شده با استفاده از دستور رستر کلکولیت²، هم‌پوشانی شده و برای ارزیابی تناسب اراضی محصولات کلزا و گندم در جهت افزایش حاصلخیزی خاک، مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

لایه‌های حداقل و حداکثر دما در طول فصل رشد نشان دادند که متوسط دمای رشد در وضعیت مناسبی برای هر دو محصول قرار دارد. در محدوده مطالعاتی، میانگین حداقل دمای روزانه در طول فصل

از آنجایی که ترکیب لایه‌های اطلاعاتی بدون لحاظ اهمیت هر لایه در مکان‌یابی نمی‌تواند ارزش واقعی آن لایه‌ها را نشان دهد، برای ارزیابی دقیق‌تر لازم است اهمیت نسبی هر عامل مشخص گردد. بدین منظور در این مطالعه از مدل وزن‌دهی تحلیل سلسله مراتبی¹ استفاده شد. این روش دربرگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی بوده و بر دانش کارشناسی استوار است. به‌طوری‌که از یک‌طرف، تکنیکی وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق و درک آن، جهت تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Saaty, 1980, 2004). در این مطالعه به دلیل اینکه هر یک از ویژگی‌های خاک و محیط دارای تأثیر متفاوتی هستند، به هریک بر اساس اهمیت، وزنی بین یک الی نه اختصاص یافت (جدول 2) و به منظور محاسبه وزن نهایی ماتریس‌های ارزیابی، از افزونه AHP که در محیط نرم‌افزاری جی‌آی‌اس اجرا می‌شود، استفاده شد. این نرم‌افزار، وزن نهایی هر پارامتر و نرخ ناسازگاری کل پارامترها را محاسبه نموده (Farajzadeh & Mirzabayati, 2007) و در آن شوری خاک با وزن 0/2231 تأثیرگذارترین عامل و نرخ ناسازگاری کل عوامل مؤثر نیز 0/08 بود.

یکی از مهم‌ترین لایه‌های تهیه‌شده که با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار است، لایه دسترسی به آب است. برای تهیه نقشه این لایه، از اطلاعات بلندمدت (سال‌های 1345 تا 1392 شمسی) تعداد 16 ایستگاه اندازه‌گیری از مجموعه

2-Raster calculator

1- Analytical hierarchy process (AHP)

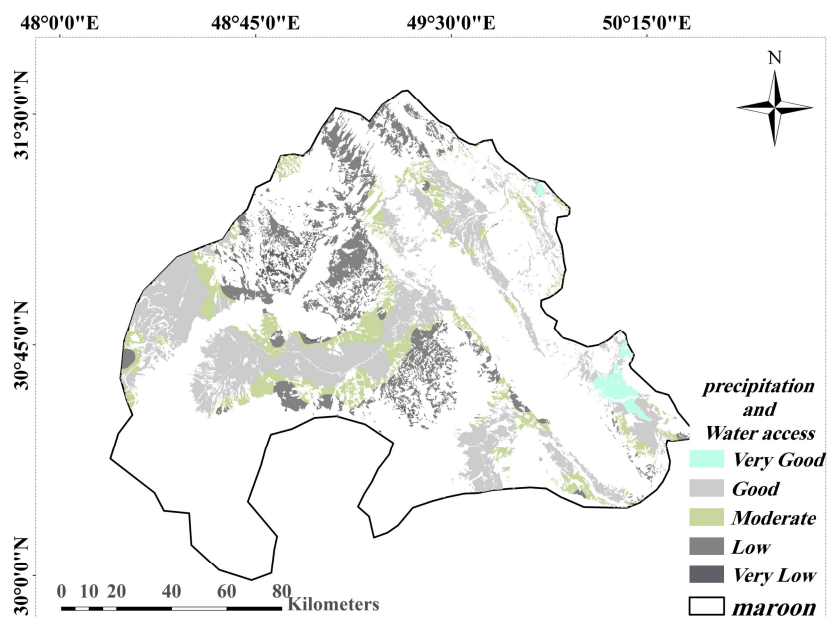
در فروردین ماه هر سال اتفاق افتاده که زمان رسیدن محصولات منطقه مورد مطالعه است. بنابراین مشخص می‌گردد که دماهای حداقل و میانگین دما، در طول فصل رشد برای هر دو محصول عوامل محدودکننده‌ای نبوده، ولی دمای حداکثر در فروردین ماه تا حدودی محدودکننده است. این عامل باعث تنش دمایی اواخر فصل رشد محصولات شده و کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد.

زمستان اغلب از مقدار حداقل چهار و حداکثر 27/8 درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در باغملک و امیدیه که برای رشد کلزا و گندم مناسب است، در نوسان بود. این در حالی است که میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد هر دو محصول، از تاریخ کاشت در آبان ماه هر سال تا زمان برداشت آن‌ها در اواخر فروردین سال بعد، از 13/6 تا 18/5 درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر دما در همین بازه زمانی، از 13/2 تا 33/8 درجه سانتی‌گراد متغیر بود. البته حداکثر دمای این محدوده

جدول 3- محدوده تعیین درجات تناسب اراضی (فائو (FAO, 1984)، سائیس و همکاران (Sys et al., 1991) و کالوژیرو (Kalogirou, 2002))

Table 3- Groups land suitability classes (References: FAO, 1984; Sys et al., 1991 and Kalogirou, 2002)

طبقه	طبقه‌بندی فائو	رتبه (درصد)	درجه تناسب
Class	FAO Classes	Score (%)	Suitability Degree
0	S ₁	98-100	بسیار مناسب Highly suitable
1	S ₂	85-98	مناسب Suitable
2	S ₃	65-85	تناسب متوسط Moderately suitable
3	S ₄	40-65	تناسب کم Marginally suitable
4	S ₅	<40	نامناسب Not suitable



شکل 5- نقشه دسترسی اراضی به منابع آب و باران

Fig. 5- Map of land access to precipitation and water resources

از طریق تحلیل سلسله مراتبی به‌دست‌آمدند، در طول فصل رشد نشان داد که 9/1% (57411 هکتار)، 17/5% (110585 هکتار)، 22% (138873 هکتار)، 25/8% (163578 هکتار) و 25/6% (162026 هکتار)، از اراضی زراعی به‌ترتیب در طبقات بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب برای کشت کلزا واقع شدند (شکل 6 ب و جدول 4). محدودیت‌های عمده در این تقسیم‌بندی شامل شوری خاک، اسیدیته، کربن آلی، بارش و دسترسی به منابع آبی هستند. از آنجایی که کلزا محدودیت‌های یادشده را به‌صورت کاهش عملکرد، پاسخ می‌دهد، کشت آن در خیلی از مناطق مورد مطالعه در طبقات دوم و سوم می‌تواند گسترش پیدا نماید. این مناطق در حوضه مارون استان خوزستان، بدون کاهش عملکرد تا مساحت 57411 هکتار، با کاهش 15 درصدی عملکرد تا مساحت 110585 هکتار تا 35 درصد کاهش عملکرد تا 138873 هکتار گسترش یابد (جدول 3 و 4). این محدوده‌ها در کلاس‌های بسیار مناسب، مناسب و تناسب متوسط، واقع هستند.

بررسی لایه pH خاک نشان داد که محدوده آن از مقدار 6/6 تا 8/5 در محدوده مطالعاتی قرار داشته که در مقایسه با حداکثر مقدار مناسب هفت، عامل محدودکننده است. از طرفی همپوشانی این لایه با سایر لایه‌های رستری دیگر از جمله متغیرهای اقلیمی و خاک، موجب تعیین نواحی کشت هر محصول گردید. در همین راستا نقشه-های تولیدی کشت کلزا و گندم نشان دادند که مساحتی معادل 632473 هکتار از اراضی محدوده حوضه مارون، در هر سال زراعی، از پتانسیل‌های مختلفی برای کشت این محصولات و یا سایر محصولات، برخوردارند. این‌درحالی است که این اراضی با محدودیت‌های زیادی در مسیر تولید از جمله شوری، اسیدیته و پایین بودن درصد کربن آلی خاک به همراه پتانسیل منابع آبی، مواجه بوده به‌طوری که در دو فصل کشت متوالی، تنها مساحت 57411 هکتار برای کشت کلزا و 46890 هکتار برای کشت گندم، بدون محدودیت قابل بهره‌برداری هستند (جدول 4).
نقشه هم‌پوشانی متغیرهای اقلیمی (بارش و حداقل، حداکثر و متوسط دمای هوا)، خاک و توپوگرافی با اعمال ضرایب وزنی آن‌ها که

جدول 4- سطوح تعیین‌شده برای تناسب اراضی محصولات کلزا و گندم در منطقه مطالعاتی

Table 4- Determined areas of different suitability classes for canola and wheat crops in the studied area

تناسب Suitability	طبقه‌بندی فائو FAO class	کلزا Canola		گندم Wheat	
		سطح (هکتار) Area (ha)	درصد از کل سطح % Out of total area	سطح (هکتار) Area (ha)	درصد از کل سطح % Out of total area
بسیار مناسب Highly suitable	S ₁	57411	9.1	46890	7.4
مناسب Suitable	S ₂	110585	17.5	62013	9.8
تناسب متوسط Moderately suitable	S ₃	138873	22	175950	27.8
تناسب کم Marginally suitable	S ₄	163578	25.8	185434	29.4
نامناسب Not suitable	S ₅	162026	25.6	162186	25.6
کل Total	-	632473	100	632473	100

اند. بر پایه طبقه‌بندی انجام‌شده، 22 درصد از اراضی حوضه مارون در محدوده تناسب متوسط با محدودیت‌های عمده شوری و دسترسی به منابع آبی مواجه بوده که هم‌زمان باعث محدودیت تناسب اراضی و کاهش عملکرد محصول می‌شوند. این‌درحالی است که متوسط

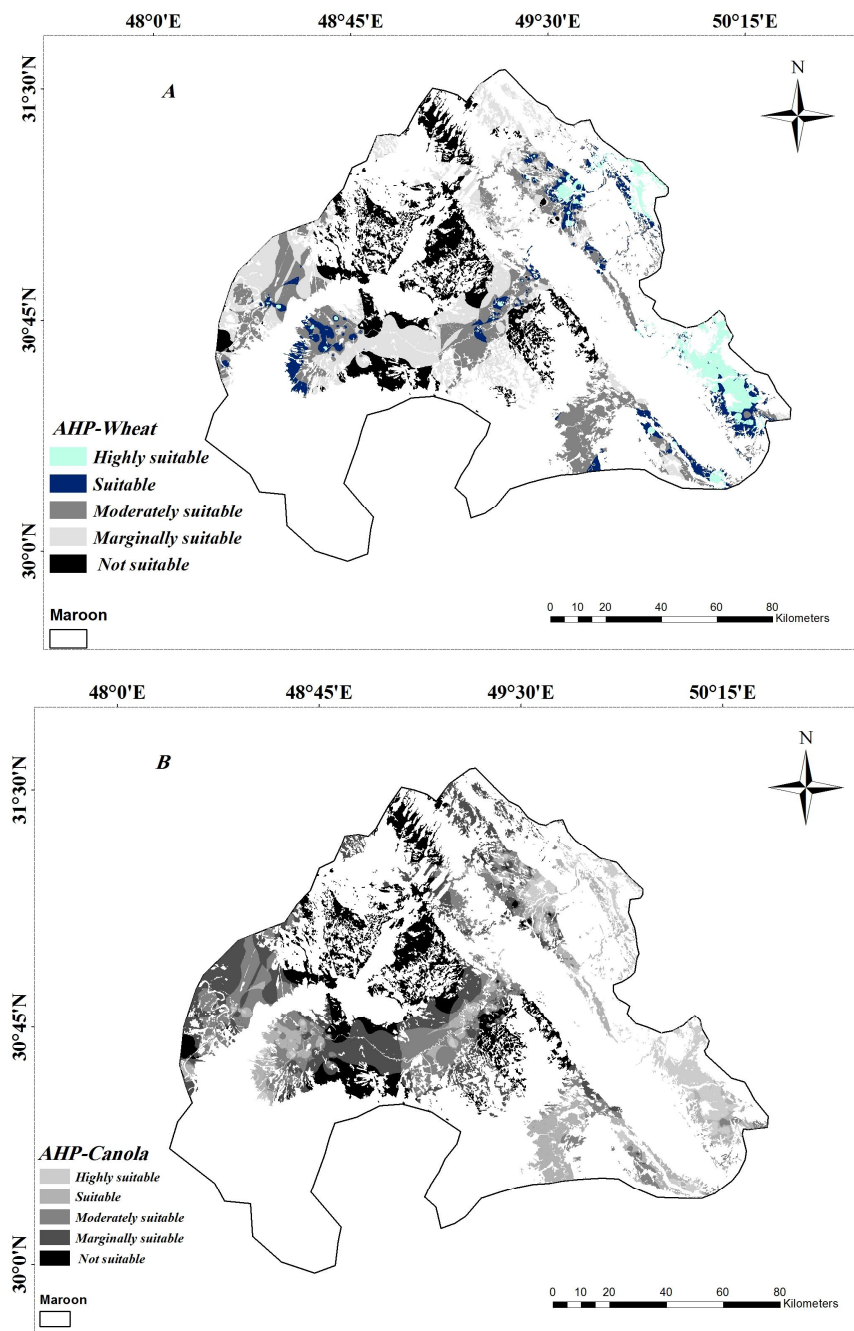
با در نظر گرفتن نقشه نهایی کلزا، بهترین نواحی کاشت آن در مناطق شمالی حوضه مارون عمدتاً در شهرستان‌های بهبهان، رامهرمز و بخش‌هایی پراکنده هم در باغملک، رامشیر و شادگان که فاقد محدودیت‌های شوری بوده و به منابع آبی دسترسی دارند، قرار گرفته-

عملکرد دانه کلزا در واحد سطح در حوضه مورد مطالعه (1222 کیلوگرم در هکتار) با متوسط عملکرد کشوری (1526 کیلوگرم در هکتار) کمتر بوده (MAJI, 2016) که با برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر زراعی، قابل جبران است. همچنین نتایج نشان داد که میزان بارندگی در منطقه مطالعاتی از 121 تا 398 میلی‌متر متغیر بوده که کمتر از بارندگی مورد نیاز برای کشت کلزا به‌صورت دیم است (شکل 1 و جدول 1) و کمبود رطوبت می‌بایست از طریق منابع آبی سطحی، زیرزمینی و به‌صورت آبیاری تکمیلی تأمین گردد. در این مطالعه، نقشه‌های مورد نیاز تناسب اراضی برای گندم نیز تهیه شد که بر اساس آن‌ها 7/4 % (46890 هکتار)، 9/8 % (62013 هکتار)، 27/8 % (175950 هکتار)، 29/4 % (185434 هکتار) و 25/6 % (162186 هکتار)، از اراضی زراعی به‌ترتیب در طبقه‌های بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب برای کشت گندم قرار گرفتند (شکل 6 الف و جدول 4). در این نقشه‌ها نیز عوامل شوری خاک، اسیدیته و دسترسی به منابع آبی، محدودکننده‌های اصلی هستند. این نتیجه با دیگر نتایج که در آن‌ها بارش باران و پتانسیل منابع آبی تأثیر زیادی بر رشد و عملکرد دانه گندم داشت، هم‌خوانی دارد (Aminifar et al., 2012). آمارها نشان می‌دهد که استان خوزستان با حدود 400000 هکتار، بالاترین سطح زیرکشت گندم را در کشور به خود اختصاص داده است. درعین‌حال میزان تولید آن در واحد سطح (3477 کیلوگرم در هکتار) علی‌رغم محدودیت‌های موجود، با میانگین تولید کشوری (3526 کیلوگرم در هکتار) برابری می‌کند (MAJI, 2016). این‌درحالی است که نتایج تناسب اراضی نشان داد که تنها 9/1 درصد از محصول کلزا و 7/4 درصد از محصول گندم در کل اراضی حوضه، در طبقات بسیار مناسب واقع‌شده‌اند در صورتی که به‌ترتیب 55 و 51/4 درصد از کل اراضی زراعی در طبقات تناسب کم و نامناسب منطقه هدف قرار دارند (جدول 4).

آن‌چه در این بررسی مشخص گردید محدودیت شدید شوری خاک بود. آستانه تحمل شوری خاک بدون کاهش عملکرد برای گندم چهار و برای کلزا هشت دسی‌زیمنس بر متر است. این آستانه‌ها به‌ترتیب با افزایش به شش و 11 دسی‌زیمنس بر متر تا 50 درصد کاهش عملکرد ایجاد می‌کند (Francois, 1994a). با این اوصاف، دیگر پژوهشگران آستانه تحمل هر دو محصول را کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر اعلام می‌نمایند (Katerji et al., 2003). این نتایج نشان داد که شوری خاک مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت

محصولات گندم و کلزا در محدوده مورد مطالعه است. به همین دلیل اغلب اراضی واقع در طبقه اول (بسیار مناسب) که فاقد محدودیت شوری خاک هستند، برای کشت گندم در شهرستان‌های بهبهان، رامهرمز و بخش‌هایی از باغملک انتخاب شدند درحالی‌که عمده اراضی طبقات دوم و سوم در شهرستان‌های رامشیر، شادگان، امیدیه، هندیجان قرار دارند (شکل 5 الف). بعد از تعیین تناسب اراضی برای محصولات کلزا و گندم در قالب نقشه‌های رقمی شده، این نقشه‌ها جهت امکان‌سنجی تعیین نواحی کاشت آن‌ها به‌صورت تناوبی، در یک نقشه جدید طبقه‌بندی شدند (شکل 6). کشت هر کدام از آن‌ها در یک سال زراعی بوده و تجهیزات مورد نیاز برای کاشت، داشت و برداشت آن‌ها نیز مشابه است (Murdock et al., 2013). کارشناسان کشاورزی معتقدند که سیستم تناوبی، فرصتی مطلوب برای متنوع کردن محصولات، مقابله با آفات و بیماری‌ها، افزایش مواد آلی و در نهایت حفاظت خاک و پایداری تولید است و در این سیستم، کلزای زمستانه، گزینه‌ای مطلوب برای تناوب با غلات و از جمله گندم بوده که ضمن مزایای یادشده، روغن خوراکی با کیفیت بالا برای استفاده‌های مختلف تولید می‌نماید (Ozturk, 2010). درعین‌حال معمولاً زمان رسیدن کلزا و برداشت آن زودتر از گندم انجام می‌شود (Murdock et al., 2013).

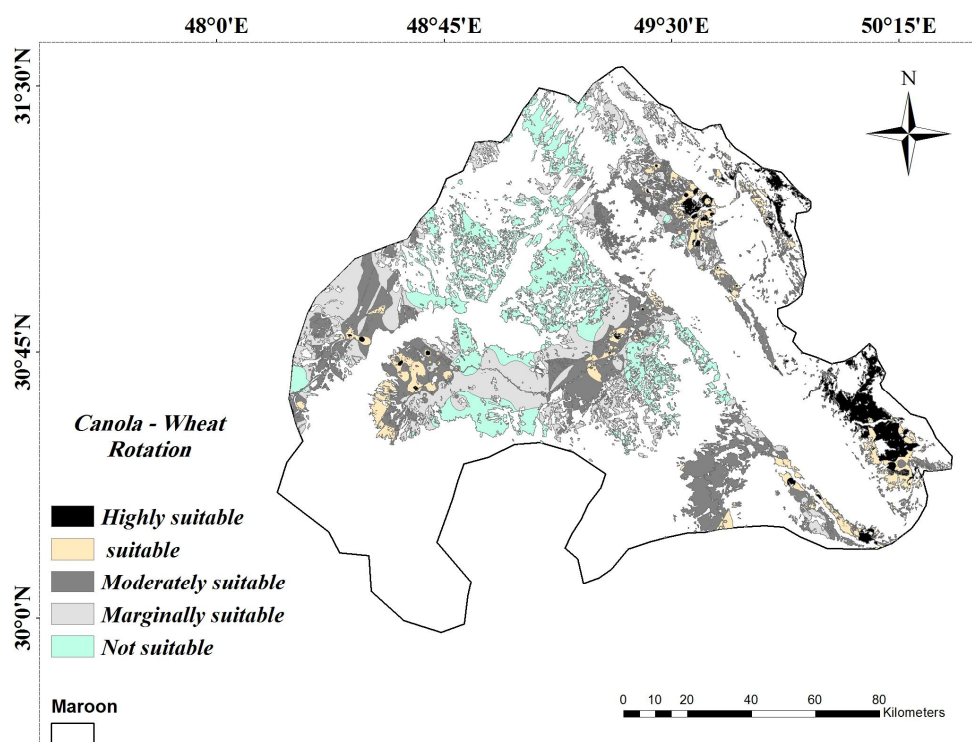
مطالعه نقشه‌های حاصله نشان داد که سطوح نامناسب برای کشت محصولات کلزا و گندم در غرب و قسمت‌هایی از جنوب شرق محدوده مطالعه واقع‌شده‌اند (شکل 6). این نتایج عمدتاً متأثر از لایه‌های شوری خاک و دسترسی به منابع آبی بوده است. به‌طوری‌که شوری خاک در برخی قسمت‌های محدوده مطالعاتی، بیشتر از آستانه تحمل محصولات گندم و کلزا بوده و همین‌طور این مناطق هم از بارندگی کافی و هم دسترسی فراوان به آب، در شرایط بسیار بدتری قرار دارند (جدول 1). در این راستا نقشه ترکیبی کلزا - گندم با همپوشانی لایه‌های مختلف، بهترین شرایط را به تصویر می‌کشد (شکل 7). بر اساس این نقشه، اراضی واقع در حوضه مارون استان خوزستان، عمدتاً می‌بایست در مراحل از رشد که با عدم بارندگی مؤثر مواجه می‌شوند، در معرض آبیاری تکمیلی قرار گیرند. همچنین بهترین شرایط در این نقشه از اراضی با شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر، شیب کمتر از هشت درصد، ارتفاع از سطح دریای کمتر از 1547 متر و حداقل دمای بیشتر از چهار درجه سانتی‌گراد در زمستان به همراه دسترسی به منابع آبی فراوان، در اراضی با درجات تناسب بالا،



شکل 6- الف) نقشه تناسب اراضی برای گندم و ب) کلزا در کل منطقه مطالعاتی
Fig. 6- Land suitability maps for wheat (a) and canola (b) in studied area

که به سبب عدم بازدهی تولید در معرض محدودیت‌های شدید شوری، عدم حاصلخیزی خاک و عدم دسترسی به آب باران و منابع آبی دیگر است، در دیگر مناطق، قرار گرفته‌اند. بنابراین برای استفاده از این مناطق اصلاح خاک و آبیاری فراوان توسط کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2014) پیشنهاد شده است. همین پژوهشگران در مقام مقایسه بین شوری خاک با بارش و دسترسی به منابع آبی، معتقدند که شوری خاک عامل محدودکننده‌تری است که می‌بایست برای سطوح قابل کاشت در نظر گرفته شود.

بر اساس اطلاعات نقشه یادشده، 7/4 % (46890 هکتار)، 9/8 % (62013 هکتار)، 27/8 % (175950 هکتار)، 29/4 % (185434 هکتار) و 25/6 % (162026 هکتار)، به‌ترتیب در طبقه‌های بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب قرار گرفته‌اند (جدول 5). مندرجات نقشه واقع در شکل 7، نشان‌دهنده این است که سطوح طبقه اول برای توسعه کشت محصولات کلزا و گندم در شمال حوضه مورد مطالعه شامل شهرستان‌های بهبهان، رامهرمز و بخش‌هایی از باغملک واقع شده و طبقات با تناسب اراضی چهارم و پنجم



شکل 7- نقشه نهایی تناسب اراضی برای کشت کلزا و گندم
Fig. 7- Final Map of land suitability for cultivation of canola and wheat

به منابع آبی فراوان، انتخاب شدند. از آنجایی که نقشه ترکیبی کلزا-گندم از همپوشانی نقشه حاصل از لایه‌های کلزا و گندم تهیه گردیده، در آن نقشه، اراضی که برای کشت گندم بر مبنای آستانه شوری خاک، مناسب هستند، یقیناً برای کشت کلزا نیز مناسب می‌باشند. این سطوح حدود 284853 هکتار در طبقات اول تا سوم، مساحت دارند. همچنین نقشه نهایی نشان داد که بیش از 25/6 درصد (162186

هرچند کاهش عملکرد محصولات گندم و کلزا به‌ترتیب در شرایط وجود شوری خاک از شش تا 11 دسی‌زیمنس بر متر اتفاق می‌افتد (جدول 1)، اما بهترین شرایط رشد برای محصولات یادشده در خاک‌های فاقد شوری است. بنابراین اراضی با طبقه بسیار مناسب برای کشت محصولات کلزا و گندم عمدتاً بر پایه شوری کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (Hall et al., 2008) به همراه بارش و دسترسی

هکتار) و 29/4 درصد (185434 هکتار) در طبقات نامناسب و تناسب کم برای کشت گندم واقع شده‌اند. این نتیجه، حقایق زیادی را جهت توسعه کشت کلزا و اثرات آن بر حاصلخیزی خاک در حوضه مارون استان خوزستان مشخص می‌نماید.

جدول 5- سطوح تعیین‌شده برای تناسب اراضی تناوب کلزا - گندم در منطقه مطالعاتی
Table 5- Determined areas of different suitability classes for canola - wheat rotation in studied area

تناسب Suitability	طبقه‌بندی فائو FAO classes	تناوب کلزا - گندم Canola - wheat rotation	
		سطح (هکتار) Area (ha)	درصد از کل سطح % Out of total area
بسیار مناسب Highly suitable	S ₁	46890	7.4
مناسب Suitable	S ₂	62013	9.8
تناسب متوسط Moderately suitable	S ₃	175950	27.8
تناسب کم Marginally suitable	S ₄	185434	29.4
نامناسب Not suitable	S ₅	162186	25.6
کل Total	-	632473	100

متوسط و تناسب کم و 25/6 درصد باقیمانده نیز در طبقه نامناسب واقع شدند. در این میان تعیین موقعیت اراضی با طبقه بسیار مناسب برای محصولات گندم و کلزا، به مطلوب بودن اثر کشت تناوبی آن‌ها در حاصلخیزی خاک و پایداری تولید کمک خواهد نمود. این نتایج همچنین توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی را به‌عنوان یک ابزار سریع و کارا برای ارزیابی قابلیت ترکیب عوامل بوم‌شناختی و کاشت محصولات با حداقل هزینه و کمترین زمان، مشخص نموده و می‌تواند برای سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان مفید واقع شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تهیه لایه‌های اطلاعاتی زراعی - بوم‌شناختی بر مبنای وزن‌دهی با تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد حوضه مارون که در شرق و جنوب شرقی استان خوزستان واقع شده و حدود 30 درصد کل سطح آن را شامل می‌شود، درجات مختلفی از تناسب اراضی را دارا است. بر مبنای این نتایج، 7/4 و 9/8 درصد از کل سطوح اراضی موجود در محدوده مطالعاتی، به- ترتیب در طبقات بسیار مناسب و مناسب برای کاشت هر دو محصول قرار گرفتند. همچنین 57/2 درصد از کل اراضی در طبقات تناسب

منابع

- Abbaspour, M., Mahiny, A.S., Arjmandy, R., and Naimi, B. 2011. Integrated approach for land use suitability analysis. *International Agrophysics* 25: 311-318.
- Akinci, H., Ozalp, A.Y., and Turgut, B. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 71-82.
- Aminifar, J., Mohsenabadi, G.H., Bigloui, M.H., and Samiezadeh, H. 2012. Effect of deficit irrigation on yield, yield components and phenology of soybean cultivars in Rasht region. *International Journal of AgriScience* 2(2): 185-191.
- Apaydin, H., Kemal Sonmez, F., and Ersoy Yildirim, Y. 2004. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. *Climate Research* 28: 31-40.
- Asana, R.D., and Kale, V.R. 1965. A study of salt tolerance of four varieties of wheat. *Indian Journal of Plant*

Physiology 8: 5-22.

Ceballos-Silva, A., and Lopez-Blanco, J. 2003. Delineation of suitable areas for crops using a multi-criteria evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in central Mexico. *Agricultural Systems* 77(2): 117-136.

Chen, J. 2007. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *Catena (Journal of Soil Science- Hydrology- Geomorphology focusing on Geoecology and Landscape Evolution)* 69(1): 1-15.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1976. A Framework for Land Evaluation, *Soils Bulletin* 32. Rome.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1984. Guidelines for land evaluation for rainfed agriculture. *Soils Bulletin*, No. 52. Rome: FAO.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *Soils Bulletin*, No. 55. Rome: FAO.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2014. The FAOSTAT Database Available at Web site. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (last accessed 2015.12.13).

Farajzadeh, M., and Mirzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. *Tarbiat Modarres University. Journal of Modarres Human Sciences* 50: 67-92. (In Persian with English Summary)

Francois, L.E. 1994a. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal* 86(2): 233-237.

Ghahroodi Tali, M. 2002. Assessment of Kriging Interpolation, *Geographical Research*, Tehran University Press, Iran 34: 95-108. (In Persian)

Ghasemi Pirbalouti, A. 2009. GIS-based land suitability evaluation for rapeseed oil crop. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7(3 and 4): 837-840.

Giardini, L., Borin, M., Giupponi, C., and Bonini Baraldi, A. 1997. La classificazione agronomic del territorio: proposta metodologica del sistema CAT II. *Journal of Genio Rurale* 5: 53-64.

Godfray, H. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Journal of Science* 327(5967): 812-818.

Grassano, N., Tedone, L., Verdini, L., and De Mastro, G. 2011. Evaluation of rapeseed cultivation suitability in Apulia with GIS multi criteria analysis. *Italian Journal of Agronomy* 6(2): 101-105.

Hall, O., Duit, A., and Caballero, L.N.C. 2008. World poverty, environmental vulnerability and population at risk for natural hazards. *Journal of Maps* 4(1): 151-160.

Hassani Pak, A.A. 2013. *Geostatistics*. Tehran University Press, Tehran, Iran 328 pp. (In Persian)

Hossain, M.S., Chowdhury, S.R., Das, N.G., and Rahaman, M.M. 2007. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Journal of Aquaculture International* 15(6): 425-443.

Javadian, M., Shamskooshki, H., and Momeni, M. 2011. Application of sustainable urban development in environmental suitability analysis of educational land use by using AHP and GIS in Tehran. *Journal of Procedia Engineering* 21: 72-80.

Kafi, M., Ganjali, A., Nezami, A., and Shariat-Madar, F. 2000. Weather and Yeild. *Ferdowsi University of Mashhad*, Iran 311 pp. (In Persian)

Kalogirou, S. 2002. Expert system and GIS: an application of land suitability evaluation. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems* 26(2 and 3): 89-112.

Kamkar, B., Dorri, M.A., and Teixeira da Silva, J.A. 2014. Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.) – soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 17: 95-104.

Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., and Mastrorilli, M. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Journal of Agricultural Water Management* 62(1): 37-66.

Kazemi, H. 2014. Ecological zoning of agricultural lands in Gorgan for sunflower cultivation. *Journal of Plant Production* 21(1): 25-47. (In Persian with English Summary)

Khahro, S.H., Matori, A.N., Chandio, I.A., and Talpur, M.A.H. 2014. Land suitability analysis for installing new petrol filling stations using GIS. *Journal of Procedia Engineering* 77: 28-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prong>.

Khajepour, M.R. 2014. *Principles and Fundamentals of Crop Production (Third Edition)*. Isfahan University of Technology Press, Esfahan, Iran 658 pp. (In Persian)

- Lambin, E.F., and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of National Academy of Sciences of the U.S.A.* 108(9): 3465-3472.
- Malakouti, M.J., and Gheibi, M.N. 1998. Determination of critical level for nutrients effective upon the soil, plant and fruits. Publish Agricultural Training, Iran 64 pp. (In Persian)
- Ministry of Agriculture Jihad of Iran (MAJI). 2016. Annual agricultural statistics. <http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx>.
- Montgomery, B., Dragicevic, S., Dujmovic, J., and Schmidt, M. 2016. A gis-based logic scoring of preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. *Journal of Computers and Electronics in Agriculture* 124: 340-353.
- Morrison, M.J., and Stewart, D.W. 2002. Crop physiology and metabolism heat stress during flowering in summer Brassica. *Journal of Crop Science* 42: 797-803.
- Murdock, L., Herbek, J., and Riggins, S.K. 2013. Canola production and management. www.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id114/id114.htm (Last accessed 2008.12.13).
- Myers, R.L. 2002. Canola: an emerging oilseed alternative. <[http:// www.jeffersoninstitute.org/pdf/Canola crop guide.pdf](http://www.jeffersoninstitute.org/pdf/Canola%20crop%20guide.pdf)> (last accessed 2008.12.13).
- Nasroollahi, N., Kazemi, H., and Kamkar, B. 2015. Feasibility of annual alfalfa cropping in Aq-Qalla township (Golestan Province). *Journal of Agroecology* 7(3): 397-411. (In Persian with English Summary)
- Ninyerola, M., Pons, X., and Roure, J.M. 2000. A methodological approach of climatologically modeling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology* 20: 1823-1841.
- Ozturk, O. 2010. Effect of source and rate nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(1): 132-141.
- Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., and Fischer, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socioeconomic scenarios. *Journal of Global Environmental Change* 14(1): 53-67.
- Pellerano, A., Pantaleo, A., Tenerelli, P., and Carone, M.T. 2007. Studio per la valorizzazione energetica di biomasse agroforestali nella Regione Puglia. Dipartimento PROGESA, Universita di Bari, Italy p. 207.
- Rahman, R., and Saha, S.K. 2008. Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area. *Journal of Spatial Science* 53(2): 161-177.
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A., and Khashel Siuki, A. 2015. Spatial zoning of safferon cultivation based on climate factors using hierar analysis process method (Case study: Torbat hydariyeh city). *Journal of Agroecology* 7(2): 225-236. (In Persian with English Summary)
- Rastegar, M.A. 2005. General Agriculture. Barahmand Publications. Iran 411 pp. (In Persian)
- Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., and Jana, R. 2009. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Journal of Agricultural Systems* 101: 101-109.
- Rubio, G., Zhu, J., and Lynch, J.P. 2003. A critical test of the two prevailing theories of plant response to nutrient availability. *Ameican Journal of Botany* 90(1): 143-152.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill Comp., New York p. 54-55.
- Saaty, T.L. 2004. *Mathematical Methods of Operations Research*. Dover Publications, Mineola p. 415-447.
- Sarmadian, F., and Taati, A. 2014. Agroecological zoning of the Qazvin area for wheat using RS and GIS. *Journal of Agroecology* 7(3): 368-380. (In Persian with English Summary)
- Seyamy, R. 2008. *Techniques and Management of Field Crop Production*. Tehran Sepehr Press, Tehran, Iran 400 pp. (In Persian)
- Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. *Land Evaluation. Part I: Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations; Part II: Methods in Land Evaluation; Part III: Crop Requirements*. Agricultural Publications No. 7. General Administration for Development Cooperation, Brussels 280 pp.
- Tajbakhsh, M., and Pourmirza, A.A. 2003. *Cereal Agronomy*. Urmia University Press Urmia, Iran 312 pp. (In Persian)



Feasibility Study of Determination of Planting Areas for Wheat and Canola using GIS (Case Study: Maroon Basin of Khuzestan Province)

N. Heidarpour¹, H. Bahrami², Y. Mansoori^{3*} and S. Hojjati⁴

Submitted: 14-08-2016

Accepted: 09-04-2017

Heidarpour, N., Bahrami, H., Mansoori, Y., and Hojjati, S. 2018. Feasibility study of determination of planting areas for wheat and canola using GIS (Case Study: Maroon Basin of Khuzestan province). Journal of Agroecology. 10(2): 473-489.

Introduction

Undoubtedly, development of agricultural production systems without sufficient knowledge of the current situation and defining constraints is impossible. The potential of lands for cultivation of crops is determined by evaluation of biophysical and environmental variables. Therefore, climate, soil and geomorphologic environmental components are the most important agro-ecological variables for the evaluations. GIS is a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving, transforming and displaying spatial data of the real world. Much progress has been made over the last twenty years in developing methods of multi criteria-land suitability evaluations, especially by integrating GIS with multi-criteria decision making (MCDM). From MCDM, the analytic hierarchy process (AHP) is one of the most common methods to determine criteria weights. The integration of GIS and AHP approach is a useful method for decision-making, suitable for analysis of a big amount of data with a new set, enabling to show them in the form of maps and shapes. The aim of this study was to investigate the potentiality of lands for cultivation of Canola and Wheat in order to increase the sustainable productivity of the crops in Maroon basin of Khuzestan province, Iran, using a GIS based approach.

Materials and Methods

The study area of this experiment is located in the Maroon basin of Khuzestan Province in South West Iran with hot and dry climatic conditions. This area contains nearly 30 percent of current agricultural lands in Khuzestan province. Relevant environment components such as soil properties (pH, EC, texture, organic matter), topography (Elevation and slope), climate factors (precipitation and temperature) and water resources potential for cultivation of canola and wheat at different spatial resolutions were considered, collected from scientific references and then classified. Afterwards, digital information layers for Wheat and Canola were prepared based on the growth parameters and available environmental conditions, with AHP weighting using GIS. Experts' opinions were employed to determine the sufficient weights of each factors using relevant questionnaires. Finally, the generated agricultural land suitability maps were divided into 5 categories according to FAO classification guidelines as: highly suitable, suitable, moderately suitable, marginally suitable and not suitable.

Results and Discussion

The results of the research showed that among the factors contributing to land, the weightings of soil salinity and slope, with 0.2231 and 0.0254 were the highest and lowest limit, respectively. The weights are applied in overlapping layers of existing conditions using GIS software shows that an area of 632473 hectares of land in the basin Maroon, each year, and the different potential for canola and wheat crops. According to the agricultural land use suitability map, it was determined that 7.4% (46890 ha) of the studied area is highly suitable, 9.8% (62013 ha) suitable, 27.8% (175950 ha) moderately suitable, 29.4% (185434 ha) marginally suitable and 25.6% (162186 ha) not suitable for cultivation of wheat and canola. High soil salinity and limited water resources in the studied area were the most effective factors lowering the suitability of agricultural lands, in this study.

1, 2, 3 and 4- PhD student of Agricultural Mechanization, Associate Professor, Assistant Professor, of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz and Associated Professor, Department of Science and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Y.mansoori@Scu.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.58043

Conclusion

GIS is a powerful tool, as it provides many special features in a single system usable for land suitability. Generally, the goal of this study was to achieve some conclusions on the quality of land, decide on crop rotation and scheme for the management of the farms. This study were realized with the aid of GIS and AHP. It determined spatial highly suitable in Maroon basin district of Khuzestan province which help to sustainable agricultural production.

Acknowledgements

This study was supported by the Agricultural Research, Education and Extension Organization, Jihad Agricultural and Water and Power Authority of Khuzestan province. We acknowledge them for their assist.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Crop Rotation, Land Suitability



اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر کیفیت علوفه و دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی

احمد قاسمی^{1*}، احمد قنبری²، براتعلی فاخری³ و حمید رضا فنایی⁴

تاریخ دریافت: 1395/08/19

تاریخ پذیرش: 1396/02/10

قاسمی، ا.، قنبری، ا.، فاخری، ب.ع.، و فنایی، ح.ر. 1397. اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر کیفیت علوفه و دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی، 10(2): 490-503.

چکیده

در راستای توسعه کشاورزی پایدار، این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان طی دو سال زراعی 1392 و 1393 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سیستم متداول (شخم و مخلوط کردن کود با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (باقی گذاشتن بقایای کود سبز بر سطح خاک و کشت مستقیم ذرت (*Zea mays* L.) و منابع کود: T₀: شاهد (بدون مصرف کود)، T₁: کود سبز جو (*Hordeum vulgare* L.) بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T₂: کود سبز با مصرف کامل کود شیمیایی توصیه شده (NPK) به جو شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان 165، 90 و 75 کیلوگرم در هکتار، T₃: کود سبز با دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T₆: کود سبز با 40 تن کود دامی به عنوان عامل فرعی بودند. زمان برگرداندن جو به خاک مرحله خوشه‌دهی بود. نتایج نشان داد که اختلاط کود با خاک در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی منجر به افزایش عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک، میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر و خاکستر دانه و کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) گردید. منابع کود آلی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک، میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر، روی و خاکستر دانه شدند، ولی بر درصد NDF روند کاهشی نشان دادند. برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک در سال دوم در سیستم اختلاط کود با خاک و در منبع کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی با میانگین عملکرد دانه و علوفه‌تر به‌ترتیب برابر 9/400 و 110/151 تن در هکتار حاصل شد. بر اساس نتایج مخلوط کود سبز با نصف کود دامی و شیمیایی همراه با اختلاط کود با خاک برای تولید کمی و کیفی دانه و علوفه ذرت مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در حلال خنثی، خاکستر دانه، فسفر دانه، عملکرد دانه، کود سبز

مقدمه

در ایران به کمیت و کیفیت تولید گیاهان علوفه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر توجه شده که این امر از یک سو موجب

کمبود گوشت و مواد لبنی و پایین آمدن کیفیت آن‌ها و از سوی دیگر ایجاد فشار دام بر مراتع و متعاقب آن نابودی بخش عظیمی از پوشش گیاهی موجود و افزایش فرسایش خاک شده است (Modirshanechi, 2010). به عقیده رودنی و همکاران (Rodney 1991) برای رسیدن به سطح مطلوب تولیدات دامی، تأمین نیاز غذایی دام به‌ویژه از نظر مواد معدنی ضروری بوده و این امر زمانی امکان‌پذیر است که کیفیت خوراک از نظر ترکیبات شیمیایی مطالعه شده باشد. از جمله راهکارهای مؤثر بر تقویت عناصر خاک استفاده از کودهای آلی نظیر کود دامی، بقایای گیاهان و کود سبز

1، 2 و 3 - به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت (عضو هیئت علمی بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران)، استاد، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل و استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: ghasemiahmad@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.59988

حرارتی مناسبی بودند که در نتیجه آن رشد ریشه، عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی در ذرت و گندم (*Triticum aestivum* L.) بیشتر بود. پورعزیزی و همکاران (Pourazizi et al., 2013) و المدرس و همکاران (Almodares et al., 2009) اعلام کردند با مصرف کود شیمیایی، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی در دو گیاه ذرت و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) افزایش یافت. از آنجایی که روش‌های صحیح خاک‌ورزی و کشت گیاهان کود سبز از روش‌های مناسب برای حرکت در راستای کشاورزی پایدار است و با توجه به این که 67 درصد جیره مرغ از طریق دانه ذرت تأمین شده و کیفیت ذرت مصرفی از لحاظ تعادل عناصر غذایی به‌خصوص ریز مغذی‌ها پایین می‌باشد و سالانه مقدار زیادی کود دامی تولید می‌گردد که غنی از این عناصر غذایی است (Department of Livestock Ministry of Agriculture, 2004). لذا به نظر می‌رسد مصرف کود دامی همراه با کود سبز و مقدار مناسب از کود شیمیایی با خاک‌ورزی مناسب در تولید ذرت، گامی اساسی در راستای افزایش کیفیت علوفه و دانه این گیاه و پایداری تولید خواهد داشت. به این منظور در این پژوهش اثر منابع مختلف کود (کود سبز، دامی و شیمیایی) و مدیریت‌های خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه و دانه ذرت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان در استان سیستان و بلوچستان در دو سال زراعی 1392 و 1393 اجرا گردید.

می‌باشد (Eteng et al., 2014) که امروزه به دلایلی همچون هزینه بالای کودهای غیرآلی همراه با عدم توانایی آن برای ایجاد شرایط مناسب برای خاک، بروز مشکلات زیست‌محیطی و افت کیفیت محصولات، مورد توجه واقع شده است (Agyenim-boateng et al., 2006). بررسی‌ها نشان داده است که منابع غیر شیمیایی مانند کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصول منجر شود، زیرا این سیستم بیشتر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و با افزایش کارایی جذب مواد غذایی تولید محصول را افزایش خواهد داد (Majidian et al., 2008). رضایی‌نژاد و افیونی (Rezainejad & Afuni, 2000) بیان نمودند که کودهای آلی با افزایش معنی دار مواد آلی خاک قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را توسط ذرت (*Zea mays* L.) افزایش دادند. وانیو و همکاران (Waniyo et al., 2013) اظهار داشتند کود دامی باعث رشد مناسب و افزایش عملکرد و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با تیمارهای دیگر گردید. مومنی و همکاران (Momeni et al., 2014) گزارش کردند که کاربرد کود سبز (*Trifolium* sp. (L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) افزایش 23 درصدی میزان نیتروژن خاک را به همراه داشت. همچنین کاربرد کود دامی با مصرف نیمی از کود شیمیایی توصیه شده، پویایی نیتروژن در خاک را نسبت به کاربرد کود شیمیایی به تنهایی به میزان 32/9 درصد افزایش داد. آستیر و همکاران (et al., 2006) گزارش کردند که جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه در تیمار اختلاط کود سبز با خاک بیش از تیمار قرارگیری بر سطح خاک بود. آچاریا و شارما (Acharya & Sharma, 1994) اظهار داشتند که تیمارهای خاک‌ورزی متداول به همراه بقایا دارای رژیم

جدول 1- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت
Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil before planting

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی- زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	بور B
(میلی گرم در کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)										
لومی - شنی Sandy-loam	8.2	3	0.34	11	100	2.84	0.26	4.86	0.58	1.07

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود دامی

Table 2- Chemical characteristics of cattle manure

کربن آلی (درصد)	فسفر کل (درصد)	پتاسیم کل (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	خاکستر (درصد)
OC (%)	Total P (%)	Total K (%)	Total N (%)	Ash (%)
22.86	0.80	1.89	2.33	36

جدول 3- درصد نیتروژن کل کود سبز جو در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Total nitrogen percentage of barley green manure

Table 3. Total nitrogen percentage of barley green manure							
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
خاک‌ورزی متداول Conventional tillage	بدون کاشت No planting	2.07	2.24	2.16	2.27	2.33	2.17
بی‌خاک‌ورزی No tillage	بدون کاشت No planting	1.98	2.16	2.09	2.18	2.26	2.04

T₀: شاهد T₁: کود سبز جو، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت،

T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی

T₀: Control (without using fertilizer), T₁: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two- third chemical fertilizer for barley and the remaining one- third for maize, T₄: green barley manure with one- third chemical fertilizer for barley and the remaining two- third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

جدول 4- غلظت عناصر خاک زراعی پس از برداشت طی دو سال اجرای آزمایش

Table 4- Concentrations of soil element after harvest over the two years

وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) ρ (g.cm ⁻³)		کربن آلی (درصد) OCn(%)		پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)		فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)		نیتروژن کل (درصد) N (%)	
سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	منبع کود Fertilizer source
سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	سال اول 1 st	سال دوم 2 nd	Year
1.49	1.43	1.42	1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42
1.45	1.43	1.42	1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42
1.43	1.42	1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42	1.42
1.42	1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42	1.42	1.42
1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42	1.42	1.42	1.42
1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
1.41	1.42	1.42	1.37	1.41	1.49	1.45	1.43	1.42	1.42

T₀: شاهد T₁: کود سبز جو، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت،

T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی

T₀: Control (without using fertilizer), T₁: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two- third chemical fertilizer for barley and the remaining one- third for maize, T₄: green barley manure with one- third chemical fertilizer for barley and the remaining two- third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

55 میلی‌متر که بیشترین میزان بارندگی در زمستان به وقوع پیوسته است، میزان تبخیر 4500-5000 میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه 21/7 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام

محل آزمایش از نظر اقلیمی و روش کوپن¹ جزء مناطق بسیار خشک با تابستان گرم و زمستان ملایم است. میزان بارندگی سالیانه

1- Kopen method

عملکرد علوفه سبز ذرت، برداشت علوفه در مرحله شیر، از چهار ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت، از سطح دو مترمربع برداشت شد. علوفه سبز بلافاصله توزین، سپس از هر کرت یک نمونه دو کیلوگرمی بعد از خشک شدن در آن 70 درجه سانتی‌گراد، برای تعیین علوفه خشک استفاده گردید. در مرحله رسیدگی کامل از چهار ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت سطح هشت مترمربع برای عملکرد دانه برداشت گردید. برای تعیین درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، مقدار 150 گرم دانه ذرت در آن در دمای 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت خشک و سپس آسیاب گردید. میزان نیتروژن کل با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون (Jackson, 1962) با استفاده از دستگاه کج‌لدال مدل Gerhardf Vapodest، درصد فسفر به روش رنگ‌سنجی (Murphy & Riley, 1962) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Pharmacia LKB- Novaspec-11) و پتاسیم به روش هضم‌تر با اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه (Black et al., 1965) با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر مدل Jelway-Pfp7 اندازه‌گیری گردید. غلظت روی با دستگاه جذب اتمی مدل Warian-220، بر اساس دستورالعمل بیکر و سوهر (Baker & Suhr, 1990) و درصد خاکستر دانه با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی تعیین شد. درصد NDF در حداقل 50 گرم از نمونه آسیاب شده و به روش اندازه‌گیری محلول شوینده خنثی اندازه‌گیری گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه-ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

الیاف نامحلول در شوینده خنثی

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به عنوان یک معیار شکم پرکن دام برای پیش‌بینی مصرف اختیاری غذا مورد استفاده قرار گرفته و تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی و محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Arzani, 2010). NDF بین دو سال آزمایش در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول 5). به نحوی که در سال دوم درصد NDF علوفه، 3/77 درصد نسبت به سال اول کاهش نشان داد (جدول 6). به نظر می‌رسد آزادسازی عناصر غذایی از منابع آلی (کود دامی و سبز) در طی دو سال ادامه پیدا کرده است (جدول 4). این عمل باعث فعال شدن بیشتر رشد رویشی و تقسیم سلولی در

شد. خاک‌ورزی به عنوان عامل اصلی شامل دو سطح اختلاط بقایا با خاک و باقی گذاشتن بقایای جو بر سطح خاک و منابع کودی به عنوان عامل فرعی شامل هفت سطح T_0 : شاهد (بدون مصرف کود)، T_1 : کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T_2 : کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T_3 : کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4 : کود سبز جو به همراه یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T_5 : کود سبز جو به همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T_6 : کود سبز جو با 40 تن کود دامی در هکتار در نظر گرفته شد. کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره هر یک به میزان 75، 90 و 165 کیلوگرم در هکتار و براساس K_2O و P_2O_5 به ترتیب برابر 45 و 41/4 کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. کود شیمیایی فسفر و پتاسیم به عنوان کود پایه به نسبت مورد نظر بلافاصله قبل از کاشت استفاده گردید. اوره به صورت تقسیط در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ساقه‌دهی استفاده شد. کود دامی هم زمان با کاشت جو به خاک اضافه گردید.

کود دامی پس از پخش در سطح خاک با بیل با خاک مخلوط شد. کشت گیاه جو در هر دو سال در اول آبان ماه صورت گرفت. در طی مدت کاشت تا زیر خاک نمودن جو مراقبت‌های لازم مانند آبیاری (در سه مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی) انجام شد. میزان بذر مورد نظر برای جو (رقم نیمروز) 150 کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار اختلاط کود با خاک در مرحله خوشه‌دهی، جو از روی سطح خاک برش و با دستگاه چاپر خرد شده و تمام زیست‌توده جو به کرت مورد نظر منتقل گردید. کود سبز به طور یکنواخت در سطح کرت پخش و به عمق 30 سانتی متر با بیل به خاک برگردانده شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی گیاه جو ابتدا با علف کش گراماکسون به میزان چهار لیتر در هکتار سمپاشی شد.

بذرها با ایجاد شیارهای بدون به هم خوردن بقایا با دست کشت شد. بوته‌های جو روی سطح خاک در حالت ایستاده خشک گردید. به علت وجود بادهای موسمی (120 روزه) در منطقه و جلوگیری از جا به جایی کاه و کلش، برش انجام نگرفت. بوته‌ها توسط غلطک دستی به حالت خوابیده روی خاک قرار داده شدند. هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر و به فاصله 50 سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله روی ردیف 15 سانتی‌متر بود. رقم مورد استفاده ذرت، هیبرید سینگل کراس 704 بود. ذرت در 15 اسفندماه کشت شد. جهت تعیین

فاصله زمانی کوتاه‌تر که در نهایت دیواره سلولی نازک‌تر در گیاه شده و NDF در سال دوم کاهش پیدا کرده است. ذوالفقاری و همکاران (Zolfeghari et al., 2014) و رمودی و همکاران (Ramrudi et al., 2010) اعلام کردند کود سبز، دامی و شیمیایی باعث کاهش درصد NDF و افزایش کیفیت علوفه ذرت و سورگوم می‌گردد. گزارش کوکس و همکاران (Cox et al., 1993) نیز حاکی از بهبود قابلیت هضم علوفه ذرت با افزایش مصرف کود نیتروژن بود. خاک‌ورزی دارای اثر معنی‌دار بر درصد NDF علوفه ذرت بود ($p \leq 0/01$) (جدول 5). میانگین این پارامتر در تیمار اختلاط کود سبز با خاک کمتر بود (جدول 6). ساهو (Saha et al., 2010) دریافت که اگر روش خاک‌ورزی با مخلوط کردن بقایا توأم گردد، از طریق کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش رشد گیاه می‌شود که در نتیجه آن کیفیت علوفه بهبود می‌یابد.

منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر درصد NDF علوفه ذرت داشت ($p \leq 0/01$) (جدول 5). میانگین درصد NDF در تیمار شاهد بیش از تیمارهایی که کود دریافت کردند بود. کمترین درصد NDF از تیمار T_5 حاصل گردید (جدول 6). کیفیت بهتر علوفه را می‌توان به واسطه بهبود حاصل‌خیزی خاک در نتیجه اضافه شدن عناصر غذایی از طریق مصرف کودهای دامی، شیمیایی و سبز در دو سال آزمایش توجیه کرد. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2006) اظهار داشتند که کمترین درصد NDF در علوفه ذرت از تیمار بالاترین سطح مصرف مخلوط کود شیمیایی و دامی به‌دست آمد.

محتوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه ذرت

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که خاک‌ورزی، منبع کود و برهمکنش‌های مختلف آن بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 5). درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در تیمار اختلاط کود با خاک به‌ترتیب 18/06، 3/44 و 7/14 درصد بیش از بی‌خاک‌ورزی بود (جدول 6). اختلاط کود سبز، شیمیایی و دامی علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی باعث افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک شده و می‌تواند باعث جذب بیشتر عناصر نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد (Ghushchi et al., 2010; Talgre et al., 2009). به عقیده

کین و همکاران (Qin et al., 2006) شرایط خاک برای رشد ریشه در سیستم بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی متداول نامناسب بوده که سبب ایجاد محدودیت در جذب آب و عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد. درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در تیمارهایی که علاوه بر کود سبز، کود شیمیایی و دامی دریافت کردند بالاتر بود. درصد نیتروژن دانه در تیمارهای T_4 ، T_5 و T_6 نسبت به بقیه بیشتر بود (جدول 6).

حسینی و همکاران (Hossemi et al., 2010) بیان داشتند که افزودن بقایای جو به خاک مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل و کربن زیست‌توده میکروبی را به طور معنی‌داری افزایش داد که باعث افزایش جذب عناصر توسط ریشه می‌گردد. افزایش جذب فسفر در تیمار T_6 نسبت به شاهد 42/42 درصد و نسبت به تیمار T_1 (کود سبز) 39 درصد بود. افزایش درصد فسفر دانه تیمار T_1 نسبت به شاهد 5 درصد بود (جدول 6). این نتیجه با یافته‌های وانیو و همکاران (Waniyo et al., 2013) مبنی بر افزایش جذب فسفر تحت تأثیر کودهای آلی مطابقت داشت. توسلی و همکاران (Tavasoli et al., 2010) دلیل افزایش میزان جذب فسفر را در منابع کود آلی و شیمیایی افزودن کودهای فسفر به خاک مزرعه و افزایش در جذب و تجمع فسفر در بافت گیاه به‌دلیل فراهم شدن این عنصر در خاک و بهبود جذب این عنصر توسط گیاه نسبت دادند.

بالاترین درصد پتاسیم دانه در تیمار T_6 و T_5 و پس از آن‌ها تیمار T_4 و T_3 حاصل شد که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول 6). مصرف کود آلی و شیمیایی می‌تواند درصد پتاسیم خاک را تحت تأثیر قرار دهد و میزان آن را در دانه ذرت افزایش دهد (جدول 4).

چنین افزایش جذب پتاسیم توسط پورعزیزی و همکاران (Pourazizi et al., 2013) در سورگوم علوفه‌ای گزارش شده است. جو به عنوان کود سبز می‌تواند از فسفات‌های غیرمحلول، پتاسیم تثبیت شده و عناصر کم مصرف تا حد زیادی استفاده کرده و برگرداندن این گیاه به خاک علاوه بر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زمینه تسهیل آزادسازی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف را در خاک فراهم می‌کند (Bibordi et al., 2000).

برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود (جدول 7) روند تأثیر منابع کود بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه را نشان می‌دهد. به طوری که مشخص گردید بیشترین جذب عناصر فوق در سال دوم،

کودهای آلی و خاک‌ورزی متداول به دلیل اضافه شدن این عناصر به خاک در اثر اختلاط این کودها با خاک و تجزیه سریع‌تر دانستند.

اختلاط کود با خاک و مخلوط کود دامی، شیمیایی و سبز به دست آمد. این یافته با نتایج تالگر و همکاران (Talgre et al., 2009) و قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) مطابقت داشت. آن‌ها افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در نتیجه کاربرد

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مریعات) عملکرد کمی و کیفی دانه و علوفه و جذب عناصر غذایی در منابع مختلف کودی و سیستم خاک‌ورزی
Table 5- Variance analysis (mean of squares) of quality and quantity of forage and grain yield in different manure resources and tillage system

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	الیاف نامحلول در شونده خشکی NDF	نیتروژن دانه Seed N	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K	روی دانه Seed Zn	خاکستر دانه Seed ash	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد دانه Grain yield
سال year	1	53.44**	0.826**	0.002**	0.003**	206.45**	0.274**	463875900.1**	21020004.7**	15341266.7**
اشتباه اصلی Main error	4	1.04	0.053	0.001	0.001	23.26	0.020	980.02	65.79	6649.9
خاک‌ورزی tillage	1	30.96**	1.700**	0.200**	0.021**	5.21 ^{ns}	3.200**	6824373228.1**	424908068**	51302349**
سال × خاک‌ورزی Year × tillage	1	5.25*	0.140 ^{ns}	0.001**	0.001**	10.55*	0.039*	110050542.9**	792685.7**	2452825.1**
اشتباه فرعی Sub error	4	0.286	0.032	0.001	0.001	0.71	0.003	95.71	22.3	32168.5
منبع کود Fertilizer source	6	34.07**	0.324**	0.041**	0.010**	8.67**	0.605**	4796220408**	293206006.1**	39640261.4**
سال × منبع کود Year × Fertilizer source	6	1.024*	0.066**	0.001**	0.001**	2.10 ^{ns}	0.020**	45379946.7**	3856830.5**	516450.2**
خاک‌ورزی × منبع کود Fertilizer source × tillage	6	1.159*	0.034**	0.001**	0.001**	1.22 ^{ns}	0.134**	272787749.8**	17473135.8**	2566965.6**
سال × خاک‌ورزی × منبع کود Fertilizer source × tillage × year	6	0.5 ^{ns}	0.021**	0.001**	0.001**	9.70**	0.004 ^{ns}	8658602.3**	345853.2**	572300.2**
اشتباه فرعی Sub error	48	0.375	0.006	0.001	0.001	1.48	0.006	68.92	12.71	14969.7
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		1.48	5.47	1	1.01	5.03	6.27	0.01	0.02	2.32

ns و ** : P < 0.05 و P < 0.01 به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns are significant at %5 and %1 level of probability and not significant, respectively.

جدول 6- خصوصیات کیفی و عملکرد دانه و علوفه ذرت در منابع مختلف کود و سیستم‌های خاک‌ورزی

Table 6- Qualitative traits seed and forage yield of maize in different fertilizer sources and tillage systems

تیمارها Treatments	درصد الیاف نامحلول در شوینده ختی NDF (%)	درصد	درصد	درصد	روی دانه (میلی گرم بر کیلوگرم Seed Zn (mg.kg ⁻¹)	درصد	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Seed yield (t.ha ⁻¹)	
		نیترژن دانه Seed N (%)	فسفر دانه Seed P (%)	پتاسیم دانه Seed K (%)	خاکستر دانه Seed Ash (%)	عملکرد	عملکرد	عملکرد		
سال Year	Y ₁	42.16 ^{a*}	1.31 ^b	0.28 ^b	0.40 ^b	20.96 ^a	1.46 ^b	70.441 ^b	15.489 ^b	4.849 ^b
	Y ₂	40.57 ^b	1.51 ^a	0.29 ^a	0.41 ^a	17.82 ^b	1.57 ^a	75.140 ^a	16.490 ^a	5.703 ^a
خاک‌ورزی Tillage	CT	40.76 ^b	1.55 ^a	0.29 ^a	0.42 ^a	19.64 ^a	1.71 ^a	81.804 ^a	18.239 ^a	6.057 ^a
	NT	41.97 ^a	1.27 ^b	0.28 ^b	0.39 ^b	19.144 ^a	1.32 ^b	63.777 ^b	13.740 ^b	4.494 ^b
منابع کود Fertilizer sources	T ₀	43.83 ^a	1.11 ^e	0.19 ^b	0.36 ^e	19.27 ^c	1.12 ^e	42.154 ^g	8.652 ^f	2.097 ^g
	T ₁	42.91 ^b	1.23 ^e	0.20 ^b	0.38 ^{de}	19.39 ^b	1.31 ^d	46.699 ^f	9.702 ^e	3.465 ^f
	T ₂	42.08 ^c	1.37 ^d	0.31 ^a	0.40 ^{cd}	18.79 ^{bc}	1.55 ^c	75.737 ^e	16.114 ^d	5.561 ^e
	T ₃	41.16 ^d	1.44 ^c	0.31 ^a	0.41 ^{bcd}	19.02 ^{bc}	1.58 ^c	80.922 ^d	17.215 ^c	5.762 ^d
	T ₄	39.50 ^e	1.53 ^b	0.31 ^a	0.41 ^{abc}	18.25 ^c	1.60 ^c	87.924 ^b	19.580 ^b	6.566 ^b
	T ₅	39.33 ^e	1.62 ^a	0.32 ^a	0.43 ^{ab}	20.62 ^a	1.77 ^a	90.204 ^a	21.084 ^a	7.019 ^a
	T ₆	40.75 ^d	1.52 ^b	0.33 ^a	0.43 ^{ab}	20.41 ^a	1.68 ^b	85.894 ^c	19.578 ^b	6.465 ^c
سال × خاک‌ورزی Year× Tillage	Y ₁ ×CT	41.81 ^b	1.41 ^b	0.284 ^a	0.43 ^a	20.85 ^a	1.63 ^b	78.309 ^b	17.641 ^b	5.460 ^b
	Y ₁ ×NT	42.52 ^a	1.21 ^c	0.27 ^a	0.38 ^a	21.06 ^a	1.29 ^d	62.572 ^d	13.337 ^d	4.238 ^d
	Y ₂ ×CT	39.71 ^c	1.69 ^a	0.29 ^a	0.43 ^a	18.42 ^b	1.79 ^a	85.299 ^a	18.836 ^a	6.656 ^a
	Y ₂ ×NT	41.42 ^b	1.33 ^{bc}	0.28 ^a	0.39 ^b	17.22 ^c	1.36 ^c	64.982 ^c	14.143 ^c	4.751 ^c

* میانگین‌های هر گروه در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letter in each group and each column are not significantly different in at 5% level of probability according to the Duncan' test.

Y₁: سال اول Y₂: سال دوم CT: خاک‌ورزی متناوب NT: بی‌خاک‌ورزی T₀: شاهد (بدون مصرف کود) T₁: کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز جو به همراه یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T₅: کود سبز جو به همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی در هکتار بود.

Y: Year, CT: Conventional tillage, NT: No tillage, T₀: Control (without any fertilizer) T₁: Barley Green manure with no fertilizer, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two-third chemical fertilizer for barley and the remaining one-third for maize, T₄: Green barley manure with one-third chemical fertilizer for barley and the remaining two third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

غلظت روی دانه

نتایج نشان داد که اثر سال، منبع کود و برهمکنش سال در سیستم خاک‌ورزی و منبع کود بر غلظت روی دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 5). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد روی دانه در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود (جدول 6). احتمالاً با وجود تأثیر مثبت کود سبز و کود دامی در رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد این عوامل و قرارگیری روی در حجم دانه بیشتر و نهایتاً اثر رقت در سال دوم غلظت روی کاهش نشان داد (Polshekanepahlevan et al., 2007). بیشترین

در تیمارهای T₀ (شاهد) و T₁ (کود سبز جو) درصد جذب

نیترژن، فسفر و پتاسیم دانه کمتر از تیمارهای کود سبز به همراه کود شیمیایی و کود دامی بود. در اختلاط انواع کود با خاک، جو به دلیل دارا بودن رشد زیاد و ریشه‌های قوی می‌تواند مقدار زیادی از عناصر محلول را که در شرایط عادی بر اثر شسته شدن به اعماق پایین خاک حرکت می‌کنند را جذب کند در اثر برگرداندن لاشبرگ جو به خاک این عناصر به خاک بر می‌گردد.

غلظت روی در تیمار T₅ و T₆ که در آن‌ها از کود سبز به همراه کود دامی استفاده شده بود وجود داشت. چون کود دامی حاوی عناصر ماکرو و میکرو می‌باشد در اثر تجزیه این عناصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (جدول 4). دلکاتی‌هو و همکاران (Delcatiho et al., 1993)

اظهار داشتند که حلالیت روی و کادمیوم، در یک خاک لومی تیمار شده با کود حیوانی، تا حدود 100 برابر افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را کاهش pH خاک در اثر فرآیند نیترات‌سازی، افزایش قدرت یونی و مواد آلی محلول ذکر کردند.

جدول 7- برهکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود بر خصوصیات کیفی و عملکرد دانه و علوفه ذرت
Table 7- Interaction of years, tillage and fertilizers source on qualitative, grain and forage yield of maize

عملکرد دانه (تن در هکتار) Seed yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t.ha ⁻¹)	روی دانه (میلی گرم بر کیلوگرم) Seed Zn (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم دانه Seed K (%)	درصد فسفر دانه Seed P (%)	درصد نیتروژن دانه Seed N (%)	سال×خاک‌ورزی×کود Year×Tillage×fertilizer
2.260 ^q	9.263 ^x	44.112 ^x	19.467 ^{b-e}	0.367 ^{e-h}	0.200 ^b	1.280 ^{i-l}	Y ₁ ×CT×T ₀
3.340 ^o	10.144 ^v	48.306 ^v	21.133 ^{a-d}	0.4 ^{c-h}	0.206 ^b	1.267 ^{g-l}	Y ₁ ×CT×T ₁
5.724 ^{hi}	18.372 ^k	83.505 ^j	18.900 ^{def}	0.415 ^{b-h}	0.308 ^a	1.423 ^{de}	Y ₁ ×CT×T ₂
5.962 ^g	19.429 ^h	88.310 ⁱ	21.800 ^{ab}	0.423 ^{b-g}	0.310 ^a	1.440 ^{de}	Y ₁ ×CT×T ₃
6.958 ^e	21.922	95.308 ^e	20.900 ^{a-d}	0.424 ^{b-g}	0.316 ^a	1.540 ^{cd}	Y ₁ ×CT×T ₄
7.541 ^d	23.384 ^c	97.422 ^d	20.733 ^{a-d}	0.443 ^{bc}	0.321 ^a	1.583 ^c	Y ₁ ×CT×T ₅
6.432 ^f	20.974 ^f	91.203 ^g	23.053 ^a	0.435 ^{bc}	0.325 ^a	1.393 ^{e-h}	Y ₁ ×CT×T ₆
1.832 ^r	8.249 ^z	41.208 ^y	21.567 ^{abc}	0.358 ^h	0.196 ^b	1.110 ^{mn}	Y ₁ ×CT×T ₀
2.524 ^p	8.646 ^y	43.205 ^y	20.833 ^{a-d}	0.362 ^{fgh}	0.202 ^b	1.147 ^l	Y ₁ ×CT×T ₁
4.615 ^l	13.463 ^l	64.109 ^f	21.500 ^{abc}	0.387 ^{c-h}	0.301 ^a	1.170 ^{k-n}	Y ₁ ×CT×T ₂
4.764 ^l	14.520 ^r	69.124 ^r	18.900 ^{def}	0.395 ^{c-h}	0.305 ^a	1.210 ⁱ⁻ⁿ	Y ₁ ×CT×T ₃
5.512 ⁱ	16.743 ⁿ	76.115 ^m	19.227 ^{cde}	0.402 ^{b-h}	0.311 ^a	1.247 ^{h-k}	Y ₁ ×CT×T ₄
5.247 ^j	16.092 ^o	73.125 ^o	22.900 ^a	0.411 ^{b-h}	0.313 ^a	1.303 ^{e-k}	Y ₁ ×CT×T ₅
5.175 ^{jk}	15.648 ^p	71.119 ^q	22.533 ^a	0.410 ^{b-h}	0.316 ^a	1.320 ^{e-j}	Y ₁ ×CT×T ₆
2.182 ^q	9.072 ^y	43.173 ^z	19.350 ^{cde}	0.362 ^{gh}	0.193 ^b	1.237 ^{i-m}	Y ₂ ×CT×T ₀
4.137 ^m	10.748 ^v	51.154 ^v	17.357 ^{efg}	0.411 ^{b-h}	0.211 ^b	1.343 ^{e-i}	Y ₂ ×CT×T ₁
6.930 ^e	18.735 ⁱ	89.206 ^h	18.427 ^{efg}	0.429 ^{b-e}	0.323 ^a	1.580 ^c	Y ₂ ×CT×T ₂
7.127 ^e	19.975 ^g	95.121 ^f	17.660 ^{efg}	0.432 ^{bcd}	0.325 ^a	1.760 ^b	Y ₂ ×CT×T ₃
8.082 ^c	22.474 ^d	102.155 ^c	16.573 ^{fg}	0.436 ^{bc}	0.333 ^a	1.940 ^a	Y ₂ ×CT×T ₄
9.400 ^a	26.435 ^a	110.151 ^a	21.290 ^{abc}	0.464 ^{ab}	0.339 ^a	2.067 ^a	Y ₂ ×CT×T ₅
8.734 ^b	24.413 ^b	106.132 ^b	18.343 ^{efg}	0.503 ^a	0.359 ^a	1.960 ^a	Y ₂ ×CT×T ₆
2.113 ^q	8.026 ^z	40.125 ^z	16.690 ^{fg}	0.354 ^h	0.190 ^b	1.070 ⁿ	Y ₂ ×CT×T ₀
3.860 ⁿ	9.271 ^w	44.128 ^w	18.270 ^{efg}	0.371 ^{d-h}	0.207 ^b	1.193 ^{j-n}	Y ₂ ×CT×T ₁
4.975 ^k	13.887 ^s	66.128 ^s	16.353 ^g	0.394 ^{c-h}	0.307 ^a	1.327 ^{e-j}	Y ₂ ×CT×T ₂
5.193 ^j	14.936 ^q	71.135 ^p	17.707 ^{efg}	0.398 ^{c-h}	0.309 ^a	1.350 ^{e-i}	Y ₂ ×CT×T ₃
5.712 ^{hi}	17.183 ^m	78.118 ^l	16.303 ^g	0.405 ^{b-h}	0.316 ^a	1.410 ^{d-g}	Y ₂ ×CT×T ₄
5.886 ^{gh}	18.425 ^j	80.122 ^k	17.537 ^{efg}	0.428 ^{b-e}	0.325 ^a	1.540 ^{cd}	Y ₂ ×CT×T ₅
5.520 ⁱ	17.277 ^l	75.122 ⁿ	17.690 ^{efg}	0.425 ^{b-f}	0.335 ^a	1.433 ^{de}	Y ₂ ×CT×T ₆

*میانگین‌های هر گروه در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letter in each group and each column are not significantly different in at 5% level of probability according to the Duncan' test.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد خاکستر دانه در سال دوم نسبت به سال اول افزایش نشان داد (جدول 6). مطالعات تالگر و همکاران (Talgre et al., 2009) نشان داد که مواد آلی از جمله کود سبز و دامی باعث افزایش تدریجی آزادسازی عناصر غذایی برای گیاه می‌شود جذب این عناصر توسط گیاه منجر به افزایش غلظت‌شان در دانه و در نهایت افزایش درصد خاکستر دانه شده است (Talgre et al., 2009)

برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منبع کود نشان داد که در سال اول در خاک ورزی متداول و در تیمارهای دارای کود دامی غلظت روی دانه افزایش نشان داد (جدول 7).

خاکستر دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خاک‌ورزی، منبع کود و اثرات بر همکنش مختلف آن‌ها بر درصد خاکستر دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد دارای تأثیر معنی‌دار بود (جدول 5).

al., 2009). اختلاط کودها با خاک باعث افزایش درصد خاکستر دانه ذرت گردید (جدول 6). به نظر می‌رسد در تیمار اختلاط کود با خاک، دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی و به تبع آن جذب و تجمع این عناصر در دانه و افزایش درصد خاکستر دانه می‌شود. قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) نتایج مشابهی در اثر اختلاط جو با خاک بر روی ذرت گزارش کردند. بیشترین درصد خاکستر دانه مربوط به منبع کود مخلوط کود سبز، دامی و شیمیایی و کمترین آن مربوط به منبع کود شاهد بود. این یافته نشان داد که مخلوط کود دامی، شیمیایی و سبز به خاک، درصد خاکستر دانه را به سبب آزادسازی مناسب عناصر افزایش داده است.

عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج نشان داد که عملکرد علوفه‌تر و خشک تحت تاثیر خاک‌ورزی، منابع کود و بر همکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0/01$) قرار گرفت (جدول 5). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر برتری میزان علوفه‌تر و خشک در تیمار اختلاط کود با خاک نسبت به بی‌خاک‌ورزی بود. این افزایش به ترتیب در علوفه‌تر و خشک برابر 28/26 و 32/74 درصد بود (جدول 6). همچنین مقایسه میانگین اثرات بر همکنش نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک در خاک‌ورزی متداول و در سال دوم حاصل شد. کمترین میزان عملکرد علوفه‌تر و خشک در سال اول و در سیستم بی‌خاک‌ورزی به دست آمد (جدول 6). نتایج این آزمایش با نتایج رضوان طلب و همکاران (Rezvantlab et al., 2008) و پیمنتل (Pimentel, 1993) که اظهار داشتند در سال اول و در سیستم بی‌خاک‌ورزی به دلیل فشردگی زمین و عدم تجزیه کامل بقایا عملکرد کمتر از خاک‌ورزی متداول است مطابقت داشت. عملکرد علوفه‌تر و خشک در تیمار T_5 بیش از سایر تیمارها بود (جدول 6).

تیمار T_4 از نظر عملکرد علوفه‌تر و خشک در رتبه بعدی قرار گرفت. منبع کود مصرف 40 تن کود دامی و سبز در رتبه سوم قرار داشت. کمترین میزان عملکرد علوفه‌تر و خشک به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق گرفت (جدول 6). نظر به این که در تیمار T_5 در ابتدای فصل رشد کود دامی خوب تجزیه نشده، تأمین عناصر غذایی توسط کود شیمیایی انجام می‌شود. در انتهای فصل رشد، کود دامی فرصت تجزیه پیدا کرده و می‌تواند عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین کند. در نهایت گیاه می‌تواند از عملکرد بالاتری نسبت به سایر منابع کودی

برخودار گردد. مطالعات نشان داد با کاربرد توأم کودهای شیمیایی، آلی و زیستی علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، علوفه بیشتری حاصل شد (Rai et al., 2013; Ghushchi et al., 2010). نیسانی و همکاران (Nisani et al., 2012) بیان کردند که مصرف نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ، وزن برگ و ساقه، طول بلال، قطر ساقه، ارتفاع بوته باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت می‌گردد. رمرودی و همکاران (Ramrudi et al., 2010) گزارش کردند کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شد که منبع عظیمی از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، گوگرد و ریز مغذی‌ها بوده و در اثر معدنی شدن تدریجی در اختیار گیاه بعدی قرار گرفت و عملکرد علوفه سورگوم را افزایش داد. اثرات متقابل سال، سیستم خاک‌ورزی و منابع کود نشان داد که در سال دوم در خاک‌ورزی متداول و تیمار T_5 بیشترین مقدار عملکرد علوفه‌تر و خشک حاصل شد (جدول 7).

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر خاک‌ورزی، منبع کود و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار اختلاط کود با خاک به میزان 1/563 تن در هکتار بیشتر از بی‌خاک‌ورزی بود (جدول 6). برگرداندن کود سبز همراه با کود شیمیایی و دامی علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی به طور هم‌زمان باعث افزایش ماده آلی، بهبود خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود و می‌تواند باعث رشد محصول و در نتیجه افزایش عملکرد نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد (Peyman et al., 2011). در تیمار اختلاط کود با خاک در سال اول نسبت به بی‌خاک‌ورزی عملکرد دانه در هکتار، 28 درصد افزایش نشان داد، در حالی که در سال دوم این نسبت به 40 درصد رسید (جدول 6). به نظر می‌رسد در سال دوم در خاک‌ورزی متداول شرایطی برای خاک فراهم می‌شود که وزن مخصوص کم‌تر، ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتر و میزان مواد غذایی بیشتری در اختیار داشت. در نتیجه گیاه از رشد بهتری برخوردار شد. تالگر و همکاران (Talgre et al., 2009) و قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) گزارش کردند مخلوط کردن کود سبز جو، دامی و شیمیایی با خاک باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس گیاه گردید

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق چنین نتیجه‌گیری می‌شود اختلاط انواع کود با خاک به‌دلیل فراهمی بستر مناسب‌تر برای فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده خاک و تسریع در معدنی شدن مواد آلی سبب افزایش درصد نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، خاکستر و عملکرد دانه و افزایش عملکرد علوفه‌تر و خشک ذرت گردید. طی سال اول در بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل تراکم بالای خاک رشد ریشه محدود و به‌دلیل تجزیه کند، بقایا، عملکرد و جذب عناصر غذایی کم شد. منابع کود شیمیایی عناصر غذایی را به شکل آماده در اختیار گیاه قرار می‌دهد، ولی در دراز مدت سبب تخریب ساختمان خاک می‌شود. منابع کود آلی (دامی و سبز) فرآیند معدنی شدن در آن‌ها در زمان طولانی‌تر اتفاق می‌افتد و پایداری تولید را در بلندمدت به دنبال خواهد داشت. در نهایت، نتایج حاکی از این بود که در تغذیه تلفیقی کود سبز همراه با نصف کود دامی و شیمیایی توصیه شده به همراه اختلاط کود با خاک ضمن تقویت رشد اولیه، تسریع در معدنی شدن و در نتیجه آن بیشترین عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک و جذب عناصر غذایی به‌دست آمد. کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی که نشان‌دهنده کیفیت بهتر علوفه می‌باشد در این تیمار اتفاق افتاد.

و عملکرد ذرت افزایش یافت.

تیسکارنو و همکاران (Tiscareno et al., 1999) اعلام داشتند که سیستم بی‌خاک‌ورزی می‌تواند در بهبود عملکرد محصول، جذب عناصر و ساختمان خاک در دراز مدت مؤثر باشد. بالاترین مقدار عملکرد دانه به تیمار T₅ با مقدار 7019 و کمترین مقدار آن به تیمار شاهد با مقدار 2097 تعلق گرفت (جدول 6). کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی و کود سبز می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود (Majidian et al., 2008; Khamdi et al., 2017). نتایج برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منبع کود نشان داد مقدار عملکرد دانه در هکتار در سال دوم، تیمار اختلاط کود با خاک و در منبع کود T₅ با میانگین عملکرد 9/400 کیلوگرم بیش از سایر منابع کود بود (جدول 7). پیمنتل (Pimentle, 1993) اعلام کرد که در سال اول 40 درصد از نیتروژن آلی و 80 درصد از آمونیوم کود دامی قابل جذب می‌باشد. اگر هر سال کود دامی در مزرعه مصرف گردد، سالانه 75 درصد کل نیتروژن آن برای گیاه قابل استفاده خواهد بود.

نتیجه‌گیری

منابع

- Acharya, C.L., and Sharma, P.D. 1994. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north-west India. *Soil and Tillage Research* 32(4): 291-302.
- Agyenim-Boateng, S., Zickermann, J., and Kornahrens, M. 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. *West African Journal of Applied Ecology* 9: 1-11.
- Almodares, A., Jafarinia, M., and Hadi, M.R. 2009. The effect of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science* 6: 441-446.
- Arzani, H. 2010. Forage quality and the need of daily livestock grazing from grassland. Tehran University Press, Tehran, Iran 354 pp. (In Persian)
- Astier, M., Maass, J.M., Etchevers-Barra, J.D., Pena, J.J., and de Leon Gonzalez, F. 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. *Soil and Tillage Research* 88(1-2): 153-159.
- Baker, D., and Suhr, N. 1990. Atomic absorption and flame emission spectrometry. In: Al. Page et al. (Ed). *Methods of Soil Analysis Part 2*, 2nd ed., Agronomy. Monogr. 9, ASA, Madison, WI. p. 13-29.
- Bibordi, M., Malakoti, J., Amirmokri, A., and Nafisi, M. 2000. Optimal Production and Consumption of Chemical Fertilizer in the Event of Sustainable Agriculture. *Agricultural Education Press* 282 pp. (In Persian)
- Black, C., Evans, D., Ensminger, L., White, J., and Clark, F. 1965. *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy Madison p. 499-510.
- Cox, W., Kalonge, S., Cherey, D., and Reid, W. 1993. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agronomy Journal* 85: 341-347.
- Delcatilho, P., Chardon, W.J., and Salomons, W. 1993. Influence of cattle-manure slurry application on the solubility of cadmium, copper, and zinc in a manured acidic, loamy-sand soil. *Journal of Environmental Quality* 22(4): 689- 697.
- Eteng, E., Asawalam, D., and Ano, A. 2014. Effects of Cu and Zn on maize (*Zea mays* L.) yield and nutrient uptake

in coastal plain sand derived soils of southeastern Nigeria. *Journal of Soil Science* 4(25): 235-245.

Ghushchi, A., Jurablu, A., Silespur, M., and Hadi, H. 2010. Effect of tillage and crop residue management on soil characteristics and forage corn. *Journal of Agroecology* 2(3): 428-436. (In Persian with English Summary)

Ghasemi, A., Ghasemi, M., and Ghanbari, A. 2006. The effect of different amounts of manure and chemical mixtures on the quality and uptake of nitrogen in forage maize. Iranian Crop Science Congress, Tehran, Iran (In Persian)

Hosseini, M., Haghnia, G., Emami, H., and Lakzian, A. 2010. Effectiveness of different barley residue management on microbial biomass carbon indices, organic carbon and total nitrogen in the soil. *Journal of Agroecology* 2(3): 372-382. (In Persian with English Summary)

Jacson, M.L. 1962. *Soil Chemical Analysis*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc. 498 pp.

Khamdi, F., Msgrbashy, M., Hassibi, P., Farzaneh, M., and Enayati, N. 2017. The effect of plant residues and level of macro nutrients on yield and yield components of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 8(4): 536-550. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A., Kamkarhaghighi, A., and Karimian, N. 2008. The use of organic fertilizers and their effects on reducing drought stress, quantitative and qualitative of maize. The 3rd National Congress of Recycling and using Renewable Organic Resources in Agriculture, Isfahan, Iran. (In Persian)

Modirshanechi, M. 2010. *The production and management of forage plants*. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 448 pp. (In Persian)

Momeni, A., Bahmanyar, M.A., and Pirdashti, H. 2014. Effect of different application of green manures, animal and biological fertilizers on dynamics of N in the soil, leaves and maize. *Journal of Agroecology* 6(3): 595-606. (In Persian with English Summary)

Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution for determination of phosphate in natural water. *Analysis Chemical Acta* 27: 35-36.

Nisani, S., Fallah, S., and Raiesi, F. 2012. The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 21(4): 63-74.

Office of breeding and improvement of poultry production, bees and silkworms. 2004. Department of Livestock Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)

Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. *Journal of Agricultural Ethics* 6: 53-60.

Polshekanepahlevan, M., Movahedinaieni, A., and Keikha, G. 2007. Effect of different planting methods and different amounts of irrigation on grain growth and yield. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 4(5): 1-10. (In Persian with English Summary)

Pourazizi, M., Fallah, S., and Iranipour, R. 2013. Effect of different nitrogen sources and rates on dry matter and uptake of primary macronutrients in forage sorghum. *Electronic Journal Crop Production* 6(2): 185-202. (In Persian with English Summary)

Peyman, N., Fred, S., and Golbabaie, A. 2011. The use of green manure with mung bean cultivation in rotation with wheat. *Specialized Scientific Journal of Agriculture of Zeiton* 31(222): 3-7. (In Persian)

Rai, J., Bagheri, A., and Eshaghi Sardrood, N. 2013. The effect of chemical and bio fertilizers on yield of sorghum Speedfeed cultivar in different cutting. *Journal of Agroecology* 5(3): 231-242. (In Persian with English Summary)

Ramrudi, M., Majnunehussein, N., Mazaheri, D., and Hossein-Zadeh, A. 2010. The effect of cover crops, tillage systems and nitrogen fertilization on yield of forage sorghum. *Journal of Crop Science* 3(4): 769-763. (In Persian with English Summary)

Rezainejad, Y., and Afuni, M. 2000. Effect of organic matter on soil chemical properties, nutrient uptake and maize yield. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 4: 19-27. (In Persian with English Summary)

Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M., and Abbasi, A. 2008. Study some of yield and yield component of corn *Zea mays* L. to different types and rates of organic and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15(5): 1-10. (In Persian with English Summary)

Rodney, K., Heitschmid, T., and Jerry, W.S. 1991. *Grazing Management an Ecological Perspective*, Timber Press Oregon, USA 259 pp.

Qin, R., Stamp, P., and Richner, W. 2006. Impact of tillage on maize rooting in a Cambisol and Luvisol in Switzerland. *Soil and Tillage Research* 85(1-2): 50-61.

Saha, S., Chakraborty, D., Sharma, A.R., and Kalra, N. 2010. Effect of tillage and residue management on soil physical-Indian mustard system. *Indian Journal of Agricultural Science* 80(8): 679-685.

Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., and Astover, A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. *Agronomy Research* 7(1): 125-132.

Tavasoli, A., Ghanbari, A., and Mousavinick, M. 2010. Effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of millet (*Panicum miliaceum* L.) and red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Intercropping. *Crop Ecophysiology* 15(4): 1-16. (In Persian with English Summary)

Tiscareno-Lopez, M., Baez-Gonzales, A.D., Vehazquez-Valle, M., Potter, K.N., Stone, J.J., Tapia-Vargas, M., and Claveran-Alonso, R. 1999. Agricultural research for watershed restoration in Central Mexico. *Journal of Soil and Water Conservation* 54: 686-692.

Waniyo, U.U., Sauwa, M.M., Ngala, A.L., Abubakr, G.A., and Anelo, E.C. 2013. Influence of sources and rates of manure on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) in Maiduguri, Nigeria, *Nigerian Journal of Basic and Applied Science* 21(4): 259-265.

Zolfeghari, D. 2014. Effects of green manure on forage maize production under different agronomy management. Master Thesis of Zabol University, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)



Effect of Different Tillage Management on Maize Forage and Grain Quality and Quantity under the Influence of Different Sources of Organic and Chemical Fertilizers

A. Ghasemi^{1*}, A. Ghanbari², B.A. Fakheri³ and H.R. Fanaie⁴

Submitted: 09-11-2016

Accepted: 30-04-2017

Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., and Fanaie, H.R. 2018. Effect of different tillage management on maize forage and grain quality and quantity under the influence of different sources of organic and chemical fertilizers. *Journal of Agroecology*. 10(2): 490-503.

Introduction

Lack of attention to the quantity and quality of forage crops led to shortages and low qualities of meat and dairy products. Using cattle manure, plant residues, and green manure increased the dynamic components of the soil. Recently the tendency of farmers toward organic fertilizers have increased due to high costs, demolition of proper soil conditions, environmental consequences and low quality of products produced with chemical fertilizers. It has been reported that combination of manure with chemical fertilizer has increased soil fertility and crop's quality and quantity characteristics due to meeting nutritional needs and increasing the input absorption and use efficiency.

Materials and Methods

In order to assess the effects of different fertilizer sources on maize yield and yield components under different tillage managements, a field experiment was conducted at Zahak Agricultural Research Station for two years (from 2013 to 2014) with a split plot arrangement based on completely randomized block design with three replications. The main plot factors were tillage and no tillage, and sub plot factors were: 1-control, 2-barley green manure without application of fertilizer, 3-barley green manure with application of 100% chemical fertilizer (NPK) to the barley, 4- green manure with 2/3 of chemical fertilizer to the barley and 1/3 to the maize, 5- green manure with 1/3 of chemical fertilizer to the barley and 2/3 to the maize, 6- barley green manure with 50% of animal manure and chemical fertilizer, 7- barley green manure with 40 t.ha⁻¹ of animal manure. The total amount of Nitrogen was measured by digestion method. Likewise, the distillation and titration was tested by using Kjeldahl method. Phosphorus content was measured by a spectrophotometer using colorimetric approach. Potassium content was measured using wet digestion method with salicylic acid and hydrogen peroxide obtained using a photometer movie. The concentration of Zn was measured by atomic absorption. Measurement of grain ash was done through burning and using an electric furnace. Combined variance analysis of data was performed using MSTAT-C statistical software, and the comparison of the means was done at the 5% probability level using Duncan multiple range test.

Results and Discussion

The highest yield was obtained from conventional tillage, 1563 kg.ha⁻¹ more than non-tillage. Fertilizer sources had a significant effect on the concentration of Zn, N, P, K, NDF, grain production, fresh and dry forage production and ash content of the grains. Returning green manure to the soil, along with chemical fertilizer application, not only increased P and N availability in the soil for the next crop, but also simultaneously increased organic matter as well as biological, chemical and physical improvement of the soil properties. The highest (7019 kg.ha⁻¹) and lowest (2097 kg.ha⁻¹) grain yield belonged to T₅ and the control treatments, respectively. The highest content of grain ash was observed in the mixed treatment of green manure, cow

1, 2, 3 and 4- (Crop and Garden department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Sistan, Agricultural, Research, Education and Extension Organization, Sistan, Iran), Professor, Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zabol University and Assistant Professor of Agriculture and Natural Resource Research Center of Sistan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: ghasemiahmad@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.59988

manure, and chemical fertilizers (1.77%) and its lowest rate was obtained in control (1.125 %). The results showed that addition of cattle and green manure to the soil increased the plant ash, which shows the superiority of these organic manures to chemical fertilizers.

Conclusion

Based on the obtained results of this experiment, it can be inferred that conventional tillage had better effects than no tillage due to its more suitability for soil degrading bacteria cultures, better acceleration of mineralization, and better root growth, resulted in greater access to nutrients and water, and ultimately improving plant growth. During the first year, the root growth limited mainly due to high soil density in the no-tillage treatments. Moreover, because of slow degradation, water and nutrients absorption was low. Due to chemical fertilizer application, nutrient supply was provided faster for the plant. Nevertheless, in long term, it would pollute the surrounding environment and degrade the soil structure. During its converting process in longer period, organic fertilizers provide environmental health and sustainable productivity of the soil; however, consolidated application of organic and chemical fertilizers under a conventional tillage system, support the initial growth, accelerate mineralization, and eventually, increase the uptake of nutrients such as N, P, K, Zn, and Ash content, leads to an increasing yield of maize.

Keywords: Green manure, NDF, Seed ash, Seed P, Seed yield



تأثیر الگوی کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.)

الهام رفتاری^{1*}، علی نخزری مقدم²، مهدی ملاشاهی² و حسین حسینی مقدم²

تاریخ دریافت: 1395/10/05

تاریخ پذیرش: 1396/03/10

رفتاری، ا، نخزری مقدم، ع، ملاشاهی، م، و حسینی مقدم، ح، 1397. تأثیر الگوی کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 504-515.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی 1393-94 اجرا گردید. عامل الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود فرنگی، کشت مخلوط جایگزین 33، 50 و 67 درصد کاهو به‌جای نخود فرنگی، کشت مخلوط افزایش 33، 50، 67 و 100 کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو و عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف 25 و 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نتایج نشان داد که اثر الگوی کاشت و نیتروژن بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. صفات مورد بررسی شامل عملکرد کل و شاخص‌های رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط یعنی عملکرد معادل، نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط و بهره‌وری سیستم بود. تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو به‌ترتیب با 61565 و 61473 کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد و تیمار کشت خالص نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم در هکتار حداقل عملکرد را تولید کردند. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد در هر دو گیاه افزایش یافت. کم‌ترین عملکرد معادل نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت خالص نخود فرنگی و بیش‌ترین آن با 25159 کیلوگرم در هکتار از کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد معادل نخود فرنگی به‌ترتیب از تیمارهای مصرف 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب با 20669 و 16689 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط بیش از تیمارهای کشت خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی با 1/48 بود. ضریب نسبی تراکم در تمام تیمارها بیش از یک بود. بررسی شاخص غالبیت نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد کاهو به جای نخود فرنگی گیاه غالب بود. در نتیجه، علامت چیرگی نخود فرنگی با وجود مطلوب بودن عملکرد هر دو گیاه مثبت شد. در کلیه تیمارها و به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد کل مشاهده شد. در مجموع، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو باعث افزایش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط گردید. بیش‌ترین سودمندی اقتصادی کشت مخلوط مربوط به گیاه نخود فرنگی و کم‌ترین آن مربوط به گیاه کاهو که از تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد نخود فرنگی + 67 درصد کاهو حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: سودمندی کشت مخلوط، غالبیت، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین

مقدمه

بقولات است. تمامی گونه‌های جنس نخود فرنگی دارای 14

کروموزوم ($2n=14$) می‌باشند (Ahmad et al., 2005). کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده گل مرکبان³ است.

این گیاه سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامتی

نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) یکی از گیاهان خانواده

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

(*) - نویسنده مسئول: (Email: raftarielham70@yahoo.com)

رقابتی⁴، کاهش واقعی عملکرد⁵، سودمندی کشت مخلوط⁶، عملکرد معادل⁷ و شاخص بهره‌وری سیستم⁸ (Dhima et al., 2007).

نسبت برابری زمین، نسبت زمین لازم برای تک‌کشتی را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند. اگر نسبت برابری زمین بیش از یک باشد، کشت مخلوط بر تک‌کشتی مزیت دارد. اگر کم‌تر از یک باشد کشت خالص ترجیح داده می‌شود و اگر مساوی یک باشد نشان‌گر حد بحرانی بوده و در آن کشت مخلوط با تک‌کشتی یکسان می‌باشد. در بررسی نخ‌زری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2010) کشت مخلوط جایگزین ذرت و ماش سبز (*Vigna radiata* L.) برتری خاصی بر کشت خالص از نظر نسبت برابری زمین نشان نداد، اما در کشت مخلوط افزایشی نسبت برابری زمین بیش از یک بود.

ضریب نسبی تراکم غلبه نسبی یک گیاه را بر گیاه دیگر در کشت مخلوط نشان می‌دهد (Banik et al., 2006). اگر ضریب نسبی تراکم بیش از یک باشد کشت مخلوط سودمند است، اگر کم‌تر از یک باشد سودمند نیست و اگر برابر یک باشد در کشت مخلوط حالت موازنه یا تعادل برقرار است (Dhima et al., 2007).

با استفاده از شاخص غالبیت، رابطه رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط تعیین می‌شود (Willey, 1979). اگر این ضریب برابر صفر باشد نشان می‌دهد که بین دو گونه هیچ رقابتی وجود ندارد. علامت‌های مثبت و منفی به ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است (Mazaheri, 1998). در بررسی برخی محققان در تمام الگوهای کشت مخلوط ماشک گل‌خوشه‌ای و گندم، شاخص غالبیت ماشک گل‌خوشه‌ای مثبت و شاخص غالبیت گندم منفی بود (Atis et al., 2012). در بررسی قوش (Ghosh, 2004) غلات (ذرت، سورگوم (*Panicum* Moench) و ارزن (*Sorghum bicolor* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاه مغلوب در سیستم کشت مخلوط بود. وی علت این امر را ارتفاع زیاد غلات، سایه‌اندازی آن‌ها روی بادام‌زمینی، کاهش طول بادام‌زمینی و کاهش عملکرد آن ذکر کرد.

نسبت رقابتی در مقایسه با ضریب نسبی تراکم و غالبیت شاخص

انسان است که به‌علت دارا بودن سلولز زیاد، هضم غذا را راحت می‌کند (Fakharian et al., 2008). سطح زیر کشت کاهو در کشور 16917 هکتار می‌باشد (FAO, 2013).

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققین بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است (Bedoussac & Justes, 2010). کشت مخلوط باعث حداکثر استفاده از منابع رشدی در بعد زمان و مکان می‌شود (Gao et al., 2009). از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006). در بررسی نجفی و کشتکار (Najafi & Keshtehgar, 2014) کشت مخلوط حبوبات با گیاهان غیر حبوبات علاوه بر استفاده صحیح و بهینه و عادلانه از منابع مثل زمین و نیروی کار، باعث افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تقویت بهره‌وری کل در واحد سطح و زمان شد. در میان گیاهان زراعی، حبوبات توانایی و قابلیت سازگاری زیادی در الگوهای کاشت مختلف دارند و می‌توانند ظرفیت تولید را افزایش دهند (Banik et al., 2006).

همه عناصر غذایی موجود در کودهای مصرف شده مزارع ممکن است در طول دوره رشد گیاه مورد استفاده قرار نگیرند (Fallah, 2011). به‌طوری‌که امروزه آلودگی منابع آبی توسط نیترات حاصل از زراعت‌های فشرده و به‌کارگیری کودهای نیتروژنه به‌عنوان مشکلی بسیار مهم در سرتاسر دنیا محسوب می‌شود (Choi et al., 2007). آچاکزی و بنگلزای (Achakzai & Bangulzai, 2006) با بررسی تأثیر مقادیر صفر، 25، 50، 75، 100 و 125 کیلوگرم نیتروژن در هکتار روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود فرنگی گزارش کردند که حداکثر غلاف تر با 11909 کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

شاخص‌هایی که توسط تعدادی از محققین جهت تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط استفاده شده‌اند عبارتند از: نسبت برابری زمین¹، ضریب نسبی تراکم²، شاخص غالبیت³، نسبت

4- Competitive ratio (CR)
5- Actual yield loss (AYL)
6- Intercropping advantage (IA)
7- Equivalent yield (EY)
8- System productivity index (SPI)

1- Land equivalent ratio (LER)
2- Relative crowding coefficient (RCC)
3- Aggressivity (A)

مخلوط بیش تر بود (Awal et al., 2007).

شاخص دیگری که معمولاً در ارزیابی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط کاربرد دارد، شاخص بهره‌وری سیستم است که داده‌های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی محاسبه می‌گردد (Agegnehu et al., 2006). با توجه به این که در رابطه با کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو تحقیقی در ایران انجام نشده است، این بررسی با هدف تعیین مناسب‌ترین تیمار کشت خالص، مخلوط جایگزین یا افزایشی نخود فرنگی و کاهو از نظر عملکرد و ارزیابی شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط جایگزین و افزایشی نخود فرنگی و کاهو در منطقه گنبد کاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. طول جغرافیایی محل آزمایش 55 درجه و 11 دقیقه شرقی و عرض آن 37 درجه و 15 دقیقه شمالی است. ارتفاع از سطح دریا 46 متر و براساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه-خشک است.

خصوصیات خاک منطقه تحت کشت بنابر اطلاعات حاصل از آزمون خاک در سال 1393 در جدول 1 آورده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های مورد بررسی مشتمل بر الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود فرنگی، کشت مخلوط جایگزین 33، 50 و 67 درصد کاهو به جای نخود فرنگی، کشت مخلوط افزایش 33، 50، 67 و 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو بود و نیتروژن نیز در سه سطح شامل عدم مصرف نیتروژن و مصرف 25 و 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود.

در این بررسی از کاهوی سفید فرانسوی رقم آسگرو (پفکی) نخود فرنگی استفاده شد. فواصل خطوط کاشت 30 سانتی متر و طول آن‌ها سه متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته در روی ردیف برای کاهو 20 سانتی متر و برای نخود فرنگی 10 سانتی متر بود. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص نخود فرنگی و کاهو چهار خط بود.

بهتری برای تعیین توانایی رقابت گیاهان است (Dhima et al., 2007). جو (*Hordeum vulgare* L.) در کشت مخلوط با نخود فرنگی، بالاترین توانایی رقابت برای جذب عناصر غذایی در مقایسه با نخود فرنگی را داشت (Banik et al., 2006). با بررسی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخودفرنگی تحت سری‌های جایگزین در سطوح نیتروژن نشان داده شد که عملکرد از دست رفته واقعی، شاخص تولید سیستم و شاخص‌های اقتصادی شامل مزیت پولی و مزیت مخلوط برای همه نسبت‌ها مثبت شد و نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم برای تمام نسبت‌های مخلوط بیش تر از یک به دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هر یک از دو گیاه بود. مثبت بودن مقادیر شاخص غالبیت و بزرگ تر از یک بودن مقادیر نسبت رقابت برای گیاه کلزا بیانگر برتری رقابتی کلزا نسبت به نخود فرنگی یا استفاده بهتر از نهاده‌ها در کشت مخلوط بود (Fallah et al., 2014).

کاهش (یا سودمندی) عملکرد واقعی، شاخصی است که اطلاعات حقیقی بیش تری در باره رقابت درون و برون گونه‌ای گیاهان همراه و رفتار هر گونه در سیستم کشت مخلوط نسبت به شاخص‌های دیگر می‌دهد. علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌باشد. عملکرد واقعی ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت مخلوط 50 درصد لگوم (لوبیا و نخود) و 100 درصد ذرت کاهش نشان داد در حالی که در کشت مخلوط 50 درصد نخود و 50 درصد ذرت، عملکرد واقعی ذرت افزایش و عملکرد واقعی نخود کاهش یافت (Yilmaz et al., 2008).

در تعیین سودمندی کشت مخلوط، علامت مثبت نشانه سودمندی اقتصادی کشت مخلوط و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشد. لیتورجیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) گزارش کردند که بالا بودن مقادیر نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم در تیمارهای کشت مخلوط بیانگر سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط بوده و سبب افزایش مقادیر شاخص سودمندی می‌شود.

برای تعیین عملکرد معادل کشت مخلوط از قیمت گیاهان استفاده می‌شود. عملکرد معادل جو در کشت مخلوط دو ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف جو با 20/6 تن در هکتار نسبت از سایر تیمارهای کشت

جدول 1- مشخصات خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس
Table 1- Soil characteristics of Gonbad Kavous University farm

عمق نمونه برداری (سانتی متر) Depth sample (cm)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	بافت Texture
0-30	0.08	11	409	7.94	0.77	0.78	سیلتی لومی Silt-loam

برای بررسی رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از معادلات ارائه شده در جدول 2 استفاده شد.
تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 انجام و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر عملکرد

اثر الگوی کاشت و نیتروژن بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار نبود (جدول 3). مقایسه عملکرد در تیمارهای الگوی کاشت نشان داد که حداکثر عملکرد کل به تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو و تیمار کشت خالص کاهو به ترتیب با 61565 و 61473 کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول 4). از دلایل بالا بودن عملکرد در این تیمارها نسبت به کشت خالص، تراکم بالای نخود فرنگی و کاهو بود. در تیمار کشت خالص نخود فرنگی عملکرد 11759 کیلوگرم در هکتار بود که کم‌تر از سایر تیمارها بود. سیستم ریشه‌ای و آرایش فضایی متفاوت گیاهان در کشت مخلوط منجر به افزایش استفاده از منابع قابل دسترس گردید. برخی محققان با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا افزایش عملکرد در کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند (Agegnehu et al., 2006). با بررسی تیمارهای کشت مخلوط افزایش 25، 50 و 75 درصد تراکم مطلوب لوبیا به ذرت، با افزایش تراکم لوبیا از 25 به 75 درصد، عملکرد کل افزایش یافت. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هم افزایش یافت (Morgado & Willey, 2006).

در کشت مخلوط جایگزین 50 درصد کاهو به جای نخود فرنگی تعداد ردیف برابر چهار خط و به صورت کاهو - نخود فرنگی - کاهو - نخود فرنگی بود. در تیمار کشت مخلوط جایگزین 67 درصد نخود و 33 درصد کاهو تعداد ردیف کاشت پنج خط به صورت کاهو - نخود فرنگی - نخود فرنگی کاهو - نخود فرنگی و در تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد نخود و 67 درصد کاهو تعداد ردیف کاشت پنج خط به صورت نخود فرنگی - کاهو - کاهو - نخود فرنگی - کاهو بود. در تیمارهای افزایشی تعداد ردیف هشت خط و کاهو در وسط ردیف‌های نخود فرنگی (به فاصله 15 سانتی‌متر از نخود فرنگی) کشت شد. بذور نخود فرنگی در عمق حدود سه سانتی‌متر کشت شدند. در هر کپه دو بذر کاشته شد که در مرحله 3-4 برگ‌های بوته‌های اضافی نخود فرنگی حذف و در هر کپه یک بوته باقی ماند. کشت کاهو به صورت نشائی بود. در زمان کاشت 100 کیلوگرم فسفر (سوپرفسفات تریپل) در هکتار مصرف گردید. 50 درصد کود نیتروژن خالص (با منشأ اوره 46 درصد) با توجه به میزان تعیین شده در تیمارها در زمان کاشت و 50 درصد بقیه به صورت سرک در زمان شروع غلاف‌دهی نخود فرنگی مصرف شد.

برای تعیین عملکرد، ردیف‌های حاشیه و نیم‌متر از دو طرف ردیف‌های وسط حذف و بقیه برداشت گردید. برای تعیین وزن کاهو، برگ‌های نامرغوب حذف شد و برای تعیین وزن نخود فرنگی، غلاف‌های سبز برداشت شد. محاسبه شاخص‌ها بر مبنای وزن تر انجام شد. در تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین کاهو و نخود فرنگی به‌طور مجزا محاسبه و سپس با هم جمع گردید (Agegnehu et al., 2006). برای محاسبه عملکرد معادل، نخود فرنگی به عنوان گیاه اصلی و کاهو به عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شد، لذا عملکرد معادل نخود فرنگی تیمارها محاسبه شد. همچنین

جدول 2- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Table 2- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	$LER = (Y_{ab} / Y_{aa}) + (Y_{ba} / Y_{bb})$
ضریب نسبی تراکم برای گیاه a Relative crowding coefficient for a	$K = K_a \times K_b$ $K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) / ((Y_{aa} - Y_{ab})(Z_{ab}))$
غالبیت برای گیاه a Dominance for a	$A_a = (Y_{ab} / Y_{aa} \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_{bb} \times Z_{ba})$
نسبت رقابتی a Competitive ratio for a	$CR_a = (LER_a / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$
نسبت رقابتی b Competitive ratio for b	$CR_b = (LER_b / LER_a) (Z_{ab} / Z_{ba})$
کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی برای گیاه a Reduction or advantage of actual yield for a	$AYL = AYL_a + AYL_b$ $AYL_a = ((Y_{ab} / Z_{ab}) / (Y_{aa} / Z_{aa})) - 1$
سودمندی کشت مخلوط برای گیاه a Intercropping benefits for a	$IA = IA_a + IA_b$ $IA_a = AYL_a \times P_a$
عملکرد معادل گیاه b Equivalent yield for b	$EY_b = Y_b + Y_{aa} \times (P_a / P_b)$
شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index	$SPI = (S_a / S_b) \times Y_b + Y_a$
Z_{ab} : نسبت گیاه a در کشت مخلوط Z_{ab} = Ratio of plant a in intercropping	Y_{ab} : عملکرد گیاه a در کشت مخلوط Y_a = Yield of plant a in intercropping
Z_{ba} : نسبت گیاه b در کشت مخلوط Z_{ba} = Ratio of plant b in intercropping	Y_{aa} : عملکرد گیاه a در کشت خالص Y_{aa} = Yield of plant a in sole cropping
Z_{aa} : نسبت گیاه a در کشت خالص Z_{aa} = Ratio of plant a in sole cropping	Y_{ba} : عملکرد گیاه b در کشت مخلوط Y_{ba} = Yield of plant b in intercropping
Z_{bb} : نسبت گیاه b در کشت خالص Z_{bb} = Ratio of plant b in sole cropping	Y_{bb} : عملکرد گیاه b در کشت خالص Y_{bb} = Yield of plant b in intercropping
P_a : قیمت محصول گیاه a P_b = Price of plant b	P_b : قیمت محصول گیاه b P_a = Price of plant a
S_a : عملکرد متوسط گیاه a در کشت خالص S_a = Average yield of plant a in sole cropping	S_b : عملکرد متوسط گیاه b در کشت خالص S_b = Average yield of plant b in sole cropping
Y_a : عملکرد متوسط گیاه a در کشت مخلوط Y_a = Yield of plant a in intercropping	Y_b : عملکرد متوسط گیاه b در کشت مخلوط Y_b = Yield of plant b in intercropping

نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیک است. تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت با بررسی مقادیر صفر، 30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود گزارش شده است (Baser Kouchebagh et al., 2012).

عملکرد معادل نخود فرنگی

کم‌ترین عملکرد معادل نخودفرنگی مربوط به تیمار کشت خالص نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم و بیش‌ترین آن مربوط به کشت

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد از تیمارهای مصرف 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب با 45311 و 37432 تن در هکتار به‌دست آمد (جدول 5). با وجود این که نخود فرنگی یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفر است، نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد داشت. مقدار هر سطح نیتروژن مصرفی برای نه تیمار الگوی کاشت بود، از جمله کشت خالص کاهو و کشت‌های مخلوط افزایشی. این امر باعث شد نیاز این تیمارها به نیتروژن زیاد باشد لذا، تثبیت نیتروژن به تنهایی برای تولید بالا مناسب نبود. این امر بیان‌گر عدم تأمین

مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی با 25159 کیلوگرم
در هکتار بود (جدول 4). عملکرد معادل نخود فرنگی در تیمارهای
کشت مخلوط به‌خصوص کشت‌های مخلوط افزایشی نسبت به کشت
خالص نخود فرنگی افزایش نشان داد. فقط عملکرد معادل کشت
مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی نسبت به کشت
خالص کاهو بیش‌تر بود.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و عملکرد معادل نخود فرنگی تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با کاهو و نیتروژن
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of yield and pea equivalent yield under planting patterns with lettuce and nitrogens

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yield	عملکرد معادل نخود فرنگی Equivalent yield of pea
تکرار Replication	2	50666441	7275722
الگوی کاشت Planting pattern (P)	8	2156575662**	117329308**
نیتروژن Nitrogen (N)	2	421899496**	107125444**
نیتروژن × الگوی کاشت P × N	16	4613909 ^{ns}	819401 ^{ns}
خطا Error	52	24429175	4371954
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.89	11.16

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
^{ns}, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و عملکرد معادل نخود فرنگی تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با کاهو
Table 4- Mean comparison for yield and pea equivalent yield under planting patterns with Lettuce

صفات Traits الگوی کاشت Planting pattern	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد معادل نخود فرنگی (کیلوگرم در هکتار) Equivalent yield of pea (kg.ha ⁻¹)		
		نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total
کشت خالص نخود فرنگی Sole cropping of pea	11759	11759	-	11759
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	33224	8092	8377	16469
50% نخود فرنگی + 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	41063	6697	11456	18153
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33% pea + 67% lettuce	48048	4952	14365	19317
100% نخود فرنگی + 33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	32054	10282	728	17540
100% نخود فرنگی + 50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	38654	9073	9860	18933
100% نخود فرنگی + 67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	46198	8002	12732	20734
100% نخود فرنگی + 100% کاهو 100% pea + 100% lettuce	61565	6956	18203	25159
کشت خالص کاهو Sole cropping of lettuce	61473	-	20491	20491
LSD (5%)	4675	-	-	1978

خالص و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول 5). مصرف نیتروژن تأثیر مثبتی بر عملکرد معادل داشت هرچند تفاوت تیمارها کم بود (حداکثر 23/8 درصد). با وجودی که قیمت نخود فرنگی بیش از کاهو بود (سه برابر)، اما کاهش زیاد عملکرد نخود فرنگی در تیمار عدم مصرف نیتروژن باعث پایین آمدن عملکرد معادل در نخود فرنگی شد. عملکرد معادل جو در تیمار کشت خالص جو و تیمار کشت مخلوط 25 درصد نخود فرنگی به جای جو حداکثر و در تیمار کشت خالص نخود فرنگی حداقل بود (Nakhzari Moghaddam et al., 2016).

با توجه به تیپ رشدی نخود فرنگی که گیاهی رونده است و کاهو که گیاهی با رشد مستقیم است انتظار می رفت کشت مخلوط این دو گیاه سبب استفاده بهتر آن ها از منابع محیطی شود که این امر بیان گر سازگاری بالای کشت این دو گیاه با هم به صورت مخلوط بود. با وجودی که قیمت نخود فرنگی بیش از کاهو بود، اما پایین بودن عملکرد نخود فرنگی در کشت مخلوط و خالص نخود فرنگی عامل پایین بودن عملکرد معادل در تیمارهای کشت مخلوط و کشت خالص نخود فرنگی بود.

بیشترین و کمترین عملکرد معادل نخود فرنگی به ترتیب با 20669 و 16689 کیلوگرم در هکتار با مصرف 50 کیلوگرم نیتروژن

جدول 5- مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر عملکرد کل و عملکرد معادل نخود فرنگی
Table 5- The mean comparisons for effect of nitrogen on total yield and equivalent pea yield

صفات Traits	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد معادل نخود فرنگی (کیلوگرم در هکتار) Equivalent yield of pea (kg.ha ⁻¹)
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg. ha ⁻¹)		
0	37432	16689
25	41935	18828
50	45311	20669
LSD (5%)	2699	1142

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

*Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD.

و 50 درصد لوبیا چشم بلبلی و مصرف 200 کیلوگرم اوره گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط، کشت مخلوط کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش (Rastgoo et al., 2015) مقدار LER در تمام تیمارها بالاتر از یک گزارش کرده اند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد که نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

ضریب نسبی تراکم

اثر الگوی کاشت بر ضریب نسبی تراکم نشان داد که ضریب نسبی تراکم نخود فرنگی در تیمار 100% نخود فرنگی + 33% کاهو حداکثر و برابر با 2/38 و حداکثر ضریب نسبی تراکم کاهو متعلق به تیمار 100% نخود فرنگی + 100% کاهو با 8/05 بود. ضریب نسبی تراکم کل در تمام تیمارها بیش از یک بود که نشان دهنده مطلوب بودن کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو است (جدول 6). افزایش

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین و خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار 100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو با 1/48 بود (جدول 6). حداکثر نسبت برابری زمین نخود فرنگی متعلق به تیمار 100 درصد نخود فرنگی + 33 درصد کاهو با 0/88 و حداکثر نسبت برابری زمین کاهو متعلق به تیمار 100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو با 0/89 بود. این امر احتمالاً به دلیل برداشت سبز دو گیاه اتفاق افتاد، زیرا با وجود رقابت زیاد بین بوته ها به دلیل تراکم بالا، باز هم در تیمارهای افزایشی عملکرد بیشتری تولید شد. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو مناسب بود. در بررسی حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) بالاترین مقدار LER را با 1/37 از تیمار کشت مخلوط 50 درصد ارزن

تعداد ردیف‌های نخود فرنگی منجر به کاهش غلبه کاهو شد و نسبت رقابتی نخود فرنگی را افزایش داد. لامعی هروانی (Lamei, 2012) در تحقیقی که برای ارزیابی فنی و اقتصادی کشت مخلوط خلر (*Lathyrus sativus* L.) با جو و تریتیکاله

گزارش کرد که مقادیر ضریب نسبی تراکم جو و تریتیکاله در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیش از ضریب نسبی تراکم گیاه علوفه‌ای خلر بود.

جدول 6- مقایسه نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم و شاخص غالبیت نخودفرنگی و کاهو در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با نخود فرنگی

Table 6- Comparison of land equivalent ratio, relative crowding coefficient and aggressivity of pea and lettuce under different intercropping arrangements with pea

شاخص Index	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			ضریب نسبی تراکم Relative crowding coefficient			غالبیت Dominance	
	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	0.69	0.39	1.08	1.12	1.29	1.44	0.14	-0.14
50% نخود فرنگی + 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	0.57	0.54	1.11	1.33	1.16	1.54	-0.07	0.07
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33% pea + 67% lettuce	0.42	0.68	1.1	1.46	1.06	1.55	-0.25	0.25
100% نخود فرنگی + 33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	0.88	0.35	1.23	2.38	1.58	3.76	0.21	-0.21
100% نخود فرنگی + 50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	0.77	0.47	1.24	1.71	1.77	3.03	0.25	-0.25
100% نخود فرنگی + 67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	0.68	0.61	1.29	1.43	2.34	3.35	0.38	-0.38
100% نخود فرنگی + 100% کاهو 100% pea + 100% lettuce	0.59	0.89	1.48	1.46	8.05	11.75	0.59	-0.59

شاخص غالبیت نتایج حاصل از محاسبه شاخص چیرگی (غالبیت) نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای افزایشی و تیمار جایگزین 67% نخود فرنگی و 33% کاهو، کاهو قدرت رقابتی بیش‌تری نسبت به نخود فرنگی برای استفاده از منابع در کشت مخلوط داشت. تفاوت در نسبت رقابتی گیاهان توسط بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز گزارش شده است. در بررسی آنان جو توانایی رقابت بالاتری نسبت به نخود فرنگی در کشت مخلوط داشت.

کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی بررسی شاخص کاهش عملکرد واقعی نشان داد که کاهش عملکرد واقعی در هیچ یک از تیمارها منفی نبود (جدول 7). این امر بیان‌گر مفید بودن کشت مخلوط به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بود. به‌عبارت دیگر، در کلیه تیمارها و به‌خصوص

کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی

نسبت رقابتی بالاترین نسبت رقابتی مربوط به کاهو از تیمار 100% نخود فرنگی + 100% کاهو با 1/51 به‌دست آمد (جدول 7). بررسی نسبت رقابتی

نسبت رقابتی

بالاترین نسبت رقابتی مربوط به کاهو از تیمار 100% نخود فرنگی + 100% کاهو با 1/51 به‌دست آمد (جدول 7). بررسی نسبت رقابتی

تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد واقعی مشاهده شد.

جدول 7- مقایسه نسبت رقابتی، کاهش عملکرد واقعی و سودمندی کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط
Table 7- Comparison of competitive ratio, actual yield loss, intercropping advantage and system productivity index pea and lettuce under different intercropping arrangements

شاخص Index	نسبت رقابتی Competitive ratio		کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss			سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage			شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
تیمار Treatment	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	کل Total
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	0.89	1.13	0.04	0.18	0.22	60	90	150	12.70
50% نخود فرنگی + 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	1.06	0.95	0.14	0.07	0.21	210	35	245	12.98
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33% pea + 67% lettuce	1024	0.81	0.27	0.02	0.29	405	10	415	12.92
100% نخود فرنگی + 33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	0.83	1.19	0.17	0.38	0.55	255	190	445	14.33
100% نخود فرنگی + 50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	0.82	1.22	0.16	0.41	0.57	240	205	445	14.57
100% نخود فرنگی + 67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	0.74	1.35	0.14	0.52	0.66	210	260	470	15.14
100% نخود فرنگی + 100% کاهو 100% pea + 100% lettuce	0.66	1.51	0.19	0.78	0.97	285	390	675	17.39

گردید. بیش‌ترین سودمندی اقتصادی کشت مخلوط مربوط به گیاه نخود فرنگی به مقدار 405 و کم‌ترین آن مربوط به گیاه کاهو به مقدار 10 واحد بود که از تیمار کشت مخلوط جایگزین 33% نخود فرنگی + 67% کاهو حاصل شد (جدول 7). در آزمایشی که به‌منظور ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای انجام شد برخی محققین گزارش کردند که کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای سودمندی اقتصادی داشت و بیش‌ترین میزان سودمندی متعلق به تیمار افزایشی 100:15 با 4/41 بود (Ahmadi et al., 2010). بیش‌ترین نسبت برابری زمین کل (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه (*Nigella sativa*) + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان (*Ocimum basilicum*) + ل. به‌دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمند زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سه گونه دارد و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

این افزایش با افزایش نسبت گیاهان در کشت مخلوط افزایشی مشهودتر بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده بود، زیرا از عوامل محیطی مؤثر در رشد استفاده بیشتری کردند. لامعی هروانی (Lamei, 2012) با بررسی کشت مخلوط خمر با جو و تریتیکاله اعلام کردند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش عملکرد واقعی گیاهان جو و تریتیکاله مثبت بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده بود زیرا از عوامل محیطی مؤثر در رشد استفاده بیش‌تری کردند. بیش‌ترین کاهش عملکرد واقعی مربوط به گیاه خمر بود که از تیمار کشت مخلوط 25 درصد جو و 75 درصد خمر به مقدار 0/171- به‌دست آمد.

سودمندی کشت مخلوط

با بررسی این شاخص مشاهده گردید که کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو باعث افزایش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط

شاخص بهره‌وری سیستم

در تمام تیمارهای کشت مخلوط شاخص بهره‌وری سیستم بالا بود. این شاخص در تیمار کشت مخلوط افزایشی 100% نخود فرنگی + 100% کاهو حداکثر و برابر 17/39 بود (جدول 7). کم‌ترین مقدار این شاخص به تیمار کشت مخلوط جایگزین 67% نخود فرنگی و 33% کاهو با 12/70 تعلق داشت. این امر بیان‌گر سودمندی بالای کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو در این نسبت کشت است. در بررسی لامعی هروانی (Lamei Heravani, 2013) کشت مخلوط 75 درصد نخود علوفه‌ای و 25 درصد جو بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم با 2/92 را داشت.

نتیجه‌گیری

از بین دو گیاه نخود فرنگی و کاهو، کاهو با وجود تراکم کم‌تر عملکرد بیش‌تری تولید کرد. تولید بیش‌تر کاهو را می‌توان به نوع ویژگی‌های ژنتیکی گیاه، قسمت برداشت شده، وزن بوته کاهو نسبت داد. تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو حداکثر عملکرد کل و تیمار کشت خالص نخود فرنگی حداقل عملکرد کل را تولید کرد. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد در هر دو گیاه افزایش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین

عملکرد کل به ترتیب از تیمارهای 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به دست آمد. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار افزایشی 100 درصد کاهو به نخود فرنگی بود. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو مناسب بود. ضریب نسبی تراکم کل در تمام تیمارها بیش از یک بود که نشان‌دهنده مطلوب بودن کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو است. بررسی شاخص غالبیت نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد کاهو به جای نخود فرنگی به دلیل افزایش نسبت نخود فرنگی به کاهو و استفاده مطلوب از منابع رشدی گیاه غالب بود در نتیجه، علامت چیرگی نخود فرنگی با وجود مطلوب بودن عملکرد هر دو گیاه مثبت شد. در کلیه تیمارها و به خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد کل مشاهده شد. کشت مخلوط سودمندی اقتصادی داشت. عملکرد معادل نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط به خصوص کشت مخلوط افزایشی نسبت به کشت خالص نخود فرنگی افزایش نشان داد. فقط کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی نسبت به کشت خالص کاهو افزایش نشان داد. با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد در کشت مخلوط برای به دست آوردن حداکثر محصول به-خصوص در این دو گیاه نیاز به تراکم بالاتری است.

منابع

- Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisium sativum* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany* 38(2): 331-340.
- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25(3): 202-207.
- Ahmad, F., Gaur, P., and Croser, J. 2005. Pea (*Pisum sativum* L.). In: Singh, R.J., Jauhar, P.P. Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement-Grain Legumes 1: 185-214.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural and Sustainable Production* 20(4): 77-87. (In Persian with English Summary)
- Atis, I., Kotgen, K., Hatipoglu, R., Yilmaz, S., Atak, M., and Can, E. 2012. Plant density and mixture ratio effects the competition between vetch and wheat. *Australian Journal of Crop Science* 6(3): 498-505.
- Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition growth and yield in barley peanut intercropping. *Asian Journal of Plant Science* 6(4): 577-584.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghosh, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weeds mothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B., and Farahvash, F. 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. *World Applied Sciences Journal* 16(9): 1239-1242.
- Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat-winter pea intercrop. *Plant and Soil* 330: 37-54.
- Choi, W.J., Han, G.H., Lee, S.M., Lee, G.T., Yoon, K.S., Choi, S.M., and Ro, H.M. 2007. Impact of land-use types

on nitrate concentration and N^{15} in unconfined groundwater in rural areas of Korea. Agriculture, Ecosystems and Environment 120(2-4): 259-268.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100(2-3): 249-256.

Fakharian, N., Hassanpour Asil, M., and Samizadeh Lahiji, H. 2008. Effects of temperature, thickness of polypropylene shrink wrapping and modified atmosphere packaging on storage longevity of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Horticultural Science and Technology 22(2): 135-145.

Fallah, S.A. 2011. Recovery of nitrogen residue by the canola (*Brassica napus*) in rotation forage maize-canola. Journal of Agroecology 1(2):83-75. (In Persian with English Summary)

Fallah, S.A., Baharlouie, S., and Abbasi Suraki, A. 2014. Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agroecology 6(3): 571-581. (In Persian with English Summary)

Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. The FAOSTAT Database. Available at: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, H., and Liu, Z. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crops Research 111(1-2): 65-73.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansou, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 16(2): 60-67. (In Persian with English Summary)

Lamei Heravani, J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping Lathyrus with barley and triticale under dryland conditions in Zanjan province. Journal of Crop Production and Processing 2(4): 93-103.

Lamei Heravani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan. Seed and Plant Production Journal 29(2): 169-184. (In Persian with English Summary)

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34(4): 287-294.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping (2nd Eds.). Tehran University Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Morgado, L., and Willey, R.W. 2003. Effects of plant population and nitrogen fertilizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 38(11): 1257-1264.

Najafi, S., and Keshtehgar, A. 2014. Effect of intercropping on increase yield. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 8(5): 549-552.

Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpour Inchehbron, O., and Rahemi Karizaki, A. 2016. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley and pea. Electronic Journal of Crop Production 9(1): 199-214. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A., Chaiechi, M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoon Hoseini, N., and Noorinia, A.A. 2009. The effects of corn (*Zea mays* L.) and green gram (*Vigna radiata* L.) intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. Iranian Journal of Field Crop Science 40(4): 151-159. (In Persian with English Summary)

Rastgoo, S., Ayneband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. Journal of Agroecology 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaiechi, M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2011. Evaluation of yield and yield components in additive intercropping of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under complete and limited irrigation conditions. Journal of Agroecology 3(1): 25-35. (In Persian with English Summary)

Singh, R., and Pandey, M.D. 2002. Studies on integrated pest management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 3(3): 662-664.

Willey, R.M. 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. Journal of Crop Science 32: 1-10.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 111-119.



The Effect of Nitrogen Fertilizer and Planting Pattern on Yield and Competition Indices of Pea (*Pisum sativum* L.) and Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

E. Raftari^{1*}, A. Nakhzari Moghaddam², M. Mollashahi² and H. Hosseini Moghaddam²

Submitted: 25-12-2016

Accepted: 31-05-2017

Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., and Hosseini Moghaddam, H. 2018. The effect of nitrogen fertilizer and planting pattern on yield and competition indices of pea (*Pisum sativum* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Agroecology. 10(2): 504-515.

Introduction

Intercropping, the agricultural practice of cultivating two or more crops in the same space at the same time, is an old and commonly used cropping practice which aims to match efficiently crop demands to the available growth resources. Intercropping of chickpea with linseed reduced the chickpea yield by 60.3%, although linseed occupied only 33% of the total area. The loss of chickpea yield was compensated by the additional yield of linseed, and thus the system productivity of chickpea + linseed intercropping was increased by 43.4% compared to the sole chickpea. Of this increase in system productivity, 65.3 and 34.7% were contributed by higher seed yield and higher minimum support prices of linseed, respectively, as compared to chickpea. The objectives of the present study were to study the competition indices of Pea and Lettuce intercropping, such as land equivalent ratio, relative crowding coefficient, aggressivity, pea equivalent yield and effects of nitrogen and different intercropping arrangements on the yield of sole pea, sole lettuce and intercropping yield of two plants.

Materials and Methods

In order to study the effect of planting pattern and nitrogen application on yield and competitive indicators of pea and lettuce, a factorial experiment based on Randomized Complete Block Design was conducted with three replications at research farm of Gonbad Kavous University during the growing season of 2014-2015. The treatments of the planting pattern were included 9 levels of sole pea, 67% pea + 33% lettuce, 50% pea + 50% lettuce, 33% pea + 67% lettuce, 100% pea + 33% lettuce, 100% pea + 50% lettuce, 100% pea + 67% lettuce, 100% pea + 100% lettuce and sole lettuce and the nitrogen factor was included three levels of non-application and application of 25 and 50 kg N.ha⁻¹. Row spacing was 30cm. Density of pea and lettuce was 33.3 and 16.7 plants.m⁻², respectively.

Results and Discussion

The results showed that the effect of planting pattern and nitrogen application on the yield was significant on the confidence level of 99%. Additive treatment of 100% lettuce + 100% pea and lettuce sole cropping with 61565 and 61473 kg.ha⁻¹ were produced the maximum yields and pea sole cropping with 11759 kg.ha⁻¹ produced the minimum yield. Total yield was increased with increasing nitrogen fertilizer application. The maximum and minimum equivalent yield was achieved in additive treatment of 100% lettuce + 100% pea and sole cropping of pea, respectively. The most and the least pea equivalent yield were obtained from treatments of 50 kg nitrogen/ha and non-application of nitrogen with 20669 and 16689 kg.ha⁻¹, respectively. Land equivalent ratio in intercropping treatments was greater than sole cropping. The maximum land equivalent ratio with 1.48 belonged to additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce. Therefore, intercropping of pea and lettuce, especially in additive series was appropriate. Relative crowding coefficient in all traits was more than 1. Aggressivity index showed that pea in additive treatments and replacement of 33% lettuce instead of pea was the dominant plant. Increasing of actual yield was observed in all treatments, especially in additive series. Intercropping advantage and system productivity index in all treatments of additive and replacement treatments was greater than 1, therefore Intercropping had sufficient economic benefits in this mixture.

Conclusion

Of the two plants of pea and lettuce, lettuce produced more yield than pea in all treatments. Additive treatment of 100% lettuce to pea and lettuce sole crop with 61565 and 61473 kg.ha⁻¹ produced the maximum yield and pea sole crop with 11759 kg.ha⁻¹ produced the minimum total yield. With increasing of nitrogen fertilizer consumption, yield was increased. According to the results, it seems that obtaining the maximum yield in the intercropping system required increasing plant density.

Keywords: Aggressivity, Intercropping, Land Equivalent Ratio, Pea equivalent yield

1 and 2- MSc. Graduated of Agroecology and Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Gonbad Kavous, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: raftarielham70@yahoo.com)



پیش‌بینی عملکرد جو دیم و آبی (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

علیرضا باقری^{1*} و ناصر سهرابی²

تاریخ دریافت: 1395/10/14

تاریخ پذیرش: 1396/01/29

باقری، ع.، و سهرابی، ن. 1397. پیش‌بینی عملکرد جو دیم و آبی (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 516-528.

چکیده

نظر به اهمیت پیش‌بینی تولید محصولات کشاورزی، آزمایشی با هدف برآورد عملکرد محصول جو دیم و آبی (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی، در استان کرمانشاه به اجرا درآمد. داده‌های مربوط به عملکرد 25 ساله (1370 تا 1394) جو دیم و آبی در شهرستان‌های استان و همچنین داده‌های خام و استاندارد شده هواشناسی (مجموع بارندگی سالیانه، متوسط درجه حرارت سالیانه، متوسط رطوبت سالیانه، مجموع ساعات آفتابی، میانگین تبخیر سالیانه و تعداد روزهای یخبندان) متناظر با این سال‌ها به‌عنوان داده‌های ورودی شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. برای یافتن بهترین شبکه، انواع مختلف شبکه عصبی برای تخمین عملکرد، آزمایش شد. ارزیابی مدل‌ها نیز با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب همبستگی (R)، ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) انجام شد. نتایج نشان داد که بهترین شبکه برای جو دیم شبکه‌های عصبی مودولار ساخته شده از داده‌های استاندارد و خام و با قانون یادگیری Momentum دارای ضریب همبستگی به‌ترتیب 0/96 و 0/92 بود. این در حالی بود که دقت شبکه عصبی در مورد جو آبی به‌اندازه کشت دیم نبود (ضریب همبستگی برای داده‌های ورودی استاندارد و خام به‌ترتیب 0/72 و 0/78). مقایسه شاخص‌های MSE و RMSE بین مدل‌های ذکر شده نیز مؤید این امر بود. به‌نظر می‌رسد در جو آبی انجام عملیات مدیریت داشت مانند آبیاری از تأثیر عوامل اقلیمی بر روی عملکرد آن کاسته است. از سوی دیگر، حساسیت شبکه عصبی مربوط به کشت جو دیم نسبت به متغیرهای ورودی مدل بسیار بیشتر از کشت آبی بود که در نهایت دقت بیشتر شبکه را به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد اقتصادی، عوامل اقلیمی، متغیرهای پیش‌گو، هوش مصنوعی

مقدمه

کلان مدیریتی، آگاهی و پیش‌بینی مقدار تولید محصولات کشاورزی می‌تواند در قیمت‌گذاری و میزان واردات و صادرات محصولات کشاورزی تعیین‌کننده باشد (Hosaini et al., 2007).

استان کرمانشاه با داشتن شرایط آب و هوایی مناسب و تنوع اقلیمی، شامل سه اقلیم گرمسیر (شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین و گیلان غرب)، اقلیم معتدل (شهرستان‌های کرمانشاه، روانسر، صحنه، اسلام آباد و...) و اقلیم سردسیر (شهرستان‌های سنقر و پاوه) با متوسط بارندگی سالیانه 487 میلی‌متر و دمای متوسط 12/8 درجه سانتی‌گراد از استان‌های مناسب جهت کشت غلات می‌باشد. این استان با سطح زیر کشت زیاد و تولید مازاد بر نیاز خود به‌عنوان یکی

پیش‌بینی مقدار تولید محصولات کشاورزی به‌خصوص محصولات استراتژیکی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) می‌تواند در برنامه‌ریزی و آمادگی مدیران در تأمین نقدینگی جهت خرید محصولات از کشاورزان و تهیه فضای مناسب جهت انبار داری به آن‌ها کمک کند. علاوه بر این در سطح

1 و 2- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اکرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه (*- نویسنده مسئول: Email: alireza884@gmail.com)

ورودی را نشان دهد. به همین دلیل نسبت به مدل‌های تجربی¹ دارای مزیت هستند (Alvarez, 2009). به طور کلی، شبکه عصبی از سه لایه نرون تشکیل شده است که شامل لایه ورودی، که تعداد نرون‌های ورودی برابر با تعداد متغیرهای ورودی مدل است، لایه پنهان که به طور تجربی در طی توسعه شبکه عصبی، تشکیل می‌شود و لایه خروجی که نرون‌های مربوط به متغیرهای خروجی است (شکل 1). جریان اطلاعات از لایه ورودی به سمت لایه خروجی از طریق لایه پنهان و فرآیند آموزش شامل اختصاص وزن‌های مختلف بر اساس تابع انتقال بین نرون‌ها با مقایسه لایه خروجی با داده‌های مشاهده شده با تکرار بالا (در یک فرآیند تکراری) انجام می‌شود (Alvarez, 2009).

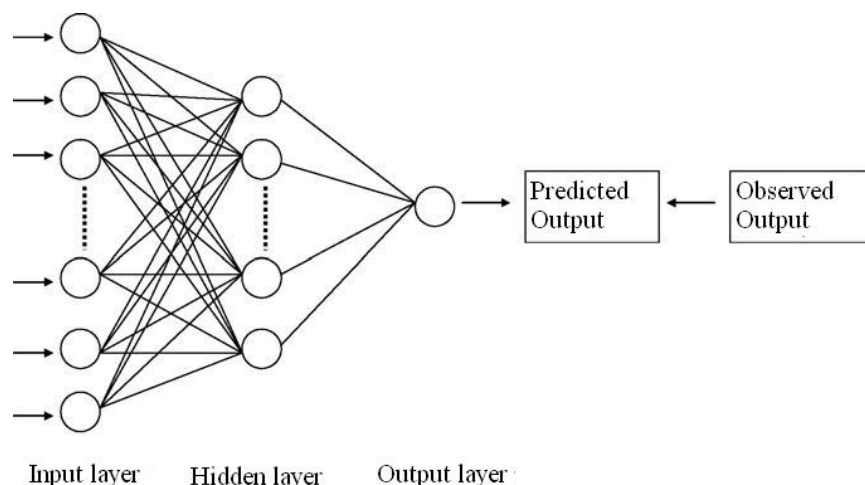
شبکه عصبی مصنوعی در بخش‌های مختلف علوم کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به پیش‌گویی محتوای کربن آلی خاک (Somaratne et al., 2005)، تخمین خصوصیات هیدرولیک آب (Nemes et al., 2003)، تخمین توسعه گیاهان زراعی (Elizondo et al., 1994)، پیش‌بینی جریان CO₂ در اکوسیستم‌ها (Melesse & Hanley, 2005) و تخمین عملکرد (Kaul et al., 2005) اشاره کرد.

استفاده از شبکه عصبی برای تخمین عملکرد محصولات زراعی نتایج مطلوبی را به همراه داشته و در مقایسه با برخی روش‌های دیگر از دقت بالاتری برخوردار بوده است. وو و یو (Wu & Yen, 1992) از دو روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی عملکرد گندم در ارتباط با مصرف کود ازته استفاده کردند و اعلام کردند شبکه‌های عصبی روش مناسب‌تری برای جایگزینی به جای روش تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره می‌باشند. دراموند و همکاران (Drummond et al., 2003) در مطالعه‌ای که بر روی روابط میان خصوصیات خاک، توپوگرافی و عملکرد غلات در آمریکا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیونی دارای خطای کمتری است. کائول و همکاران (Kaul et al., 2005) نیز بیان کردند که روش شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) دارای دقت بیشتری نسبت به رگرسیون است.

از قطب‌های کشاورزی کشور مطرح است. به دلیل عدم برنامه‌ریزی و آگاهی از میزان تولید محصولات کشاورزی، متأسفانه هر سال نابسامانی‌های زیادی در خرید محصولات از کشاورزان و عدم وجود فضای مناسب انبارداری در استان به وجود می‌آید. این امر سبب می‌شود که کشاورزان تولیدات خود را یا به قیمت ارزان‌تر فروخته و یا با هزینه‌های زیادتر به خارج از استان صادر کنند (Anonymous, 2015). با توجه به میزان تولید مازاد بر نیاز داخلی استان و اهمیت آمادگی لازم، از نظر خرید و فضای انباری مناسب، ضرورت آگاهی از مقدار تولید محصولات زراعی مختلف و برنامه‌ریزی مناسب بر اساس آن احساس می‌شود. از این رو امکان پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی، قبل از برداشت می‌تواند گامی مهم در این راستا باشد.

برای پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها، که اخیراً مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته، شبکه‌های عصبی مصنوعی است (Landeras et al., 2009). شبکه‌های عصبی مصنوعی کاملاً مشابه دستگاه عصبی انسان بوده و در واقع تقلیدی از مغز و شبکه اعصاب انسان است که امکان درک روابط و آموزش را بر پایه اطلاعات ورودی فراهم می‌آورد (Joergensen & Bendoricchio, 2001). به این ترتیب شبکه‌های عصبی مصنوعی طوری طراحی شده‌اند که همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشند (Rao & Rao, 1995). برای یادگیری شبکه، ابتدا یک سری داده (متغیرهای مستقل) به عنوان نمونه‌های آموزشی به شبکه معرفی می‌گردند که با استفاده از این داده‌های ورودی، ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته کشف و مقدار متغیر وابسته محاسبه می‌شود (Lingireddy & Brion, 2005). تعداد تکرار نمونه‌های آموزشی باید به اندازه‌ای باشد که دقت شبکه کاهش پیدا نکند. زمانی که تعداد تکرار نمونه‌ها برای فرایند آموزش کافی نباشد، میزان خطای فرایند آموزش افزایش و در نتیجه دقت شبکه کاهش می‌یابد، بنابراین انتخاب تعداد تکرار مناسب نمونه‌های آموزشی بسیار مهم است (Lingireddy & Brion, 2005). پس از این مرحله مقادیر محاسبه‌شده با مقادیر واقعی مورد آزمون قرار گرفته و در صورت بالا بودن دقت، شبکه تایید می‌شود.

شبکه عصبی مصنوعی به خوبی روابط غیر خطی تعاملات پیچیده مورد مطالعه را بیان می‌کند و می‌تواند روابط پنهان بین متغیرهای



شکل 1- لایه‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی و ارتباط بین آن‌ها (Alvarez, 2009)
 Fig. 1- Different layer of Artificial Neural Network and their connection (Alvarez, 2009)

عملکرد گندم دیم را پیش‌بینی کرد. نظر به اهمیت آگاهی از مقدار تولید محصولات کشاورزی قبل از برداشت، این آزمایش باهدف پیش‌بینی عملکرد محصول جو دیم و آبی که از محصولات غالب استان کرمانشاه بوده و سالانه بیش از 20 درصد از اراضی استان را به خود اختصاص می‌دهند (Anonymous, 2015) به اجرا درآمد. برای پیش‌بینی محصول از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی بر اساس داده‌های مربوط به عملکرد 25 ساله شهرستان‌های استان و همچنین داده‌های هواشناسی متناظر با این سال‌ها استفاده شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور پیش‌بینی عملکرد جو دیم و آبی بر اساس داده‌های هواشناسی بلندمدت استان، در ابتدا داده‌های هواشناسی 25 ساله شهرستان‌های استان کرمانشاه، از سازمان هواشناسی استان استخراج و بر اساس سال زراعی مرتب شدند. بر این اساس، داده‌های هواشناسی، از اوایل ماه مهر سال قبل تا پایان خردادماه سال بعد (طول دوره رشد جو در استان) به‌عنوان یک سال زراعی در نظر گرفته شد. به‌این ترتیب داده‌های مربوط به سال‌های زارعی 71-1370 الی 94-1393 تهیه شد. عوامل اقلیمی مورد استفاده به‌عنوان متغیرهای پیشگو و مستقل، شامل مجموع بارندگی سالیانه، متوسط درجه حرارت سالیانه، متوسط رطوبت سالیانه، مجموع ساعات آفتابی، میانگین تبخیر

میزان تولیدات محصولات کشاورزی به‌خصوص محصولات دیم صرف‌نظر از وابستگی به خصوصیات ژنتیکی رقم، شرایط خاک و فعالیت‌های مدیریتی، به‌شدت تحت تأثیر عوامل اقلیمی مانند بارندگی، رطوبت هوا، نوسانات درجه حرارت در طول دوره رشد گیاه و تابش خورشید قرار دارد. شکوهی و ثنائی نژاد (Shokoohi & Sanaei Nejhad, 2014) طی تحقیقی بر ارتباط شرایط آب و هوایی با تولید محصول جو دیم در استان آذربایجان شرقی بیان داشتند که مهمترین عامل اقلیمی محدودکننده تولید محصول درجه حرارت است. به طوری که وقوع دماهای بسیار پایین در بهمن ماه، دماهای بالا پیش از شروع فصل زمستان و دماهای بسیار بالا در مرحله گلدهی مهمترین عوامل محدود کننده تولید این محصول بودند. علاوه بر این بارندگی مناسب در اوایل کاشت محصول سبب افزایش عملکرد جو دیم شد.

با توجه به اثرات قابل‌توجه عوامل اقلیمی روی عملکرد محصولات کشاورزی دیم، به نظر می‌رسد با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بتوان با استفاده از این داده‌های اقلیمی به‌عنوان متغیرهای مستقل، میزان عملکرد محصولات زراعی (به‌عنوان متغیر وابسته) را پیش‌بینی کرد. حسینی و همکاران (Hosaini et al., 2007) در آزمایشی در خصوص پیش‌بینی عملکرد گندم دیم در شهرستان قروه استان کردستان با استفاده از عوامل اقلیمی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان با قابلیت بسیار بالای

شدند. به این ترتیب در لایه ورودی شش نرون در نظر گرفته شد. لایه خروجی نیز شامل یک نرون که همان پیش‌بینی میزان عملکرد بود، در نظر گرفته شد. پس از ساخت شبکه‌ها و انتخاب بهترین شبکه، تعداد نرون‌های لایه پنهان نیز مشخص شد. در این آزمایش برای ساخت شبکه‌های عصبی مصنوعی ورودی شبکه به صورت دسته‌ای و همزمان به شبکه اعمال شدند و تنظیم وزن‌ها و مقادیر آستانه شبکه پس از آن که تمامی ورودی‌ها به شبکه اعمال شدند، انجام گرفت.

برای یافتن بهترین شبکه عصبی توصیف‌کننده میزان عملکرد تحت تأثیر داده‌های ورودی هواشناسی، انواع شبکه‌های عصبی مانند شبکه‌های عصبی چندلایه پرسپترون²، پیش‌خور تعمیم‌یافته³ و شبکه‌های عصبی مودولار⁴ مورد آزمایش قرار گرفته و بر اساس روش آزمون و خطا بهترین شبکه انتخاب شدند (Eghbali et al., 2005). همچنین در این آزمایش از قوانین یادگیری Momentum، Levenberg Marquardt استفاده شد که در هر یک از آن‌ها توابع انتقال LinearTanhAxon، SigmoidAxon، TanhAxon و LinearAxon، SoftMaxAxon، LinearSigmoidAxon و Axon مورد استفاده قرار گرفته و پس از ساخت شبکه‌های عصبی مختلف قانون یادگیری و تابع انتقالی که بیشترین دقت را به همراه داشتند، انتخاب شدند. ساخت انواع شبکه‌های عصبی، آنالیز حساسیت، انتخاب قوانین یادگیری و توابع انتقال با استفاده از نرم‌افزار NeuroSolution v.5.0 انجام شد.

با توجه به این که در این آزمایش به‌طور کلی همگرایی تعلیم در حدود 1000 گام⁵ یادگیری به‌دست آمد. انجام تکرار بیشتر گام یادگیری منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شبکه نشد. به همین دلیل بیشترین مقدار گام یادگیری معادل 1000 تعیین شد. گام یادگیری، یک روش آموزشی در شبکه‌های عصبی است. در یک شبکه عصبی، یک رفت‌وبرگشت بر روی تمام نمونه‌های مجموعه داده‌های آموزش شبکه در راستای کاهش خطا با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری را اصطلاحاً یک گام یادگیری می‌گویند (Eghbali et al., 2005).

در این آزمایش برای جلوگیری از افزایش میزان خطا و بیش‌برازش داده‌ها از دو معیار کمترین میانگین مربعات خطای داده‌های

سالیانه و تعداد روزهای یخبندان سالیانه بودند. داده‌های مربوط به عملکرد گیاه زراعی جو دیم و بهاره نیز به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت و مقدار تولید در واحد سطح هریک از شهرستان‌های مورد مطالعه استان، از اداره آمار سازمان جهاد کشاورزی و وزارت جهاد کشاورزی استان کرمانشاه تهیه شدند.

با توجه به حساسیت شبکه عصبی مصنوعی به تعداد تکرار نمونه‌های آموزشی، جهت افزایش تعداد نمونه‌های آموزش، در این مطالعه داده‌های هواشناسی ذکر شده هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه به همراه میزان عملکرد جو دیم و آبی آن، در مجموع، مورد استفاده قرار گرفتند. شهرستان‌های مورد مطالعه شامل؛ شهرستان‌های کرمانشاه، کنگاور، صحنه، هرسین، روانسر، جوانرود، سرپل ذهاب، قصر شیرین، اسلام آباد، گیلان غرب و سنقر تهیه شد. لازم به ذکر است که در برخی از شهرستان‌ها، داده‌های هواشناسی 25 ساله به صورت کامل موجود نبود، از این‌رو داده‌های مربوط به سال‌های موجود مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب برای ساخت شبکه‌های عصبی در این آزمایش به تعداد 191 سری داده مورد استفاده قرار گرفت.

در ساخت شبکه‌های عصبی، جهت کسب نتایج مطلوب در پیش‌بینی پدیده‌های مختلف، برخی عملیات مقدماتی بر روی داده‌ها مورد نیاز است. از جمله این عملیات می‌توان به استانداردسازی داده اشاره کرد (Anysz et al., 2016). به این ترتیب داده‌های هواشناسی مورد استفاده به عنوان لایه ورودی برای ساخت شبکه‌های عصبی، به دو دسته تقسیم شدند. دسته اول، داده‌های خام و دسته دوم، شامل داده‌های استاندارد شده که برای به‌دست آوردن آن‌ها از روس استانداردسازی خطی ویتندورف¹ (معادله 1)، استفاده شد (Anysz et al., 2016).

$$X_i = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad \text{معادله (1)}$$

در آن X_i ؛ معادل مقدار داده استاندارد شده، X_{min} ؛ عادل کوچک‌ترین مقدار داده و X_{max} ؛ برابر است با بزرگ‌ترین مقدار از سری داده‌های مربوط به هریک از متغیرهای ورودی مدل. پس از آماده‌سازی داده‌ها، هر یک از دسته داده‌های خام و استاندارد شده، به عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده

2- Multilayer perceptrons neural networks
3- Generalized feed forward neural networks
4- Modular neural networks
5- Epoch

1- Weitendorf's linear standardization

که در این معادلات؛ O_i ، S_i و $\bar{O}$ به ترتیب مقدار واقعی مشاهده شده (مقدار واقعی عملکرد محصول)، مقدار پیش بینی شده توسط مدل (شبکه عصبی)، مقدار میانگین مشاهدات و تعداد مشاهدات یا تکرارها (تعداد سال‌های مربوط به آزمایش) می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از خروجی شبکه‌های عصبی ساخته شده در این آزمایش نشان داد که شبکه عصبی مودولار با تابع انتقال تانزانانت هیپربولیک Tanaxon و قانون یادگیری Momentum با معیار کمترین مقدار میانگین مربعات خطای آموزش جهت توقف فرآیند آموزش، بالاترین دقت را در پیش‌بینی عملکرد جو دیم و آبی دارا بود. بررسی خروجی شبکه‌های عصبی مودولار بر اساس داده‌های ورودی خام و استاندارد برای جو دیم و آبی نشان داد که بهترین نتایج از شبکه با ورودی داده‌های استاندارد برای جو دیم و شبکه با ورودی داده‌های خام برای جو آبی، به دست آمد. در شبکه حاصل از داده‌های ورودی استاندارد جو دیم، 92 درصد از تغییرات عملکرد به وسیله تغییرات مقدار لایه ورودی شامل مجموع بارندگی سالانه، متوسط درجه حرارت سالانه، متوسط رطوبت سالانه، مجموع ساعات آفتابی، میانگین تبخیر سالانه و تعداد روزهای یخبندان سالانه‌های زراعی بیان شد. این در حالی بود که در شبکه عصبی حاصل از داده‌های خام ورودی مربوط به جو دیم، 85 درصد از تغییرات عملکرد توسط تغییرات لایه ورودی بیان شد. بررسی ریشه میانگین مربعات خطای شبکه‌های ساخته شده از داده‌های ورودی خام و استاندارد برای جو دیم نشان داد که شبکه‌های عصبی ساخته شده از داده‌های استاندارد از مقدار کمتر ریشه میانگین مربعات خطا برخوردار بوده و از این رو دارای دقت بیشتری بودند (جدول 1). بررسی ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده نیز مؤید این امر بود، به طوری که این مقدار در مورد شبکه‌های ساخته شده از داده خام و استاندارد 13/8 و 6/10 درصد از میانگین داده‌های مشاهده شده بود که نشان‌دهنده دقت خوب شبکه عصبی (به خصوص شبکه ساخته شده از داده‌های ورودی استاندارد) بوده و به این ترتیب می‌توان عنوان داشت که شبکه‌های عصبی ساخته شده می‌توانند با دقت قابل قبولی عملکرد جو دیم را پیش‌بینی کنند. وو و یین (Wu & Yen, 1992) برای پیش‌بینی عملکرد گندم و همچنین کائول و همکاران (Kaul et al., 2005) در پیش‌بینی عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max*)

آموزش¹ و روش اعتبار سنجی² برای توقف فرآیند آموزش شبکه استفاده شد. با توجه به دقت بیشتر معیار کمترین میانگین مربعات خطای داده‌های آموزش، این معیار برای توقف آموزش شبکه‌های عصبی ساخته شده، انتخاب شد (Amari et al., 1997). 75 درصد از داده‌ها برای ساخت و آموزش شبکه‌های عصبی اختصاص داده شدند. علاوه بر این جهت انجام آزمون میزان دقت شبکه 25 درصد باقی مانده داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. به این ترتیب برای آموزش شبکه از 143 تکرار داده و برای تست آن از 48 تکرار از داده‌ها استفاده شد.

به منظور بررسی دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی عملکرد جوی دیم و آبی از ضریب همبستگی (R) و ضریب تعیین (R^2) مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده عملکرد جو، استفاده شد. ضریب همبستگی و ضریب تعیین از جمله پارامترهایی هستند که می‌توان از طریق آن‌ها دقت مدل‌های مختلف را به آسانی ارزیابی کرد. با این حال باید به این نکته توجه داشت که این ضرایب نمی‌توانند به تنهایی معیار مناسبی برای سنجش مدل باشند، زیرا ممکن است در یک مدل با وجود اختلاف فاحش بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده، روند تغییرات این داده‌ها مشابه باشد. در این حالت اگرچه ضرایب همبستگی و تعیین به خوبی هماهنگی روند تغییرات داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد، اما گویای تطابق عددی بین آن‌ها نیست (Rahmani et al., 2008). بنابراین در این آزمایش از شاخص‌های میانگین مربعات خطا (MSE^3) (معادله 2)، ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE^4$) (معادله 3) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ($nRMSE^5$) (معادله 4) نیز برای ارزیابی دقت مدل استفاده شد (Haykin and Lippmann, 1994).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n} \quad \text{معادله (2)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n}} \quad \text{معادله (3)}$$

$$nRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n}} \times \frac{100}{O} \quad \text{معادله (4)}$$

- 1- Minimum mean square error of the training set
- 2- Cross validation
- 3- Mean square error
- 4- Root mean square error
- 5- Normalized root mean square error

شبکه‌های ساخته شده از داده‌های ورودی خام کمتر از شبکه ساخته شده با داده‌های ورودی استاندارد بود، همچنین درصد ریشه میانگین مربعات خطا در شبکه‌های ساخته شده از داده‌های خام و استاندارد جو آبی به ترتیب معادل 15/4 و 16/7 درصد بود که نشان‌دهنده دقت بیشتر شبکه ساخته شده از داده‌های خام است (جدول 1).

L. نیز گزارش کردند که استفاده از شبکه عصبی می‌تواند پیش‌بینی قابل قبولی را به همراه داشته باشد.

در ارتباط با پیش‌بینی عملکرد جو آبی، نوع لایه ورودی (عوامل اقلیمی) خام و استاندارد توانستند به ترتیب 60 و 51 درصد از تغییرات عملکرد را باعث شود. علاوه بر این، ریشه میانگین مربعات خطای

جدول 1- دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی عملکرد گیاه زراعی جو دیم و آبی با استفاده از داده‌های خام و استاندارد
Table 1- Artificial neural network accuracy in prediction of rainfed and irrigated barley yield using the raw data and standard

ورودی شبکه Input	ضریب تعیین R^2	ضریب همبستگی R	میانگین مربعات خطا MSE	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE	ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده nRMSE (%)
جو دیم Rainfed barley					
داده‌های خام Raw data	0.85	0.92	155.94	24320.33	13.8
داده‌های استاندارد Standard data	0.92	0.96	127.82	16338.90	10.6
جو آبی Irrigated barley					
داده‌های خام Raw data	0.60	0.78	634.17	402180.46	15.4
داده‌های استاندارد Standard data	0.51	0.72	695.66	483954.04	16.7

MSE: میانگین مربعات خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا، R: ضریب همبستگی و R^2 : ضریب تعیین.

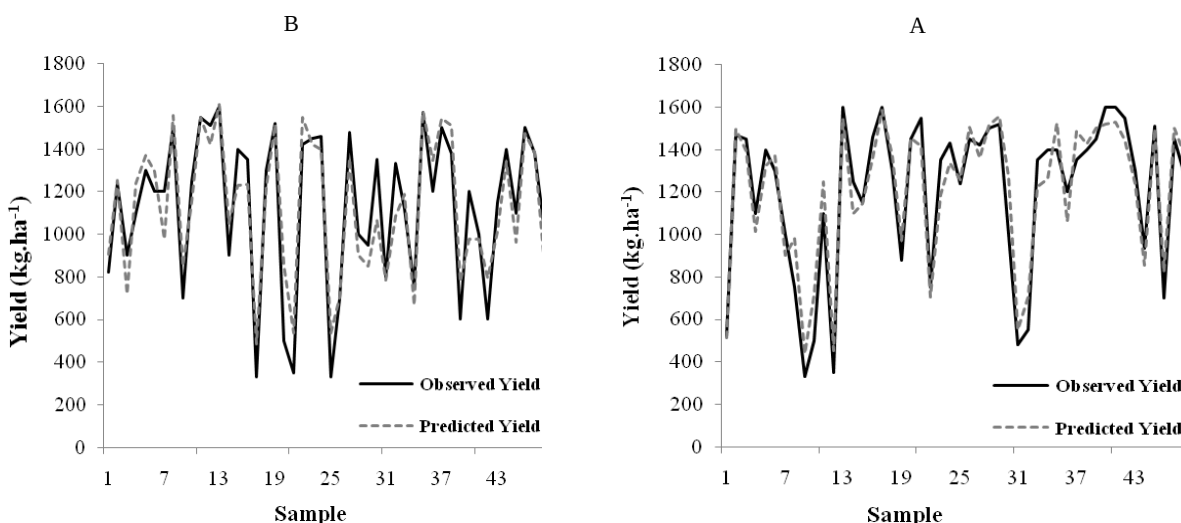
MSE: Mean Square Error, RMSE: Root Mean Square Error, R: Correlation coefficient and R^2 : Coefficient of determination

عملیات مدیریتی بیشتر در کشت آبی نسبت به کشت دیم، در نتیجه تأثیرگذاری کمتر عوامل اقلیمی روی عملکرد در کشت آبی، ارتباط کمتری بین لایه ورودی و لایه خروجی در شبکه ساخته شده برای جو آبی برقرار شد. به بیان دیگر، در شرایط کشت دیم، معمولاً کشاورزان اقدام به کشت محصول کرده و تا هنگام برداشت کمترین عملیات مدیریتی مرحله داشت را روی گیاه زراعی اعمال می‌کنند. به همین دلیل فاکتورهای اقلیمی از جمله بارندگی و دما، تبخیر و تعرق و مقدار تشعشع خورشید می‌توانند تأثیر بسیار زیادی را روی عملکرد محصول داشته باشند. این در حالی است که در شرایط کشت آبی، کشاورزان پس از کشت محصول در طول فصل رشد با اعمال انواع عملیات مدیریتی که از مهمترین آن‌ها می‌توان به آبیاری اشاره کرد، در حقیقت باعث کاهش تأثیر عوامل اقلیمی رو محصول می‌شوند. جی و همکاران (Ji et al., 2007) بیان کردند که اقلیم و آب و هوا روی رشد و توسعه گیاهان (به‌ویژه در شرایط دیم) تأثیرگذار هستند و تغییرات عوامل آب و هوایی به‌ویژه در مراحل بحرانی رشد گیاهان

بر اساس نتایج شبکه‌های عصبی ساخته شده از داده‌های استاندارد و خام برای جو دیم، درجه ارتباط (ضریب همبستگی) بین لایه ورودی و خروجی به ترتیب 0/96 و 0/92 بود (جدول 1). بررسی شکل‌های مربوط به عملکرد ثبت شده و پیش‌بینی شده نیز نشان داد که علاوه بر وجود روند تغییرات مشابه مستند بر ضرایب همبستگی ذکر شده، تطابق کمی نسبتاً مناسبی نیز بین مقادیر ثبت شده و پیش‌بینی شده وجود داشته و اختلاف بین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده اندک بود (شکل 2 الف و ب).

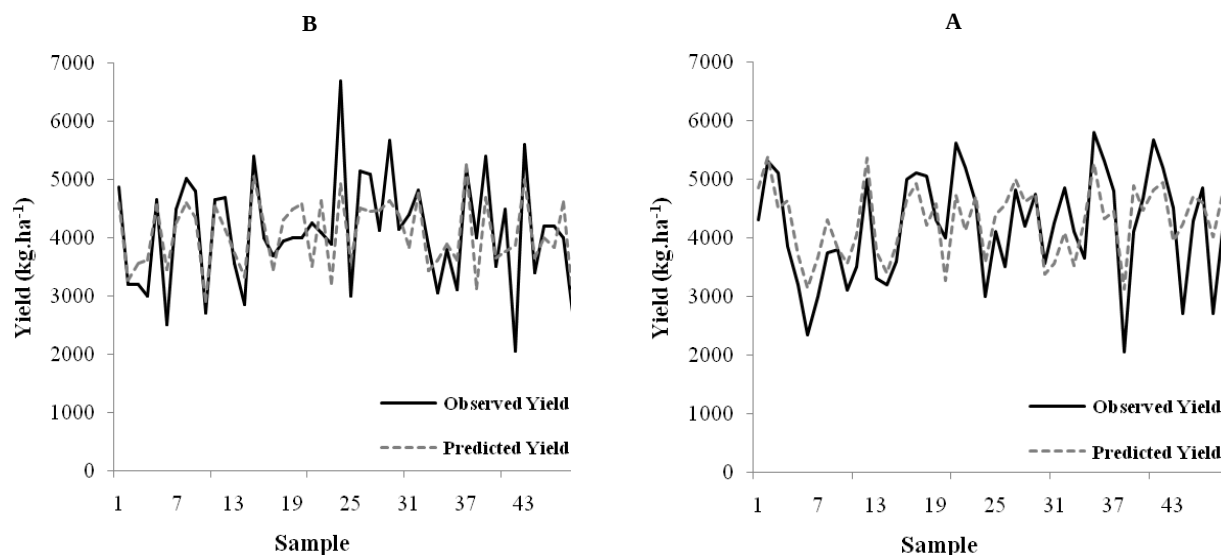
درجه ارتباط (ضریب همبستگی) بین لایه ورودی و خروجی شبکه عصبی ساخته شده از داده‌های خام و استاندارد برای جو آبی، به ترتیب معادل 0/78 و 0/72 بود (جدول 1، شکل‌های 3 الف و ب) که میزان ارتباط کمتر بین مقادیر ثبت شده و پیش‌بینی شده عملکرد در کشت آبی جو را نسبت به کشت دیم آن نشان می‌دهد. این امر کارایی کمتر شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عملکرد جو آبی در مقایسه با جو دیم را در نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد با توجه به انجام

زراعی ممکن است منجر به کاهش معنی دار عملکرد شوند.



شکل 2- مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی با عملکرد واقعی ثبت شده جو دیم بر اساس الف- داده‌های استاندارد و ب- داده‌های خام

Fig. 2- Comparison of predicted yield by neural network with observed yield of rainfed barley based on A- standard data and B- raw data



شکل 3- مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی با عملکرد واقعی ثبت شده جو آبی بر اساس الف- داده‌های استاندارد و ب- داده‌های خام

Fig. 3- Comparison of predicted yield by neural network with observed yield of irrigated barley based on A- standard data and B- raw data

است، به طوری که بهترین شبکه عصبی ساخته شده برای جو دیم حساسیت محسوسی را به عوامل اقلیمی به عنوان لایه ورودی شبکه

نتایج حاصل از آنالیز حساسیت شبکه‌های عصبی ساخته شده برای جو دیم و آبی به متغیرهای ورودی مؤید مطالب ذکر شده در بالا

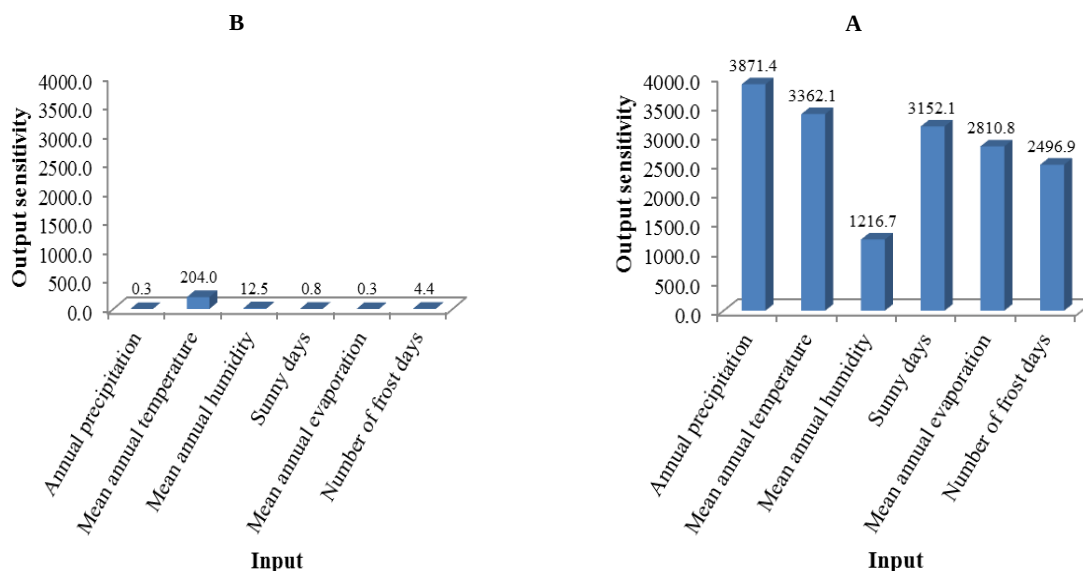
رسیدند که درجه حرارت کمینه و بیشینه و متوسط بارندگی سالیانه افزایش می‌یابد، اما عملکرد گندم ممکن است تا 30 درصد کاهش یابد. بنابراین ارزیابی اثر عوامل اقلیمی روی عملکرد محصولات زراعی به دلیل روابط پیچیده زیستی و غیر زیستی موجود می‌تواند به عنوان موضوعی کاربردی، اطلاعات مفیدی در جهت اتخاذ مدیریت مناسب در اختیار مدیران بخش کشاورزی قرار دهد (Shokoohi & Sanaei Nejhad, 2014).

بهترین شبکه ساخته شده برای جو آبی، به جز به عامل دما، حساسیت چندانی را به عوامل اقلیمی از خود نشان نداد. بر خلاف شبکه عصبی مربوط به جو دیم که بیشترین حساسیت را به میزان بارندگی از خود نشان داد، در شبکه عصبی مربوط به جو آبی کمترین حساسیت به میزان بارندگی مشاهده شد (شکل 4 ب). در کشت‌های آبی انجام عملیات آبیاری در طی فصل رشد می‌تواند نیاز آبی گیاه را تامین و میزان وابستگی گیاه را به نزولات جوی به حداقل برساند که نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده این امر هستند. محققین در آزمایشی به این نتیجه رسیدند که آبیاری تکمیلی در گندم دیم می‌تواند عملکرد دانه و کاه را افزایش می‌دهد. علاوه بر این در کنار آبیاری محصول، انجام سایر عملیات مدیریتی مانند مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌تواند در نهایت افزایش کارایی مصرف آب را به همراه داشته باشد (Tallie & Sayadian, 2000).

با توجه به حساسیت دقت شبکه عصبی به تعداد تکرار متغیرهای ورودی (Lingireddy & Brion, 2005)، در این مطالعه برای افزایش دقت شبکه‌های عصبی، تعداد تکرار هر یک از متغیرهای ورودی (تعداد تکرار نرون‌های لایه ورودی) با در نظر گرفتن داده‌های هواشناسی و عملکرد جو آبی و دیم در هر یک از شهرستان‌های استان، به تعداد 191 عدد افزایش پیدا کرد. هرچند افزایش تکرارهای لایه‌های ورودی، دقت شبکه عصبی برای جو آبی نسبت به جو دیم چندان بالا نبود. به نظر می‌رسد برای افزایش دقت شبکه عصبی، افزایش تعداد متغیرهای ورودی (تعداد نرون لایه ورودی) نیز بتواند دقت شبکه‌های عصبی را افزایش دهد. از این‌رو ممکن است با افزایش تعداد متغیرهای ورودی (مانند افزایش داده‌های مربوط به میزان بارندگی، دما، تبخیر و ترق، مقدار رطوبت هوا و ساعات آفتابی به تفکیک ماه در طول فصل کشت) بر میزان دقت شبکه عصبی افزوده شود. بنابراین، افزایش تعداد تعداد نرون لایه ورودی و ارزیابی تغییرات دقت شبکه عصبی برای آزمایشات بعدی پیشنهاد می‌شود.

نشان داد. در بین عوامل اقلیمی بارندگی بیشترین تأثیر را بر روی شبکه داشت (شکل 4 الف). آلوارز (Alvarez, 2009) در آزمایشی در خصوص پیش‌بینی عملکرد گندم در آرژانتین، اعلام کرد نسبت بارندگی به تبخیر و ترق مهم‌ترین عامل اقلیمی بر میزان عملکرد این محصول می‌باشد. کاتول و همکاران (Kaul et al., 2005) اعلام کردند که عامل آب قابل‌دسترس یک از عوامل اصلی در تخمین عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد. در تحقیقی دیگر نیز نشان داده شد که مقدار عملکرد گندم دیم رابطه مستقیم با مقدار بارندگی و نحوه توزیع آن در طول فصل رشد دارد (Azizi & Safarkhani, 2002).

پس از عامل بارندگی، بیشترین حساسیت شبکه عصبی ساخته شده برای جو دیم مربوط به دما بود. بیان شده است که بارندگی بیش از درجه حرارت بر عملکرد محصول دیم مؤثر است (Tallie & Bahramy, 2003). علاوه بر این، افزایش بارندگی در اواخر دوره رشد و نمو تأثیر بیشتری نسبت به افزایش بارندگی در اوایل رشد دارد. با این حال نتایج مطالعات مختلف روی ذرت و سویا در آمریکا (Lobell & Asner, 2003)، برنج در فیلیپین (Peng et al., 2004) و گندم در چین (Liangzhi et al., 2005) نشان دادند که افزایش درجه حرارت دارای اثر منفی بر عملکرد محصول است. باید بیان کرد که اثر دمای هوا، بسته به میزان بارندگی در طی فصل زراعی می‌تواند متفاوت باشد. به این ترتیب که در سال‌های خشک اثرات منفی دمای بالای هوا روی گیاه زراعی بیشتر خواهد بود. کراستا و کاکس (Crasta & Cox, 1996) دریافتند که دمای هوای سالانه در شمال شرق ایالات متحده طی سال‌های خشک با تنش خشکی متوسط تا شدید در مقایسه با سال‌های با بارندگی مناسب، اثرات منفی بر عملکرد ذرت دارد، در حالی که طی سال‌های با بارندگی مناسب عملکرد تحت تأثیر دمای هوا قرار نگرفت. زرکانی و همکاران (Zarakani et al., 2014) در پیش‌بینی عملکرد گندم دیم خراسان شمالی بر اساس پارامترهای اقلیمی مانند دما و بارندگی نشان دادند که افزایش دمای کمینه (0/5 درجه سانتی‌گراد)، بیشینه (0/5 درجه سانتی‌گراد) و افزایش بارندگی (25 میلی‌متر) از سال 2010 تا 2039 می‌تواند منجر به افزایش نسبی عملکرد گندم دیم شود. این در حالی بود که رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2016) طی تحقیقی دیگر روی اثر عوامل اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد گندم و جو در همان دوره زمانی 2010 تا 2039 در خراسان جنوبی نیز به این نتیجه



شکل 4- میزان حساسیت خروجی شبکه عصبی مصنوعی ساخته شده برای الف- جو دیم و ب- جو آبی، نسبت به نرون‌های لایه ورودی
Fig. 4- The artificial neural network output sensitivity for A- rainfed, and B- irrigated barley to the input neurons

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد محصول جو دیم می‌تواند قابل قبول باشد، این در حالی بود که در مورد جو آبی قدرت پیش‌بینی شبکه عصبی کاهش پیدا کرد. به نظر می‌رسد عدم انجام فعالیت مدیریت داشت در کشت‌های دیم و تأثیرپذیری بیشتر این نوع کشت از عوامل اقلیمی منجر به این امر شد و به همین حساسیت شبکه عصبی ساخته شده به متغیرهای ورودی مدل (متغیرهای آب و هوایی) برای جو دیم، بالا باشد. این در حالی بود که حساسیت شبکه عصبی جو آبی به متغیرهای هواشناسی ورودی مدل، بسیار پایین‌تر بود. علاوه بر این ارزیابی دقت شبکه‌های عصبی بر اساس ریشه میانگین

مربعات خطا نیز نشان داد که دقت شبکه‌های عصبی ساخته شده برای جو دیم بالاتر از جو آبی است. از این رو، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌گویی عملکرد محصول جو دیم قابل اطمینان‌تر است.

سپاسگزاری

در این‌جا از همکاری صمیمانه سازمان جهاد کشاورزی و همچنین اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه در ارائه اطلاعات زراعی و هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی ابراز می‌شود.

منابع

- Alvarez, R. 2009. Predicting average regional yield and production of wheat in the argentine pampas by an artificial neural network approach. *European Journal of Agronomy* 30: 70-77.
- Amari, S., Murata, N., Muller, K., Finke, M., and Yang, H.H. 1997. Asymptotic statistical theory of overtraining and cross-validation. *IEEE Transactions on Neural Networks* 8: 985-996.
- Anonymous, 2015. Agricultural Statistics, Agricultural Year of 2014-2015. First Volume, the Crops. Iranian Ministry of Agriculture 9-11.

- Anysz, H., Zbiciak, A., and Ibadov, N. 2016. The influence of input data standardization method on prediction accuracy of artificial neural networks. *Procedia Engineering* 153: 66-70.
- Azizi, G., and Safarkhani, E. 2002. Evaluation of drought and its impact on rainfed wheat yield in ilam province, with an emphasis on recent drought (1998-2000). *Modarres* 6: 61-79.
- Crasta, O., and Cox, W. 1996. Temperature and soil water effects on maize growth, development yield, and forage quality. *Crop Science* 36: 341-348.
- Drummond, S.T., Sudduth, K.A., Joshi, A., Birrell, S.J., and Kitchen, N.R. 2003. Statistical and neural methods for site-specific yield prediction. *Transactions of the ASAE* 46: 5.
- Eghbali, L., Haghighi, R.S., Rad, H.M., and Bagheri, A. 2005. Seed identification of *Amaranthus* spp. using machine vision and artificial neural network. *Journal of Seed Science and Technology* 2: 74-85.
- Elizondo, D., McClendon, R., and Hoogenboom, G. 1994. Neural network models for predicting flowering and physiological maturity of soybean. *Transactions of the ASAE* 37: 981-988.
- Haykin, S., and Lippmann, R. 1994. Neural networks, a comprehensive foundation. *International Journal of Neural Systems* 5: 363-364.
- Hosaini, M.T., Siosemarde, A., Fathi, P., and Siosemarde, M. 2007. Application of artificial neural network (ann) and multiple regression for estimating assessing the performance of dry farming wheat yield in Ghorveh region, Kurdistan Province. *Agricultural Research: Water, Soil and Crop* 7: 41-54.
- Ji, B., Sun, Y., Yang, S., and Wan, J. 2007. Artificial neural networks for rice yield prediction in mountainous regions. *The Journal of Agricultural Science* 145: 249-261.
- Joergensen, S.E., and Bendoricchio, G. 2001. *Fundamentals of Ecological Modelling*. Elsevier, Oxford, UK.
- Kaul, M., Hill, R.L., and Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. *Agricultural Systems* 85: 1-18.
- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A., and López, J.J. 2009. Forecasting weekly evapotranspiration with arima and artificial neural network models. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 135: 323-334.
- Liangzhi, Y., Stanley, W., and Rosegrant, M. 2005. Impact of global warming on chinese wheat productivity. *International Food Policy Research Institute, Discussion paper*, pp. 143-158.
- Lingireddy, S., and Brion, G.M. 2005. *Artificial Neural Networks in Water Supply Engineering*. ASCE Publications.
- Lobell, D.B., and Asner, G.P. 2003. Climate and management contributions to recent trends in U.S agricultural yields. *Science* 299: 1032-1032.
- Melesse, A.M., and Hanley, R.S. 2005. Artificial neural network application for multi-ecosystem carbon flux simulation. *Ecological Modelling* 189: 305-314.
- Nemes, A., Schaap, M., and Wösten, J. 2003. Functional evaluation of pedotransfer functions derived from different scales of data collection. *Soil Science Society of America Journal* 67: 1093-1102.
- Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S., and Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 9971-9975.
- Rahmani, L., Liaghat, A., and Khalili, A. 2008. Estimates barley yield in east azerbaijan using meteorological parameters and drought indices by artificial neural network method. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 39: 47-56. (In Persian with English Summary)

- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., and Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). *Journal of Agroecology* 7: 443-460.
- Rao, V., and Rao, H. 1995. C++ Neural Networks and Fuzzy Logic. MIS: Press, Dehle, India.
- Shokoohi, M., and Sanaei Nejhad, S.H. 2014 The relationship between weather conditions and crop production for rainfed barley (Case Study: East Azerbaijan). *Journal of Agroecology* 6: 634-644. (In Persian with English Summary)
- Somaratne, S., Seneviratne, G., and Coomaraswamy, U. 2005. Prediction of soil organic carbon across different land-use patterns. *Soil Science Society of America Journal* 69: 1580-1589.
- Talliee, A.A., and Bahramy, N. 2003. The effect of rainfall and temprature on the yield of dryland wheat in Kermanshah province. *Journal of Soil and Water Science* 17: 106-112. (In Persian with English Summary)
- Talliee, A.A., and Sayadian, K. 2000. Effect of supplementary irrigation and nutrition requirement of chick-pea in dry land conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 2: 63-70. (In Persian with English Summary)
- Wu, F.Y., and Yen, K.K. 1992. Applications of neural network in regression analysis. *Computers and Industrial Engineering* 23: 93-95.
- Zarakani, F., Kamali, G., and Chizari, A. 2014. Impact of climate change on the economy of rainfed wheat (Case study: Northern Khorasan). *Journal of Agroecology* 6: 301-310. (In Persian with English Summary)



Predicting Yield of Rainfed and Irrigated Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Kermanshah by Artificial Neural Network Approach (Case study Kermanshah, Iran)

A. Bagheri^{1*} and N. Sohrabi²

Submitted: 03-01-2017

Accepted: 18-04-2017

Bagheri, A., and Sohrabi, N. 2018. Predicting yield of rainfed and irrigated barley (*Hordeum vulgare* L.) in Kermanshah by Artificial Neural Network approach (Case study Kermanshah, Iran). Journal of Agroecology. 10(2): 516-528.

Introduction

Predicting the yield of strategic crops such as wheat and barley can provide liquidity to purchase products from farmers, suitable space for storage, sufficient pricing, and estimating the import and export needs of the agricultural products. Crop yield forecasting can be estimated using different methods. Artificial neural network is one of the methods recently has been considered and has high accuracy in crop yield estimation. In this approach the relationship between independent and dependent variables as well as their complex interactions will be studied and hidden correlations between the variables is discovered. Crop yield, particularly in case of rain-fed crops, severely affected by climatic factors such as rainfall, humidity, temperature fluctuations and solar radiation during the growth season. On this basis, it seems that in case of relationships between climatic data (as independent variables) and crop yield (as dependent variable) it would be possible to predict agricultural production.

Materials and Methods

Considering the importance of forecasting agricultural production, an experiment was conducted in Kermanshah province, with the aim of estimating rainfed and irrigated barley yield using artificial neural network approach,. Barley yield data of 25 years (1991 to 2015) as well as raw and corresponding standardized meteorological data (total annual rainfall, average annual temperature, humidity annual average total sunshine hours, average annual evaporation and the number of frost days) were used as input data networks. To find the best network, performance of different types of neural networks was tested to barley yield evaluation. To evaluate models the statistics indices of correlation coefficient (R), coefficient of determination (R^2), mean squared error (MSE) and root mean square error (RMSE) were used.

Results and Discussion

The results showed that the best neural network built for rainfed barley was Modular Neural Network with Momentum learning law. The network had a correlation coefficient of 0.96 and 0.92, and coefficient of determination of 0.85 and 0.92 for raw and standard data, respectively. The best neural network built for irrigated barley was also Modular Neural Network with Momentum learning law. The correlation coefficient for the raw and standard input data was 0.78 and 0.72 with coefficient of determination of 0.60 and 0.51, respectively. The results showed the less efficiency of artificial Neural Network in predicting irrigated compared to rainfed barley yield. Comparison of MSE and RMSE between the models also revealed that networks related to rainfed barely with more accuracy had more correlation coefficient compared to irrigated barely. It seems that the managing operations such as watering in irrigated barley has reduced the effect of climate factors on barley yield. So that the sensitivity of irrigated barley yield was much less than the rainfed barley. In fact, in irrigated cultivations, depending on the amount of available water, crops were irrigated regularly. This would be in addition to supplying the needed water of crops, also reduce the impact of other climatic factors such as

1 and 2- Assistant Professor and Graduated student of Agroecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: alireza884@gmail.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.61417

temperature.

Conclusion

Generally based on the results of this study, the accuracy of Artificial Neural Network to predict the yield of rainfed barley was more acceptable than irrigated barley in Kermanshah province. Rainfed cultivation are more affected by climatic factors such as rainfall and temperature, which would be the reason of the achieved results. Hence, the accuracy of neural network for rainfed barley was more than irrigated barely, which represents more relationship between yield of rainfed barley with climatic factors as inputs of the model. So the sensitivity test of the yield to climatic factors revealed more sensitivity in rainfed than irrigated barley. Moreover, the accuracy of neural network showed that neural network was built for barley than wheat.

Keywords: Artificial intelligence, Barley, Predictive variables, Yield prediction



انتشار دی اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در استان گلستان

رضا عارفی^{1*}، افشین سلطانی² و حسین عجم نوروژی³

تاریخ دریافت: 1395/12/25

تاریخ پذیرش: 1396/03/20

عارفی، ر.، سلطانی، ا.، و عجم نوروژی، ح. 1397. انتشار دی اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان. بوم شناسی کشاورزی، 10(2): 529-546.

چکیده

مدیریت صحیح در انتخاب روش ها مناسب عملیات های زراعی باعث کاهش مصرف سوخت، انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه ای در تولید محصولات کشاورزی می شود. در این مطالعه مقادیر انرژی ورودی، خروجی و انتشار گازهای گلخانه ای در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان و شهرستان های علی آباد کتول و آق قلا مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، عملیات زراعی در 100 مزرعه در دو سال زراعی 93 و 94 به صورت تصادفی انتخاب و اطلاعات مربوط به تمامی مزارع ثبت شد. مقادیر مختلف کاربرد نهاده ها و اطلاعات جامع در هر مرحله از کاشت تا برداشت جمع آوری و ثبت و پردازش گردید. در حین اجرای عملیات زراعی مختلف جهت تولید پنبه با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای استخراج شده از منابع متعدد برای هر عملیات معادل سازی شد و سپس مقدار انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای برای هر نهاده و عملیات محاسبه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده میانگین انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار به دست آمد که حدود شش برابر میانگین انرژی ورودی با 26 گیگاژول در هکتار می باشد. دامنه انرژی های خروجی برای تولید پنبه بین 49 گیگاژول در هکتار تا 243 گیگاژول در هکتار و برای انرژی ورودی بین 15 تا 43 گیگاژول در هکتار متغیر بود مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) کل ناشی از فعالیت های مختلف در هر مزرعه پنبه بین 741 تا 7790 کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار متغیر بوده است. بیشترین انتشار گازهای گلخانه ای مربوط به کودهای شیمیایی و مقدار گازهای گلخانه ای منتشر شده در نهاده ها کود حیوانی و سوخت در رتبه های بعدی قرار داشتند. نتایج مقایسه بین انرژی های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن نشان داد که بین انرژی های ورودی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیمی وجود دارد. عملیات های آبیاری، تغذیه و آماده سازی بیشترین مصرف سوخت را داشته که متعاقب آن باعث افزایش گازهای گلخانه ای می شود. از نتایج این تحقیق می توان به این نتیجه رسید که از طریق کاهش مصرف سوخت و کاهش مصرف کودهای شیمیایی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش داد.

واژه های کلیدی: انرژی خروجی، انرژی ورودی، تغییرات اقلیمی، گازهای گلخانه ای

مقدمه

مکان دیگر تحت تأثیر عوامل محیطی متغیر است. یکی از عوامل تأثیرگذار بر تغییرات اقلیمی، جذب بیش از حد اشعه مادون قرمز توسط گازهای گلخانه ای می باشد. کشاورزی منجر به تولید گازهای مضر گلخانه ای شده است (Johnson et al., 2007). کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از طریق به حداقل رساندن مقدار از سوزاندن سوخت های فسیلی و استراتژی ضروری جهت مبارزه با گرمایش جهانی امکان پذیر است (Tzivilivakis et al., 2005). این کاهش مصرف سوخت نیز مهم برای تولید محصولات کشاورزی پایدار، به

عوامل زیادی اعم از طبیعی یا انسان ساخت بر تغییرات آب و هوا موثرند. ورود اشعه خورشید به زمین و بازتاب اشعه مادون قرمز از زمین تعادل را در سیستم جو زمین به وجود آورده است که از مکانی به

1. 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان

(*) نویسنده مسئول: Email: Arefi.reza@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v10i2.61846

منظور بازگشت بهینه‌سازی اقتصادی و حفظ ذخایر سوخت فسیلی می‌باشد (Pervanchon et al., 2002; Rathke et al., 2006).

پنبه (*Gossypium Hirsutum* L.) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین محصولات کشاورزی است که در بیش از یک‌صد کشور جهان کاشته می‌شود و اقتصاد تعدادی از کشورها در آسیا و آفریقا به این محصول متکی است. این محصول اهمیت اقتصادی و موقعیت-کشاورزی و تجاری خاصی در جهان یافته است، تا جایی که به آن نام طلای سفید داده‌اند (Marashi & Vaghif, 1975).

انرژی به عنوان یک نهاده دارای اهمیت ویژه‌ای در بخش کشاورزی است. براساس آخرین آمارها، نزدیک به 49 درصد از پروژه-های ثبت شده مربوط به صنایع، انرژی (منابع تجدیدپذیر و تجدید-ناپذیر) است. پس از صنایع، دفع زائدات با حدود 24 درصد در رتبه بعدی قرار داشته و برآوردها نشان می‌دهند که فعالیت‌های کشاورزی عامل انتشار 15 درصد از منابع انتشار گازهای آلاینده بر جهان هستند (Monthly Clean Development Mechanism, 2009). امروزه به دلیل افزایش جمعیت، کاهش زمین‌های قابل کشت و بهبود سطح رفاه زندگی میزان مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی افزایش یافته است برای تأمین غذای جمعیت رو به افزایش نیاز به استفاده فشرده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌های کشاورزی، انرژی برق و منابع طبیعی می‌باشد (Barut et al., 2011). بخش کشاورزی پس از حمل و نقل بزرگترین مصرف‌کننده گازوئیل در کشور می‌باشد (Ministry of Energy, 2011).

رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013) در بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های مختلف زراعی در شش مزرعه گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان اظهار داشتند که متوسط تولید GWP برابر 662 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار در کل مزارع بوده است. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تولید GWP^1 به ترتیب برابر با 923 و 268 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار به ترتیب معادل 0/9 و 0/3 تن معادل دی اکسید کربن در هکتار بوده است که نشان داد مقادیر GWP ارتباط مستقیمی با مصرف نهاده‌های زراعی (انرژی ورودی) داشته است، به‌طوری که کودهای شیمیایی (به‌ویژه نیتروژن) و سوخت‌های فسیلی به ترتیب با 45/8 و 22/5 درصد بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی‌اند که متعاقب آن نیز بیش‌ترین سهم در انتشار

گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن، با 56/8 و 36/8 درصد به ترتیب مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت-های فسیلی به دست آمد و نیز نتایج GWP نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار GWP در واحد وزن به ترتیب برابر 44/6 و 34/8 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در گیگاژول و در واحد انرژی خروجی به ترتیب برابر 11/7 و 4/5 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در گیگاژول بوده است. در تحقیقات سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) بیش‌ترین انرژی را جهت آماده‌سازی بستر کشت با صرف 53 درصد از کل انرژی مصرف شد و به ترتیب آبیاری با 15 درصد و برداشت با 19 درصد بیشتر مصرف‌کنندگان انرژی بوده‌اند و نیز در کل سناریوها بیش از 99 درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای تعلق به CO_2 داشته و کمتر از یک درصد مربوط به دو گاز CH_4 و N_2O می‌باشد (Soltani et al., 2013). احمدی و آقاعلیخانی (Ahamadi & Aghaaliikhani, 2013) در بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان سهم انرژی مصرفی در بخش نهاده‌های سوخت تراکتور و سوخت موتورپمپ به ترتیب برابر 24 درصد و 30 درصد و به‌طور کل، 54 درصد انرژی مصرفی مربوطه به سوخت گازوئیل اعلام گردید کودها با 24 درصد و مواد شیمیایی با 13 درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند و مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز 31 گیگاژول بر هکتار اعلام شد. دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) میزان مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری و میزان انتشار دی اکسید کربن را بررسی قرار دادند و بیان نمودند بیش‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی اکسید کربن و پتانسیل گرمایشی جهانی نیز به خود اختصاص داده و کود نیتروژن و سوخت در رتبه‌های دوم و سوم انتشار دی اکسید کربن عنوان شد. در بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چای در استان گلستان بیش‌ترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای در بین نهاده‌ها کود شیمیایی گزارش گردید (Nikkhah et al., 2014). دی اکسید کربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که در دهه‌های گذشته نقش به‌سزایی در جذب تشعشعات مادون قرمز تولید شده در هوا (اتمسفر) داشته است. سلطانی و فیض بخش (Fezbakhsh & Soltani, 2014) جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در گرگان را مورد

مقدار z ، $1/96$ و d ، $0/05$ در نظر گرفته شد، N : حجم جمعیت آماری و n : حجم نمونه می باشد.

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}(\frac{Z^2 pq}{d^2} - 1)} \quad (1) \text{ معادله}$$

تعداد 100 نمونه در اطراف شهرهای علی آباد و آق قلا واقع در استان گلستان در دو سال زراعی 93 و 94 انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که طیفی از کشاورزان را در برگیرند. کلیه عملیات و اتفاقات در طول فصل رشد در این مزارع رصد گردید و نیز اطلاعات کاملی از روش های تیپیک تولید و عملیات زراعی در سالیان گذشته جمع آوری گردید، این اطلاعات شامل استفاده از ادوات، سوخت، کود، آفت کش و نظایر این ها بودند. بدین منظور ابتدا کلیه اعمال زراعی به هشت بخش تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف های هرز، آبیاری، برداشت و حمل و نقل به کارخانه جهت تحویل محصول تفکیک شدند، سپس مقادیر مختلف کاربرد نهاده ها و اطلاعات جامع تر در هر مرحله از کاشت تا برداشت جمع-آوری و ثبت گردیده و پردازش اولیه آن ها توسط نرم افزار اکسل، آنالیز داده ها در سه بخش انرژی های ورودی (مصرفی)، انرژی خروجی (تولیدی) و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای محاسبه گردید. نتایج آنالیز انرژی در جدول شماره یک ارائه شده است و در این مقاله بر انتشار گازهای گلخانه ای و تغییر اقلیم ناشی از آن تأکید می شود.

انرژی ورودی (مصرفی): در این مرحله کلیه ورودی های مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و غیرمستقیم (بذر، مواد شیمیایی، کودهای شیمیایی و ماشین آلات) در حین اجرای عملیات زراعی مختلف جهت تولید پنبه با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج شده از منابع متعدد برای هر عملیات معادل سازی شد و سپس مقدار انرژی ورودی برای هر نهاده و عملیات محاسبه گردید.

انرژی خروجی (تولیدی): در این مرحله مقدار انرژی خروجی حاصل از دانه پنبه، با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج شده مربوط به دانه پنبه معادل سازی شده و سپس مقدار کل انرژی خروجی محاسبه گردید. خاطر نشان می سازد که ضریب تبدیل انرژی برای دانه پنبه برابر 54/5 منظور گردید (Ozkan et al., 2004).

بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کمترین پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) از کشت بهاره به میزان 2349 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار به دست آمد. پاداک و واسمن (Pathak & Wassmann, 2007) با هدف انتشار گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن سیستم مرسوم کشت برنج (*Oryza sativa* L.) را در هند بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند عملیات زراعی و غیر زراعی (تولید کود-ها و آفت کش ها) هر کدام به ترتیب 80 الی 98 و 16 الی 91 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار انتشار گاز گلخانه ای دارد. کل میزان پتانسیل گرمایش جهانی از تولید برنج بین 2766 الی 4054 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار گزارش شد. مسترینگ و همکاران (Meisterling et al., 2008) مطالعه ارزیابی انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای در تولید گندم با دو سیستم مرسوم و ارگانیک را بررسی کردند که اثرات متفاوتی در مراحل مختلف از دوره کشت بذر تا حمل و نقل به کارخانه در دو روش تخمین زده شد. آن ها نتیجه گرفتند GWP تولید شده برای تهیه یک کیلوگرم قرص نان از گندم ارگانیک حدود 30 گرم معادل CO_2 در هکتار می باشد.

با توجه به روند فزاینده مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران، لازم است وضعیت فعلی مصرف انرژی در این بخش مورد بررسی قرار گیرد از طرفی با توجه به این که گلستان روزگاری به پایتخت پنبه در کشور و جهان شهر بود، اما به دلایل مختلفی سطح کشت آن کاهش یافته که یکی از دلایل افزایش آن هزینه های تولید می-باشد. هدف این تحقیق ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه ای و برآورد GWP و بررسی رابطه همبستگی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه ای می باشد.

مواد و روش ها

جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان پنبه کاری بودند که بذر مورد نیاز خود را از مراکز خدمات تهیه می کردند و چون جمع آوری اطلاعات مورد نیاز در طی سال زراعی انجام می شد کشاورزانی که از طرف مراکز خدمات احتمال همکاری بهتری را داشتند معرفی شدند (130 کشاورز). براین اساس، تعداد مزارع با استفاده از فرمول کوکران، 96 مزرعه به دست آمد که به منظور افزایش دقت، 100 کشاورز به صورت تصادفی انتخاب شد. بر اساس فرمول کوکران p و q ، $0/5$

جدول 1- معادل‌های انرژی‌های ورودی و خروجی‌های مورد استفاده در تولید پنبه

Table 1- Input and output of energy used in the production of cotton

منبع	معادل انرژی	واحد (هکتار)	نوع نهاده یا ستاده
Reference	Energy equivalent	Unit (in ha)	Type of input and output
			ورودی‌ها
			Input
Ozkan et al., 2004	1.96	(h) ساعت	نیروی انسانی Human labor
Ozkan et al., 2004	33	(kg) کیلوگرم	بذر پنبه Cotton grains
Kaltsas et al., 2007	142.7	(kg) کیلوگرم	ماشین‌ها Machinery
	60.6	(kg) کیلوگرم	کودهای شیمیایی Chemical fertilizer
Akcaoz et al., 2009	60.6	(kg) کیلوگرم	نیتروژن (a) Nitrogen
Akcaoz et al., 2009	6.7	(kg) کیلوگرم	فسفر (b) Phosphate
Akcaoz et al., 2009	11.1	(kg) کیلوگرم	پتاسیم (c) Potassium
Ozkan et al., 2004	0.3	(kg) کیلوگرم	کود آلی Animal manure
Balance sheet hydrocarbon Iran, 2008	38	(L) لیتر	گازوئیل Gasoline
Pimental & Pimental, 2008	3.6	(kwh) کیلو وات بر ساعت	الکتریسیته Electricity
Tzilivakis et al., 2005	278	(Kgai) کیلوگرم ماده موثره	علف‌کش‌ها Herbicides
Tzilivakis et al., 2005	237	(Kgai) کیلوگرم ماده موثره	حشره‌کش‌ها Pesticides
Strapatsa et al., 2006	99	(Kgai) کیلوگرم ماده موثره	قارچ‌کش‌ها Fungicides
			خروجی
			Output
Ozkan et al., 2004	54.5	(kg) کیلوگرم	وش Lint

پتانسیل گرمایش جهانی: پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)

عبارت از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده است که به‌صورت معادل CO_2 بیان می‌شوند (IPCC, 1996). برای محاسبه GWP، تولید CO_2 ، CH_4 و N_2O ناشی از مصرف انرژی در تولید نهاده‌ها و عملیات‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. این نهاده‌ها و عملیات‌ها عبارت بودند از: تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، آبیاری، حمل‌ونقل، تولید و

نگهداری ادوات و ماشین آلات زراعی.

GWP طی مراحل زیر محاسبه شد:

معادل ضرایب تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هریک از مراحل شامل میزان انرژی ماشین‌های کشاورزی، سوخت (لیتر)، کود-های شیمیایی (کیلوگرم) موادشیمیایی (کیلوگرم) کود حیوانی (کیلوگرم) در جدول 1 محاسبه شد. پس از محاسبه GWP کل، مقادیر GWP در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)، در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در تن محصول گندم)، در واحد

انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول) نیز محاسبه گردید (Rajabi et al., 2013).

محاسبات اولیه و رسم برخی از نمودارها توسط اکسل 2016 و رسم نمودارهای تجمعی، پلاس پلات، روابط همبستگی و رگرسیونی توسط نرم افزار SPSS Version 24 انجام گردید.

جدول 2- ضرایب انتشار گلخانه‌ای (کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار)
Table 2- GWP emission factors (kg Co₂eq unit⁻¹)

منبع Reference	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای GWP emission factors	واحد Unit	ورودی Input
Dayer & Desjardins, 2006	0.017	(kg) کیلوگرم	ماشین‌های کشاورزی Machinery
Dayer & Desjardins, 2006	2.76	(l) لیتر	سوخت Diesel fuel
Lal, 2004	1.3	(kg) کیلوگرم	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer
Lal, 2004	0.2	(kg) کیلوگرم	کود فسفر Phosphate fertilizer
Lal, 2004	0.2	(kg) کیلوگرم	کود پتاسیم Potassium fertilizer (K ₂ O)
Lal, 2004	3.9	(kg) کیلوگرم	قارچ کش Fungicides
Lal, 2004	5.1	(kg) کیلوگرم	حشره کش Pesticides
Lal, 2004	6.3	(kg) کیلوگرم	علف کش Herbicides
Pishgar-Komleh et al, 2013; Xiamei & Koltelko, 2003	0.126	(kg) کیلوگرم	کود حیوانی Animal manure

نتایج و بحث

(et al., 2005) تحقیقات مشابهی برای سایر محصولات انجام گردیده است. موسوی اول و همکاران (Mousavi-Avval et al., 2011) میزان انرژی ورودی برای تولید سویا (*Glycine max* L.) در استان گلستان به‌طور میانگین 35 گیگاژول در هکتار اعلام نمودند. در استان مازندران مقدار کل انرژی ورودی و خروجی خالص برای تولید سویا به‌ترتیب 29 و 24 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Dehshir & Aghaailkhani, 2012). رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013). به مطالعه مصرف انرژی برای تولید گندم در گرگان پرداختند. ایشان گزارش کردند که متوسط انرژی ورودی در مزارع مورد مطالعه 15577 مگاژول در هکتار بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده میانگین انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار به‌دست آمد که حدود شش برابر میانگین انرژی ورودی با 26 گیگاژول در هکتار می‌باشد (جدول 3) دامنه انرژی‌های خروجی برای تولید پنبه بین 49 گیگاژول در هکتار تا 243 گیگاژول در هکتار و برای انرژی ورودی بین 15 تا 43 گیگاژول در هکتار متغیر بود (شکل 1). این مقدار در مطالعه دیگر صورت گرفته در این منطقه 31 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Ahamadi & Aghaailkhani, 2013) مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز 31 گیگا ژول بر هکتار اعلام شد (Pishgar-Komleh et al., 2012) و در استان آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب 49 و 19 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Dagistan et al., 2009; Yilmaz

جدول 3- مقادیر انرژی ورودی و خروجی بر حسب مگاژول در هکتار برای تولید پنبه در استان گلستان

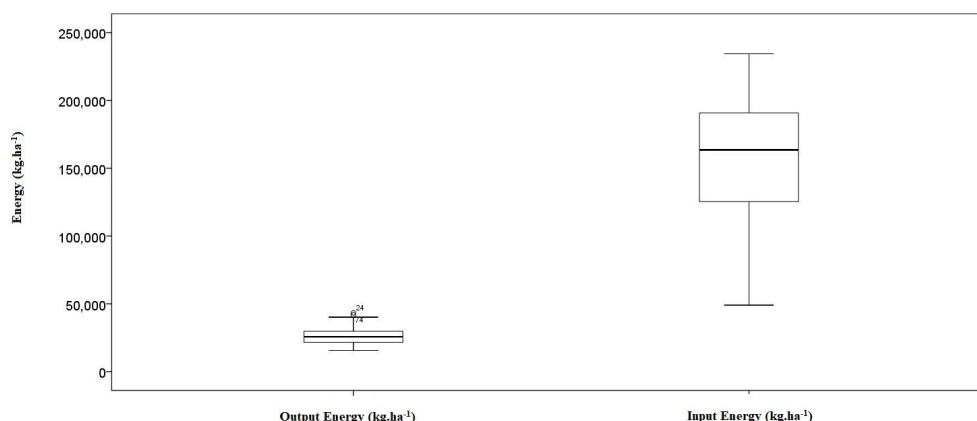
Table 3- The amounts of incoming and outgoing energy in MJ ha for cotton production in Golestan province

نوع انرژی	میانگین	حداقل	حداکثر
Kind of energy	Average	Minimum	Maximum
انرژی ورودی Input energy	26326.60499	15614.81698	43321.65855
انرژی خروجی Output energy	154371.25	49050	234350

گیگاژول در هکتار گزارش شد (Azarpour, 2012). دلایل اصلی این اختلاف در مصرف انرژی در محصولات مختلف به دلیل شرایط متفاوت در کشت، اقلیم و مدیریت زراعی در تولید هر محصول می‌باشد.

نتایج جدول 4 نشان داد که مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) کل ناشی از فعالیت‌های مختلف در هر مزرعه پنبه بین 741 تا 7790 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار متغیر بوده است. بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به کودهای شیمیایی و مقدار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در نهاده‌ها کود حیوانی و سوخت در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل 2). طاهری راد و همکاران (Taheri-Rad et al., 2014) گزارش کردند که میزان انتشار گاز گلخانه‌ای نهاده سوخت دیزل برابر 646/23 کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار محاسبه گردید و با سهم 45 درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارا می‌باشد و کود حیوانی با 23 درصد در رتبه بعدی می‌باشد.

بهشتی تبار و همکاران (Beheshti-Tabar et al., 2010) جریان مصرف انرژی در بخش کشاورزی را از 1990 تا 2006 میلادی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی ایشان نشان داد که مقدار انرژی ورودی در سال 1990 میلادی از 32/4 گیگاژول در هکتار به 37/2 گیگاژول در هکتار در سال 2007 رسید. مقدار انرژی خروجی نیز از 30/85 گیگاژول در هکتار به 43/68 گیگاژول در هکتار افزایش داشت، افزایش در مصرف کودهای شیمیایی، شاخص مکانیزاسیون مزرعه و مصرف سموم کشاورزی که متعاقب آن افزایش در مصرف کودها و ارقام پر محصول دلایل افزایش مصرف انرژی ورودی و خروجی طی سال‌های 1990 تا 2006 میلادی عنوان گردیده است. حیدری و امید (Haidari & Omid, 2011) الگوی مصرف انرژی برای تولید خیار (*Cucumis sativus* L.) و گوجه-فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* L.) در ایران را مورد بررسی قرار دادند. مقدار انرژی ورودی برای خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب 141 و 131 گیگاژول در هکتار به دست آمد. این مقدار برای انرژی ورودی کلزا (*Brassica napus* L.) در شمال ایران 14



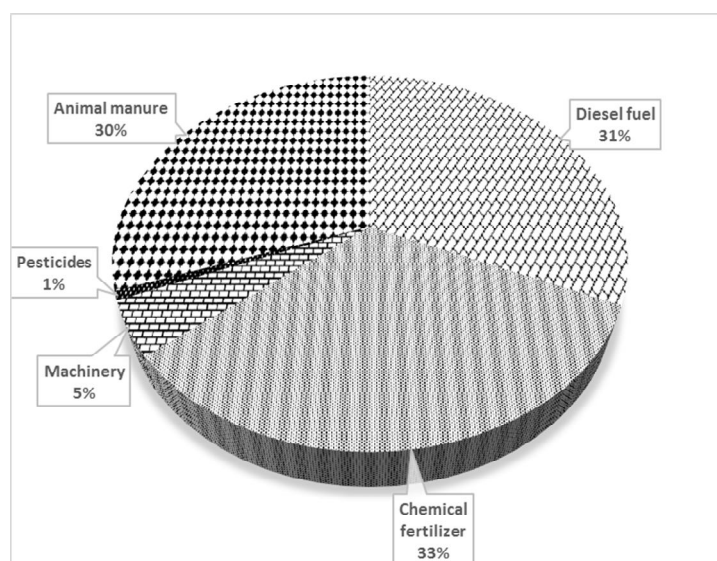
شکل 1- باکس پلات انرژی ورودی و خروجی برای تولید پنبه در استان گلستان

Fig. 1- Box plot of energy input and output for cotton production in Golestan province

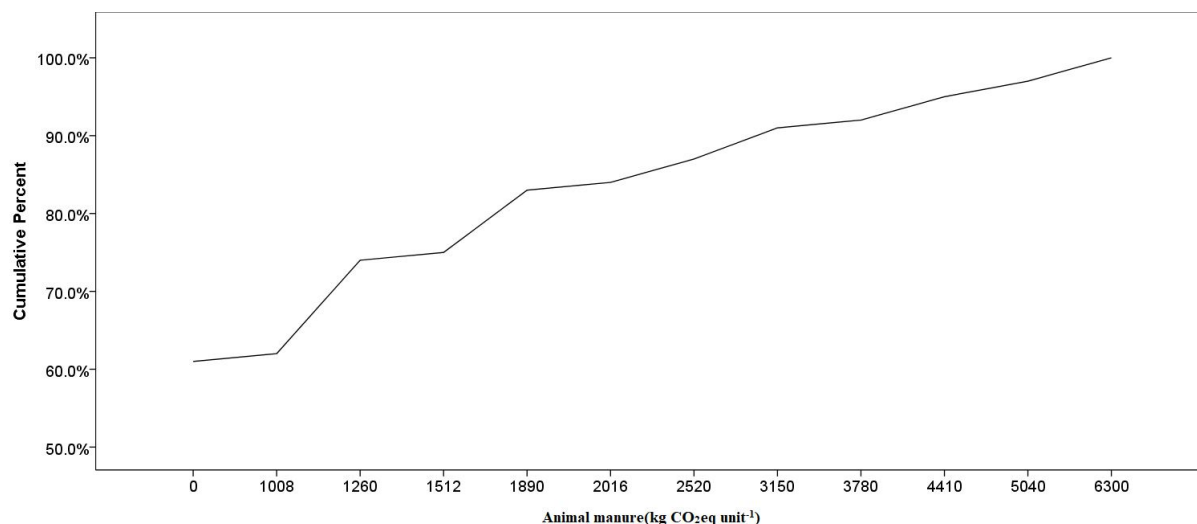
جدول 4- مقادیر گازهای گلخانه‌ای منتشر شده بر حسب کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار برای بخش‌های مختلف تولید پنبه

نوع عملیات	میانگین	حداقل	حداکثر
The type of operation	Average	Minimum	Maximum
سوخت Diesel fuel	983.00	586.22	1364.54
قارچ‌کش‌ها Fungicides	0.87	0.53	1.14
کود شیمیایی Chemical fertilizer	1019.15	9.20	6406.90
ماشین‌آلات Machinery	144.59	58.22	300.08
حشره‌کش‌ها Pesticides	23.20	0.00	58.65
کود حیوانی Animal manure	946.26	0.00	6300.00
علف‌کش‌ها Herbicides	7.84	0.00	25.20
کل Total	2178.65	741.65	7790.81

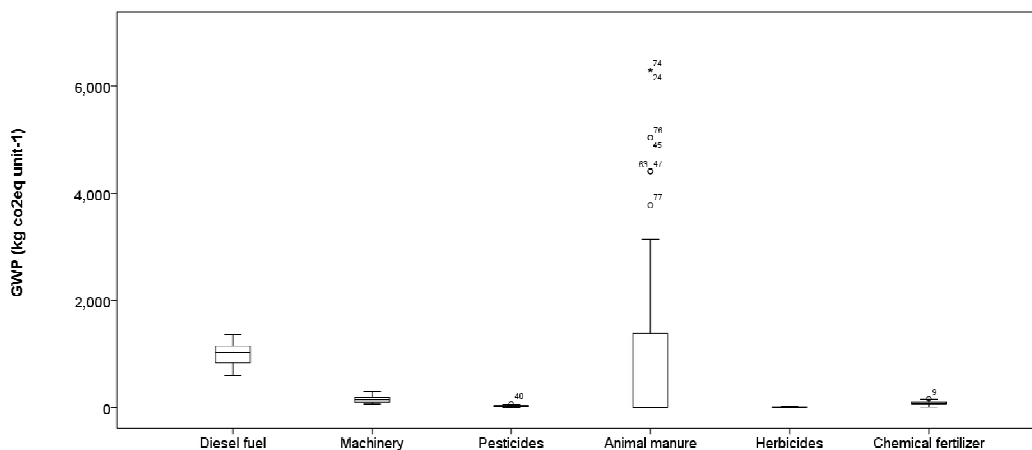
در همین رابطه تزلیوکیز و همکاران (Tziliivakis et al., 2005) مقادیر کل GWP را در واحد سطح برای محصولات سیب-زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گندم، کلزای روغنی، جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) به‌ترتیب برابر با 3، 1/7، 1/2، 0/7، و 0/7 تن معادل CO₂ در هکتار برآورد کردند.



شکل 2- سهم هر یک از نهاده‌های زراعی در ایجاد پتانسیل گرمایش جهانی برحسب درصد از کل
Fig. 2- The share of each crop inputs in terms of percent of total global warming potential



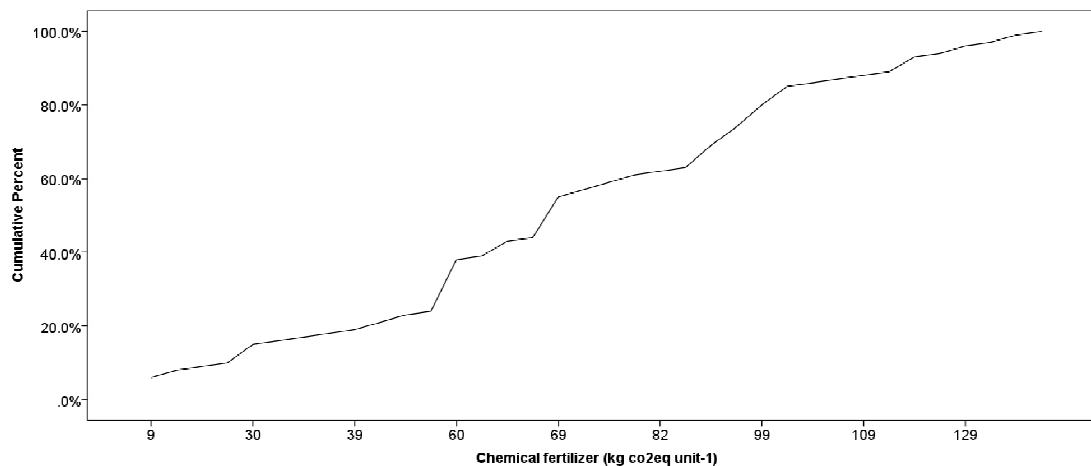
شکل 3- درصد فراوانی تجمعی دی اکسید کربن تولید شده از نهاده کود حیوانی در یک هکتار در مزارع پنبه
Fig. 3- Cumulative frequency of carbon dioxide produced from manure input on one hectare in cotton fields



شکل 4- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده از ماشین‌آلات، سوخت، حشره‌کش‌ها، کود حیوانی و علف‌کش‌ها در مزارع پنبه
Fig. 4- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from the use of machinery, fuels, pesticides, manure and herbicides in cotton fields

نتایج تحقیقات نشان داد در 60 درصد مزارع کود دامی استفاده نشده است که متعاقب آن میزان انتشار گاز گلخانه‌ای در این مزارع صفر می‌باشد (شکل 3) حداقل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با کمترین پراکندگی مربوط به نهاده علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها می‌باشد (شکل 4) و همچنین نتایج مقایسه بین انرژی خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از نهاده کود حیوانی نشان داد که بین انرژی خروجی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیم و بسیار معنی‌داری وجود دارد (جدول 5).

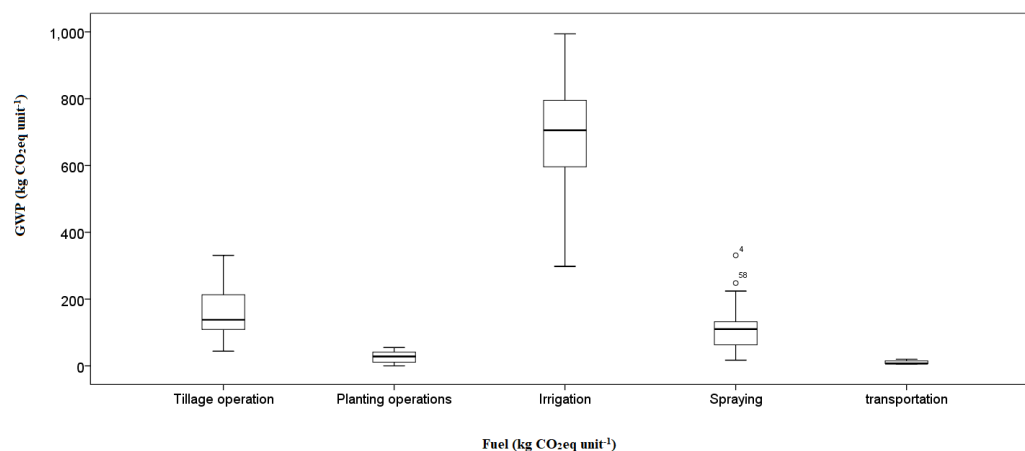
نتایج بررسی‌های انجام شده نشان داد که بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده کود شیمیایی با میانگین 1019 کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار گرمایش جهانی می‌باشد (شکل 3 و جدول 4). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده حاصل از نهاده کود شیمیایی در 20 درصد از مزارع مورد تحقیق بیش از یک تن در هکتار بود (شکل 5).



شکل 5- فراوانی تجمعی کود شیمیایی (کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار) در مزارع پنبه
Fig. 5- The cumulative frequency fertilizer (kg carbon dioxide equivalent per hectare) in cotton fields

کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار گزارش کردند. صفا و همکاران (Safa et al., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کودهای شیمیایی را در تولید گندم در نیوزیلند 52 درصد و برابر 539 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار گزارش نمود که 48 درصد از این میزان به کاربرد کودهای نیتروژنه اختصاص داشت. عبدالله پور و آذری (Abdollahpour & Azeri, 2010) در تولید گندم دیم سهم کودهای نیتروژنه از مصرف انرژی را 20 درصد گزارش کردند.

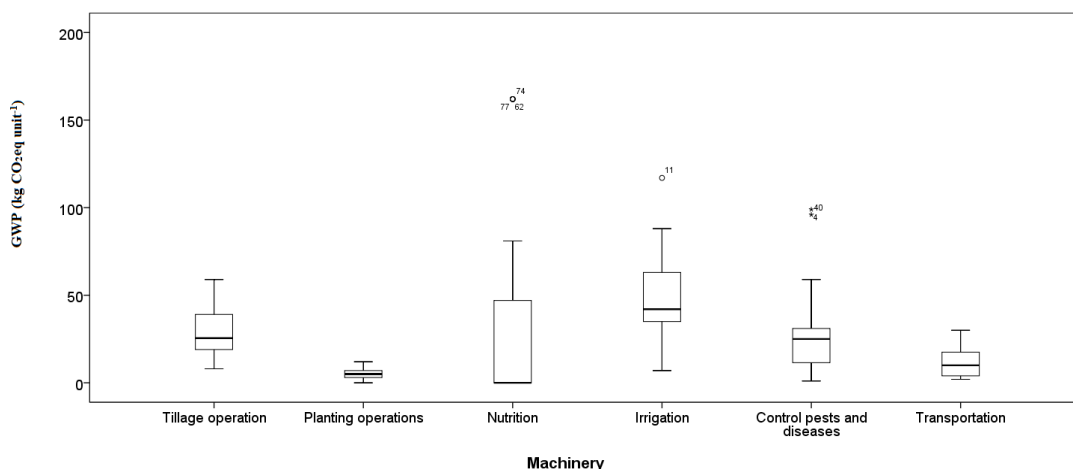
علاوه بر این، نتایج تحقیقات مشابه در سایر محصولات زراعی نیز نشان داد که مصرف کودهای شیمیایی (به ویژه کود نیتروژن) و سوخت‌های فسیلی بیشترین اثر را در انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی داشته است (Tzilivakis et al., 2005A; Tzilivakis et al., 2005B; Kaltsas et al., 2007; Lal, 2004). رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013) در مطالعه خود، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم به منظور تولید گندم در گرگان را به ترتیب 97، 67 و 64



شکل 6- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده مصرفی سوخت در مزارع پنبه در عملیات‌های مختلف زراعی
Fig. 6- Box plot of greenhouse gas emissions and fuel consumption of inputs in the production of cotton field for various operations

خاکورزی و سم‌پاشی در رتبه‌های بعدی قرار دارند (شکل 6). در صورت استفاده از روش‌های آبیاری مختلف، مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای بخش استفاده از سوخت جهت انجام این عملیات در مزارع نیز تغییر خواهد کرد.

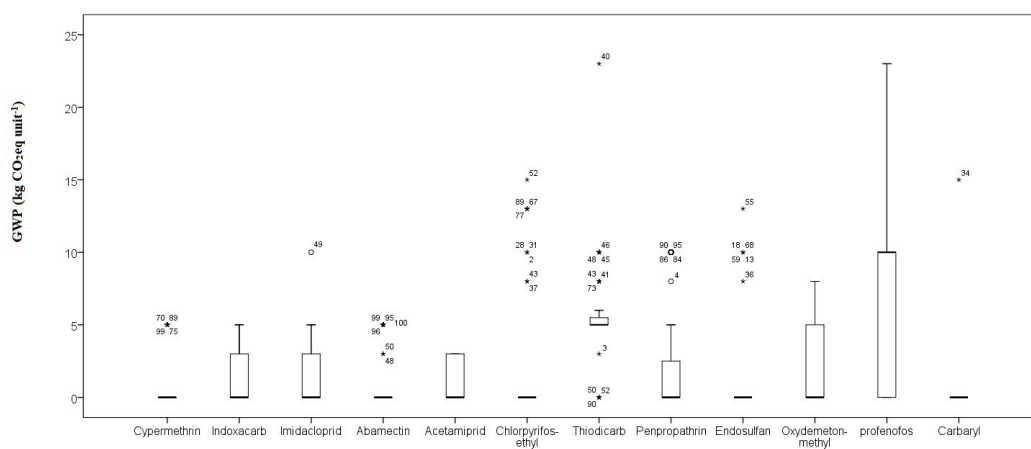
در کل مزارع مورد مطالعه میانگین مقدار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از محل مصرف نهاده سوخت برابر 983 کیلوگرم دی-اکسیدکربن در هکتار گرمایش جهانی به‌دست آمد که از این مقدار 678 کیلوگرم در هکتار مربوط به عملیات آبیاری و عملیات‌های



شکل 7- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده از ماشین‌ها در مزارع تولید پنبه
Fig. 7- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from the use of machines in cotton field

تغذیه و کنترل علف‌های هرز و آفات به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

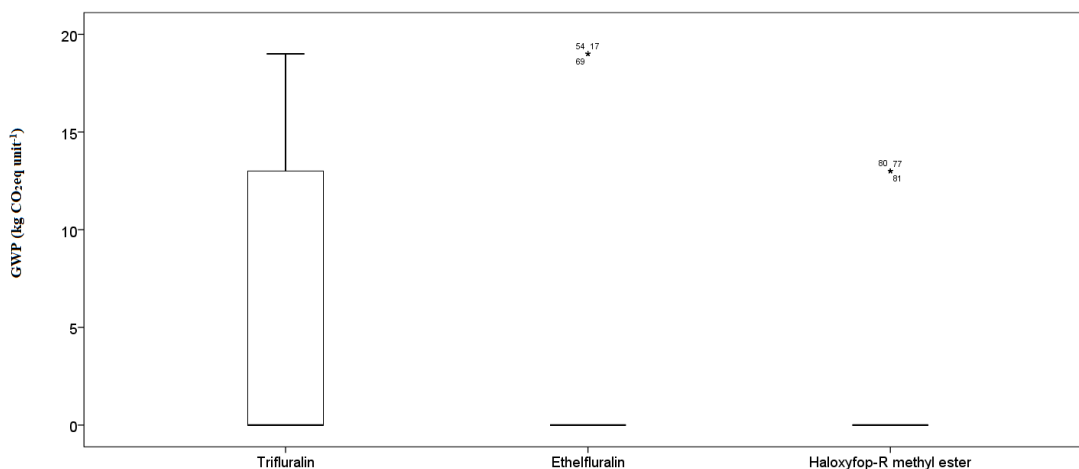
در مزارع مورد مطالعه مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش استفاده از ماشین‌ها به‌منظور عملیات آبیاری با 49 کیلوگرم دی-اکسیدکربن در هکتار گرمایش جهانی در بیشترین و عملیات خاک‌ورزی،



شکل 8- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده آفت‌کش‌ها در مزارع پنبه
Fig. 8- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from inputs of pesticides in cotton fields

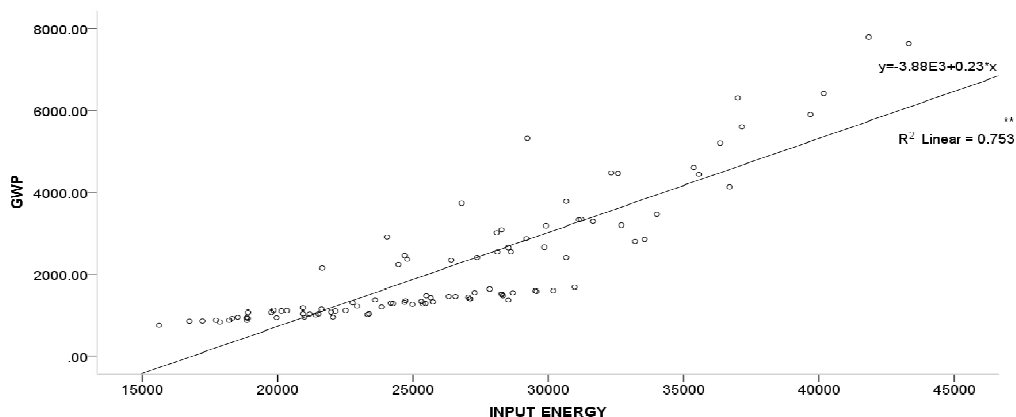
قابل توجهی کاهش داد این روش‌ها شامل؛ افزایش ژن‌های مقاومت گیاهان زراعی نسبت به آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تقویت دشمنان طبیعی آن‌ها، به کارگیری تناوب صحیح زراعی، تلفیق خاک-ورزی حفاظتی و کشت برخی از گیاهان علوفه‌ای و درختان در مزارع می‌باشد (Pimental & Pimental, 2008; Safa et al., 2011; Kitani, 1999) بیشترین علف‌کش متعاقب آن با بیشترین انتشار گازهای مربوط به علف‌کش ترفلان معادل 6/26 کیلوگرم دی اکسید-کربن در هکتار گرمایش جهانی می‌باشد (شکل 9).

نتایج بررسی میزان دی اکسید کربن منتشر شده توسط نهاده آفت-کش‌ها نشان داد که بیشترین انتشار گاز گلخانه‌ای مربوط به آفت‌کش کوکرون و لاروین می‌باشد (شکل 8) میانگین کل گاز منتشر شده معادل 23 کیلوگرم دی اکسید کربن گرمایش جهانی بود. صفا و همکاران (Safa et al., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را 55 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار ارزیابی نمودند. برخی از محققین گزارش نمودند که با به کارگیری روش‌های طبیعی در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی می‌توان مصرف سموم کشاورزی را تا حد



شکل 9- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده علف‌کش‌ها در مزارع پنبه

Fig. 9- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from inputs of herbicides in cotton fields



شکل 10- رابطه بین مقدار GWP و انرژی ورودی در مزارع پنبه

Fig. 10- The relationship between GWP and the amount of input energy production in cotton fields

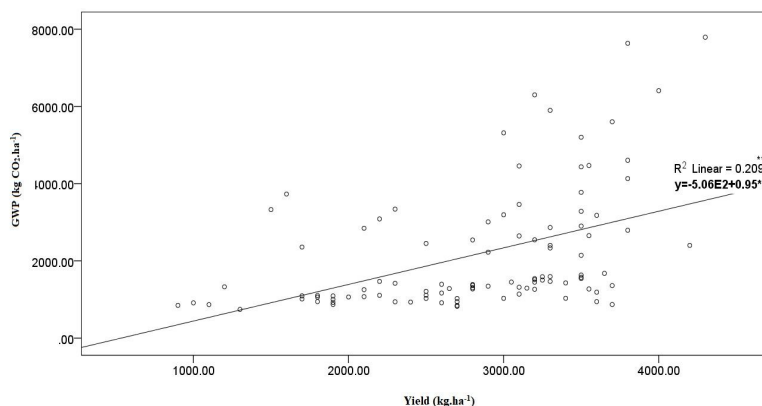
میزان پراکندگی نقاط از خط نیز افزایش می‌یابد. این افزایش پراکندگی نقاط نشان از وجود تنوع زیاد در مصرف انرژی در عملکردهای بالا می‌باشد.

جدول 6 مقادیر GWP کل را در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی ارائه می‌دهد میزان GWP در واحد وزن نشان‌دهنده میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به ازای هر تن محصول می‌باشد که طی برآوردهای این تحقیق به‌ازای یک تن پنبه معادل 2178 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در تن محصول پنبه تولید گردید است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحد سطح، انرژی ورودی و انرژی خروجی به- ترتیب معادل 768 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار، 76 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در گیگاژول و 14 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در گیگاژول برآورد گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ارزیابی انرژی ورودی و خروجی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های زراعی در مزارع پنبه در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متوسط انرژی ورودی در هکتار برابر 26 گیگاژول در هکتار و میزان انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی شش برابر انرژی ورودی به‌دست آمد.

نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن نشان داد (شکل 10) که بین انرژی‌های ورودی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیمی و بسیار معنی‌داری وجود دارد. به عبارتی، افزایش انرژی مصرفی در تولید محصول پنبه باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد متمرکز بودن نقاط اطراف خط نشان از وجود رابطه کامل و مهم بین انرژی ورودی و میزان انتشار گاز-های گلخانه‌ای می‌باشد. همان‌گونه که در جدول 5 مشاهده می‌شود، انرژی ورودی با گازهای گلخانه‌ای منتشر شده توسط نهاده‌های سوخت، ماشین‌ها و کود حیوانی در سطح یک درصد معنی- دار می‌باشد. تزلیوکیس و همکاران (Tziliavakis et al., 2005) نیز با بررسی مقادیر GWP در تولید چغندر (*Beta vulgaris* L.) در انگلستان بیان داشتند که مقادیر GWP ارتباط مستقیمی با میزان انرژی ورودی در تولید چغندر دارد. سایر محققان نیز با ارزیابی انرژی ورودی و GWP به‌دست آمده از آن در محصولات مختلف، نظری مشابه با یافته‌های این پژوهش داشتند (Kaltsas et al., 2007; Lal, 2004; Pathak & Wassmann, 2007). انرژی ورودی رابطه مستقیم داشته به عبارتی، افزایش انرژی‌های ورودی باعث افزایش عملکرد محصول و متعاقب آن باعث افزایش انرژی خروجی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد (جدول 5). شکل 11 رابطه مستقیم و معنی‌داری بین عملکرد و گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از تولید پنبه را نشان می‌دهد، با افزایش عملکرد



شکل 11- رابطه بین عملکرد با گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در مزارع پنبه

Fig. 11- The relationship between yield and greenhouse gas emissions for cotton fields

جدول 5- ضریب همبستگی ساده بین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای بین عملیات‌های زراعی تولید پنبه

Table 5- Pearson correlation coefficients between the emissions for operations of cotton fields

نوع عملیات	سوخت‌ها CO ₂ (کیلوگرم در هکتار)	ماشین آلات (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	حشره‌کش‌ها (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	کود حیوانی (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	علف‌کش‌ها (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	کود شیمیایی (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)	عملکرد وشت	کل انتشار گازهای گلخانه‌ای
Type of operation	Diesel fuel (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Machinery (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Pesticides (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Animal manure (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Herbicides (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Chemical fertilizer (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)	Energy input (MJ.ha ⁻¹)	Yield	Total greenho use gas emissio ns
سوخت (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	1								
Diesel fuel (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
ماشین (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	0.452**	1							
Machinery (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
حشره‌کش (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	0.367**	0.176	1						
Pesticides (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
کود حیوانی (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	0.050	0.701**	-0.055	1					
Animal manure (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
علف‌کش (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	-0.054	-0.095	-0.070	-0.064	1				
Herbicides (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
کود شیمیایی (کیلوگرم CO ₂ در هکتار)	-0.142	-0.104	-0.082	-0.008	-0.163	1			
Chemical fertilizer (kg CO ₂ eq. unit ⁻¹)									
انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)	0.560**	0.827**	0.169	0.798**	-0.108	0.177	1		
Energy input (MJ.ha ⁻¹)									
عملکرد وشت	۰.۳۸۴**	۰.۵۳۱**	۰.۲۳۸*	۰.۴۰۸**	0.045	0.022	0.593**	1	
Yield									
کل انتشار گازهای گلخانه‌ای	0.179	0.762**	0.002	0.990**	-0.078	-0.006	0.868**	0.457**	1
Total greenhouse gas emissions									

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

** and *: correlation are significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

جدول 6- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO₂ در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی برای تولید پنبه

Table 6- Global Warming Potential values for kg of CO₂ per unit area, weight, energy input and energy output

پتانسیل گرمایش جهانی GWP	واحد Unit (in ha)	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum
گرمایش جهانی در واحد وزن	کیلوگرم معادل CO ₂ در تن محصول پنبه	2178.65	741.65	7790.81
Global warming per unit weight	kg CO ₂ equivalent per ton of cotton			
گرمایش جهانی در واحد سطح	کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار	768.05	234.91	2331.44
Global warming per unit area	kg CO ₂ equivalent per hectare			
گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی	کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگا ژول	76.38	42.85	186.21
Global Warming per unit energy input	kg of CO ₂ equivalent in GJ			
گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی	کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگا ژول	14.09	4.31	42.78
Global Warming energy per unit of output	kg of CO ₂ equivalent in GJ			

داشته که متعاقب آن باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. از نتایج این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که از طریق کاهش مصرف سوخت و کاهش مصرف کودهای شیمیایی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد. راه‌های مدیریتی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی که باعث

میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید پنبه برابر 2181 کیلوگرم دی اکسید کربن در هکتار برآورد شد که بیشترین آن با 33 درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده کودشیمیایی بود نهاده‌های سوخت و کود حیوانی در رتبه‌های بعدی قرار داشت عملیات‌های آبیاری، تغذیه و آماده‌سازی بیشترین مصرف سوخت را

کنترل آفات و علف‌های هرز، استفاده از کودهای نیتروژن براساس آزمون خاک، انطباق داد زمان کوددهی با نیاز گیاه، بهبود در روش‌های کوددهی مانند جای‌گذاری در خاک به جای پخش دستی و سانتریفیوژ، استفاده از ترکیبات بازدارنده نیترونیفیکاسیون یا کودهای پوشش دار، استفاده از کودهای سبز می‌باشد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی می‌شود عبارتند از؛ خاک‌ورزی حفاظتی که باعث می‌شود ترافیک در مزرعه کم شود در نتیجه سوخت کاهش یابد، استفاده از بقولات در زراعت که باعث کاهش مصرف نیتروژن می‌شود، استفاده از روش‌های جدید آبیاری و افزایش راندمان آبی، استفاده از تناوب زراعی و روش‌های بیولوژیک جهت

منابع

- Abdollahpour, S., and Zaree, S. 2009. Evaluation of wheat energy balance under rain fed farming in Kermanshah. *Journal of Agricultural and Sustainable Production* 20: 106-96.
- Ahmadi, M., and Aghaalikhani, D. 2013. Analysis of energy consumption of cotton in golestan province in order to provide a solution for increasing resource efficiency. *Journal of Agroecology* 4(2): 151-158. (In Persian with English Summary)
- Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. *Journal of Food Agricultural and Environmental* 7: 475-480.
- Azarpour, A. 2012. Evaluation energy balance of canola production under rain fed farming in north of. *Journal of Agricultural Biological Science* 7: 285-288. (In Persian with English Summary)
- Barut, Z.B., Ertekin, C., and Karaaga, H.A. 2011. Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. *Energy* 36: 5466-5475.
- Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran s agronomy (1990-2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 849-588.
- Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., and Yilmaz, Y. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton. *Production in Turkey. African Journal of Agricultural Research* 4: 599-604
- Darvin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J., and Raneses, A. 1995. World agriculture and climate change: Economic adaptations. *Natural Resources and Environment Division, Economic Research Service, U.S. Department of Journal of Agricultural Economics* 703 pp.
- Dastan, S., Soltani, A., Normohamadi, G., and Madani, H. 2014. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in systems of culture paddy. *Journal of Agroecology* 4: 823-835. (In Persian with English Summary)
- Dayar, J.A., and Desjardins, R.L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Bio =systems Engineering* 93: 107-118.
- Dayar, J.A., and Desjardis, R.L. 2003. The impact of from machinery management on the greenhouse gas emissions from Canadian agriculture. *Agriculture for Sustainable Development Journal* 22: 59-74.
- Dyer, J.A.A., and Desjardins, R.L. 2003. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emission in Canada. *Bio systems Engineering* 85: 503-513.
- Fezbakhash, M.T., and Soltani, A. 2014. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). *Journal of Crop Production* 6(3): 89-107.
- Haidari, M.D., and Omid, M. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. *Energy* 36: 220-225.
- Hydrocarbon balance sheet, the Institute for International Energy Studies, Ministry of Petroleum, 2088.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996a. Climate change 1995. The science of climate change, contribution of working group I to the second. Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Great Britain.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller Eds. Cambridge

University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 996 pp.

Johnson, J.M.F., Franzluebbers, A.J, Weyers, S.L, and Reicosky, D.C. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* 150(1): 107-24.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 243-251.

Kitani, O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Energy and Biomass Engineering. ASAE Publication 5: 95-101.

Lal, R. 2004. Carbon emission from operations. *Environment Intonation* 30: 981-990.

Marashi, M.R., and Vaghefi, H. 1981. Trade cotton - cotton- cotton crops - Iran. (In Persian)

Meisterling, K., Samaras, C., and Schwizer, V. 2008. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production* 17: 222-230.

Monthly Clean Development Mechanism. 2009. Volume 6. (In Persian)

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011a. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Energy* 88: 3765-3772.

Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanyan, F., and HamzehKalknari, H. 2014. Sensitivity assessment of energy and greenhouse gas emissions tea production in Gilan province. *Journal of Agroecology* 6(3): 622-632. (In Persian with English Summary)

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29: 39-51.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadeniz, F. 2005. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion Management* 45: 1821-1830.

Pathak, H., and Wassmann, R. 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. *Agricultural Systems* 94: 807-825.

Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems* 72: 149-172.

Pimental, D., and Pimental, M.H. 2008. Food, Energy and Society. Taylor and Francis 266 pp.

Pishgar- Komleh, S.H., and Omid, M., and Heidari, M.D. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy* 59: 63-71.

Pishgar-Komleh, S.H. and Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012. Exploring energy consumption and CO emission of cotton production in Iran. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 4: 033115-033114.

Rajabi, M.H., Soltani, A., Zeinali, A., and Soltani, A. 2013. Evaluation of greenhouse gas emission and global warming potential in wheat production in Gorgan, Iran. *Electronic Journal of Crop Production* 5(3): 23-44. (In Persian)

Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy* 24(1): 35-44.

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohsen, M. 2011. Determination of fuel consumption and indirect factors affecting it in wheat production in Canterbury, New Zealand *Energy Corp* 35: 5400-5405.

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohsen, M., 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury. New Zealand. *Energy Conversion Management* 52: 2526-2532.

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 pp. (In Persian)

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 176-180.

Taheri-Rad, A.R., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Nourozieh, S. 2014. Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. *Journal of Agricultural Machinery* 5(2): 428-445.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005a. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems* 85: 101-119.

Tzilivakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005b. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 341-358.

Xiamei, L., and Kotelko, M. 2003. An Integrated manure utilization system (Imus): its social and environmental benefits. In: The 3rd International Methane and Nitrous Oxide Mitigation Conference, Beijing, China, 17-21 November; (Lecture No: AG056).

Yilmaz, I., and Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production on Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.



Carbon Dioxide Emission and Global Warming Potential of Energy Consumption in the Cotton Production in Golestan Province

R. Arefi^{1*}, A. Soltani², and H. Ajam Norozei³

Submitted: 15-03-2017

Accepted: 10-06-2017

Arefi, R., Soltani, A., and Ajam Norozei, H. 2018. Carbon dioxide emission and global warming potential of energy consumption in the cotton production in Golestan province. *Journal of Agroecology*. 10(2): 529-546.

Introduction

Nowadays, due to population growth, decreased the arable lands and improved living standards, energy consumption in the agricultural sectors has been increased. Therefore, intensive use of chemical fertilizers, pesticides, agricultural machinery, energy and natural resources are required in order to supply the nutritional demands of the increasing population. Ahamadi & Aghaalikhani (2013) investigated the energy consumption in cotton production in Golestan province and showed that energy consumption for tractor and engine pump fuel was 24% and 30%, respectively, or totally 54% for diesel fuel. Also, fertilizers and chemical materials with 13% energy consumption had the second and third rank, respectively and total energy input for cotton production in Alborz province was 31 GJ/ha. Dastan et al., (2014) carried out a study on the rate of energy consumption in rice planting systems and the rate of carbon dioxide emission and concluded that the highest values of energy input in the production systems was related to the electric power to pump water for irrigation that had the highest value in terms of carbon dioxide emission and global warming potential and Nitrogen fertilizer and fuel also had the second and third rank in terms of carbon dioxide emission.

Materials and Methods

One hundred cotton fields around the cities of Aliabad and Aq Qala in Golestan province were selected during two sowing years 2014 and 2015. All operations and events were observed during the growing season in these fields and detailed data of typical production methods and cultivation practices was collected in past years, this data included the use of equipment, fuel, fertilizers, and pesticides and so on. To this end, at first, all agricultural practices were divided into eight categories, including preparing the land, planting, fertilizing, plant protection, weed control, irrigation, harvesting and transport to the factory to crop delivery, then, different amounts of input use and more comprehensive information were collected and recorded at every stage from planting to harvesting and they were processed by Excel software, data analysis in three parts of energy input (consumption), energy output (production) and Global warming potential (GWP) of GHG emissions.

Results and Discussion

In this study, input and output energy of GHGs emission and the GWP of agricultural activities in the cotton fields of Golestan province were investigated. The results revealed that the average energy input per hectare is 26 GJ/ha and the ratio of output energy to input energy was 154 GJ/ha and energy output was six times more than the input energy. There was a direct relationship between input energy and energy output, in other words, an increase in energy input, increases the crop performance, thereby increasing the output energy and GHG emission (Table 5). Figure 11 shows a significant direct relationship between performance and GHG emitted from the cotton production. The average of the GHG emission for cotton production was estimated 2181kg/ha that the maximum rate was 33% of total GHGs of chemical fertilizer inputs. Fuel and manure inputs had lower rates. Maximum energy was consumed for irrigation, nutrition and preparation that increased the GHGs. The comparison between energy output and a GWP of manure input showed a significant direct relationship difference between the output energy in cotton farms and its GWP.

Conclusion

The results of this study indicated that by reducing the fuel consumption and chemical fertilizers, energy consumption and GHG emissions can be reduced. A number of management solutions for reducing the fossil

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University of Gorgan, Gorgan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Arefi.reza@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.61846

fuel consumption and chemical fertilizers that result in GHG emission in agriculture include: conservation tillage that reduces the farm traffic, and consequently, reduces the fuel; use of legumes in agriculture that reduces nitrogen use, use of new methods of irrigation and increase in water efficiency, use of crop rotation and biological methods to control pests and weeds, application of nitrogen fertilizers based on soil test, adaptation of the fertilizing time to the plants' needs, improvement of fertilization methods such as placement in the soil rather than manual distribution and centrifuge, the use of inhibitors combinations of Nitrification or coated fertilizers, use of green manure.

Keywords: Cotton, Energy Input, Energy Output, Greenhouse Gas (GHG) Emission



تأثیر الگوی کشت و ورمی کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

مهدیه رجایی¹، مهدی دهمرده^{2*}، عیسی خمری³ و بهروز کشته‌گر⁴

تاریخ دریافت: 1395/11/20

تاریخ پذیرش: 1396/02/16

رجایی، م، دهمرده، م، خمری، ع، و کشته‌گر، ب. 1397. تأثیر الگوی کشت و ورمی کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 547-564.

چکیده

به منظور بررسی و تعیین اثر الگوی کشت و ورمی کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)، آزمایشی در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی 94-1393 به صورت کرت‌های شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ورمی کمپوست به عنوان عامل اصلی در سه سطح؛ عدم کاربرد کود، 2/5 و 5 تن در هکتار و الگوهای کشت به عنوان عامل فرعی در سه سطح شامل؛ کشت خالص ذرت، بادام زمینی و گاوزبان اروپایی، 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان، 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان، 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان بود. نتایج نشان داد بیشترین مقدار کربن خاک در کشت مخلوط در الگوی کاشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد 5 تن ورمی کمپوست در هکتار به میزان (0/41 درصد) و کمترین مقدار کربن خاک در الگوی کشت 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم مصرف ورمی کمپوست به دست آمد. افزایش نسبت اختلاط گاوزبان در الگوی کشت موجب کاهش مقدار سدیم خاک و افزایش درصد بادام زمینی در کشت مخلوط منجر به افزایش مقدار فسفر خاک گردید. تأثیر الگوهای کشت مخلوط در افزایش میزان رطوبت حجمی خاک به میزان 20/78 درصد و تشعشع فعال فتوسنتزی 77/17 درصد قابل توجه بود. بیشترین مقدار عملکرد ذرت (17/3 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و بیشترین عملکرد بادام زمینی (15/5 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان به دست آمد. نسبت برابری زمین در همه الگوهای مخلوط بیشتر از یک بود و بیشترین میزان نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن استفاده ورمی کمپوست در هکتار به دست آمد که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی بود.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، عملکرد اقتصادی، کربن خاک، نسبت برابری زمین

مقدمه

طراحی الگوهای کاشت در پایدارسازی اکوسیستم‌های کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها کاربرد دارد. در طراحی الگوهای کاشت باید سیستم مورد طراحی از جنبه‌های اکولوژیک، پتانسیل تولید، انطباق فرهنگی با دانش بومی و نیازمندی‌های منطقه‌ای و تضمین سود اقتصادی مورد تحلیل قرار گیرد تا اطلاعات اولیه برای طراحی و

1. 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری اکرواکولوژی، دانشیار، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه زابل
(*)- نویسنده مسئول:
(Email: dahmard@gmail.com)

آزمون الگوهای برتر فراهم شود (Kamkar et al., 2011). در مرحله بعد، مدیریت یک بوم‌نظام در کشاورزی پایدار مستلزم ایجاد تغییراتی در نظام‌های رایج کشاورزی شامل افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، جایگزینی نهاده‌های تجدیدنپذیر و زیان‌بار با نهاده‌ها و عملیات بوم-سازگار و در نهایت طراحی مجدد نظام‌های کشاورزی بر اساس اصول بوم‌شناختی می‌باشد. کشت مخلوط یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد که ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام می‌شود (Zhang & Li, 2003). در نظام‌های رایج کاشت مستمر گیاهان و استفاده از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزین مناسب باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است (Malakouti, 1997) در نتیجه برای حل این مشکل استفاده از کودهای آلی در راستای کشاورزی پایدار توصیه می‌شود (Mirzaei et al., 2009; Jeybal & Kupposwany, 2001). با توجه به این که ثبات در آینده تولید محصول به‌شدت وابسته به بهبود شرایط حاصلخیزی خاک از طریق اعمال مدیریت‌های مبتنی بر روش‌های بی‌خطر از نظر محیطی خواهد بود (Singh et al., 2004). استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، کود حیوانی، کودهای زیستی نیتروژن و فسفردار در نظام‌های کشاورزی پایدار مورد توجه هستند. این کودها باعث اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک از جمله افزایش کربن آلی، پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم قابل دسترس گیاه، ظرفیت نگهداری آب و همچنین خصوصیات بیولوژیک خاک می‌شوند (Berecz et al., 2005; Courtney & Mullen, 2008; Manivannan et al., 2009; Melero et al., 2006; Odlare et al., 2008).

ورمی‌کمپوست به عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است و دارای ویژگی‌های بسیاری مانند تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، قدرت جذب و نگهداری رطوبت، سطح جذب زیاد برای آب و مواد غذایی است (Claudio et al., 2009; Raja Sekar & Karmegam, 2010). همچنین وجود یک گراس همراه با یک لگوم در حفاظت خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند (Gustave et al., 2008). از همین رو در سیستم مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) مقدار کربن آلی، نیتروژن، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک بعد از برداشت محصول تحت تأثیر سیستم کاشت قرار

گرفت و افزایش و کاهش هر عنصر با توجه به درصد حضور گیاه در سیستم و تفاوت ساختار مورفولوژیکی دو گیاه متغیر بود (Rajaii & Dahmardeh, 2014). همچنین نتایج مدل‌سازی کشت مخلوط چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) بر اساس درصدهای مختلف گیاهان نشان داد که افزایش میزان سطح زیر کشت چای‌ترش، اثر منفی بر خواص خاک داشته و نیز افزایش سطح زیر کشت ماش نسبت به چای‌ترش اثر مثبت بر مقدار نیتروژن و کربن داشت (Dahmardeh & Hodiani, 2016). جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله فسفر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) (Chowdhury & Rosario, 1994) و پتاسیم در کشت مخلوط ذرت و نخود (*Cicer arietinum* L.) (Dalal, 1974)، پتاسیم و فسفر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) (Dahmardeh et al., 2010) توسط محققین گزارش شده است. در مقایسه با تک‌کشتی کشت مخلوط با استفاده بهینه از آب، عناصر غذایی و انرژی خورشید، عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Li et al., 2004; Zhang et al., 2003). برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است در اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد و وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط علت این کارآمدی است (Pandita et al., 2000). با توجه به اهمیت الگوی کشت مناسب و تعیین سیستم تغذیه بهینه در سیستم‌های کشاورزی، هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر گیاهان مجاور هم (شامل گاوزبان، ... و کوددهی بر تغییرات عناصر غذایی، افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی و عملکرد گیاهان و در نهایت، معرفی بهترین الگوی کشت در صفات مورد بررسی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین بهترین الگوی کشت و اثر ورمی‌کمپوست در کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان آزمایشی در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی 94-1393 (واقع در 35 کیلومتری جنوب شرق زابل با طول جغرافیایی 61 درجه و 41 دقیقه شرقی و 30 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی و ارتفاع 481 متر از سطح دریا) انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای

دستگاه تشعشع سنج، دماسنج خاک و رینگ استوانه‌ای اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی در روز آفتابی در ظهر خورشیدی ساعت 12/30 ظهر تا 13/30 انجام گرفت. به این منظور میزان نور در بالای تاج پوشش و سطح خاک در چند نقطه درون هر کرت با استفاده از تشعشع سنج مدل (Solar Power Meter TES-1333R) به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. مقدار نهایی PAR جذب شده از نسبت تشعشع جذب شده به وسیله گیاهان در پایین کانوپی به تشعشع رسیده به بالای کانوپی طبق معادله 1 محاسبه شد (Bantilan et al., 1976).

$$\% PAR = \left[1 - \left(\frac{PAR_b}{PAR_a} \right) \right] \times 100 \quad \text{معادله (1)}$$

PAR_b: نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج پوشش، PAR_a: نور فعال فتوسنتزی در بالای تاج پوشش
دمای خاک در عمق 0-15 سانتی‌متری در چند نقطه بین ردیف-های گیاهان در ظهر خورشیدی توسط دماسنج خاک اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد. از آنجایی که انتظار می‌رفت تعادل آب خاک تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گیرد محتوای آب خاک در عمق 0-20 سانتی‌متر توسط رینگ استوانه‌ای اندازه‌گیری و طبق معادله 2 محاسبه گردید.

$$Q_t = V_m / V_t \quad \text{معادله (2)}$$

Q_t: درصد رطوبت حجمی، V_m: حجم آب خاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک)، V_t: حجم کل نمونه خاک (100 سانتی‌متر مکعب). قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش در چند نقطه انجام شد. نتایج تجزیه شیمیایی خصوصیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است.

آزمایش شامل ورمی کمپوست به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح؛ عدم کاربرد کود، 2/5 و 5 تن در هکتار و الگوی کشت به‌عنوان عامل فرعی در 9 سطح شامل؛ کشت خالص ذرت، بادام زمینی و گاوزبان اروپایی، 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان، 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان، 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان بود. عملیات کاشت سه گیاه به‌صورت همزمان در اواخر اسفند ماه بر روی 6 ردیف با طول 3 متر و فاصله 50 سانتی‌متر انجام شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت با توجه به درصد اختلاط گیاه و نوع سری افزایشی و جایگزینی در مخلوط تعیین شد. ورمی کمپوست همزمان با کاشت روی ردیف‌ها به‌صورت نواری با خاک مخلوط گردید. تمام تیمارها به‌صورت یک ردیف ذرت، یک ردیف بادام زمینی و یک ردیف گاوزبان کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاهان انجام شد. در طول دوره رشد از هیچ گونه ماده شیمیایی از جمله کودها و سموم استفاده نشد و جهت کنترل علف‌های هرز وجین دستی در چند مرحله انجام شد. ارقام مورد استفاده در این آزمایش ذرت سینگل کراس 260 با دوره رشد 105 تا 115 روز، بادام زمینی رقم گلی با دوره رشد 210-180 روز و گاوزبان اروپایی با دوره رشد 110-100 روز بود. جهت محاسبه عملکرد پس از حذف اثر حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت برداشت ذرت و بادام زمینی در یک مرحله و گاوزبان در سه مرحله انجام شد. میزان تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمی خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط در زمان بسته شدن کانوپی توسط سه گیاه با استفاده از

جدول 1- خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Chemical properties of soil of experimental place

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن (درصد)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)
pH	EC (dS.m ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	C (%)	K (mg.kg ⁻¹)	Na (m.eq.Lit ⁻¹)
8.12	1.8	8	0.029	0.31	110	12.5

والکی و بلاک (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن از روش کج‌دال (Kjeldahl, 1883)، فسفر در عصاره حاصل از روش اولسن و همکاران (Olsen et al., 1954) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، سدیم محلول در عصاره اشباع و پتاسیم تبادل‌پذیر

جهت تعیین مقادیر عناصر غذایی خاک بعد از برداشت محصول از عمق 0-30 سانتی‌متری خاک در محل هر گیاه نمونه خاک تهیه و در هوای آزاد خشک گردید و سپس کوبیده و برای انجام آزمایش‌های شیمیایی از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. کربن آلی به روش

استات آمونیوم یک نرمال به‌روش شعله سنجی با دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری و مقدار هر یک از عناصر محاسبه شد.

جهت ارزیابی کشت مخلوط شاخص نسبت برابری زمین¹ (LER) بر اساس عملکرد اقتصادی طبق معادله 3 محاسبه شد (Gliessman, 1997).

$$LER = Y_{pi} / Y_{mi} \quad (3)$$

که در این معادله؛ Y_{pi} : عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط و Y_{mi} : عملکرد هر گیاه در کشت خالص بود. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 تجزیه شده و در صورت معنی‌دار شدن اثر عامل آزمایشی برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار کربن خاک

مقدار کربن موجود در خاک پس از برداشت محصول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کشت و مصرف ورمی‌کمپوست قرار گرفت (جدول 2). همان گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود برهمکنش الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر مقدار کربن خاک معنی‌دار بود. در بررسی الگوهای کشت مخلوط، الگوی کشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار بیشترین مقدار کربن آلی (0/41 درصد) را نشان داد. کمترین مقدار کربن خاک در الگوی مخلوط 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم کاربرد کود (0/30 درصد) مشاهده گردید (جدول 3).

با افزایش سهم بادام زمینی تا 50 درصد در الگوی کشت، مقدار کربن خاک نیز افزایش یافت و در الگویی که کمترین نسبت اختلاط بادام زمینی را داشت مقدار این عنصر کاهش یافت. ذرت یک گیاه کربنه است که نیاز آن به مواد غذایی زیاد است و با این سیستم انتقال در کشت مخلوط رقابت بین گونه‌ای در جذب عناصر غذایی کاهش یافته است. در مجموع افزایش میزان کود تا 5 تن در هکتار منجر به افزایش مقدار کربن خاک شد.

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر الگوهای افزایشی کاشت

مخلوط بر مقدار کربن خاک بود. در مناطق خشک کمبود مواد آلی متداول است، بنابراین حضور توأم گیاه تثبیت‌کننده و مصرف کود آلی موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردد. کربن آلی تقریباً 50 درصد از ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد که علاوه بر نقشی که در افزایش حاصلخیزی خاک دارد با جلوگیری از فرسایش خاک تأثیر به‌سزایی در حفاظت خاک به‌ویژه در مناطق خشک و بادخیز دارد. مقایسه تأثیر تک‌کشتی گیاهان بر مقدار کربن در آزمایشات نشان‌دهنده مقدار بیشتر کربن خاک در تک‌کشتی ذرت بود که می‌تواند به‌دلیل دوره رشد کمتر، ریشه‌های سطحی و قدرت رقابت بیشتر ذرت نسبت به بادام زمینی در ابتدای فصل رشد در استفاده مؤثر از منابع غذایی باشد. از این رو الگوی ریشه‌دهی متفاوت گیاهان در جذب عناصر غذایی از خاک با وجود توزیع متفاوت یون‌ها در پروفیل خاک تأثیر گذار است (Furbank & badger, 1983). میزان مواد معدنی در لگوم‌ها بیشتر از غلات است و طبق آزمایشات انجام شده جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافته است (Ofari & Stern, 1987).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار فسفر خاک

همان گونه که در جدول 2 مشاهده می‌شود اثر الگوی کشت و مصرف ورمی‌کمپوست بر مقدار فسفر خاک معنی‌دار بود. برهمکنش این دو تیمار نیز تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری بر مقدار فسفر نشان داد. بیشترین مقدار فسفر خاک در کشت خالص بادام زمینی و کاربرد 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار (8/70 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار آن در کشت خالص همین گیاه در شرایط عدم استفاده از کود (4/20 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول 3). این موضوع نشان‌دهنده تأثیر بادام زمینی بر میزان فسفر خاک در کشت مخلوط و در عین حال تأثیر بیشتر مصرف کود در مقایسه با الگوهای کشت بود. ورمی-کمپوست با تسهیل فعل و انفعالات ریشه در تغذیه خاک‌های فقیر و اگرواکوسیستم‌های کم‌نهاد نقش مهمی در رشد گیاه ایفا می‌کند (Nielsen & Jensen, 2005).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقدار عناصر خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، گاوزبان، بادام زمینی و سطوح

ورمی کمپوست

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on soil nutrients in intercropping patterns of corn, borage, peanut and levels of vermicompost

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کربن C	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	سدیم Na
بلوک Block	2	0.0002	3.35	0.000002	3586.13	3.33
ورمی کمپوست Vermicompost	2	0.0215**	28.67*	0.0001**	782.92*	35.57**
خطای اصلی Error (a)	4	0.0008	2.19	0.000007	72.89	1.85
الگوی کاشت Intercropping pattern	8	0.0074**	1.25**	0.00005**	204.70**	99.86**
اثر متقابل ورمی کمپوست × الگوی کاشت Vermicompost × intercropping pattern	16	0.0026**	2.09**	0.00001**	331.73**	54.75**
خطای فرعی Error (b)	48	0.0007	0.45	0.000004	20.67	2.15
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	7.26	11.15	6.99	4.50	10.89

ns, ** و *: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, ** and *: non significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین عناصر خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی، گاوزبان، بادام زمینی و سطوح ورمی کمپوست

Table 3- Mean comparisons of soil nutrients in intercropping patterns of corn, peanut and borage and levels of vermicompost

ورمی کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost (t.ha ⁻¹)	الگوی کشت مخلوط Planting pattern	کربن (درصد) C (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر) Na (meq.Lit ⁻¹)
0	M ₁	0.313 ^{hi} *	5.30 ^{efgh}	0.027 ^{hi}	90.00 ^{cd}	8.250 ^m
	M ₂	0.330 ^{ghi}	4.20 ^h	0.028 ^{ghi}	85.00 ^d	19.750 ^{bc}
	M ₃	0.330 ^{ghi}	5.40 ^{efgh}	0.028 ^{ghi}	85.00 ^d	13.250 ^{fg}
	M ₄	0.355 ^{efghi}	4.80 ^{gh}	0.030 ^{efghi}	97.33 ^{cd}	11.867 ^{ghi}
	M ₅	0.360 ^{defgh}	5.60 ^{defgh}	0.031 ^{efghi}	103.17 ^{abcd}	19.940 ^{bc}
	M ₆	0.330 ^{ghi}	5.36 ^{efgh}	0.028 ^{ghi}	92.50 ^{cd}	20.640 ^b
	M ₇	0.330 ^{ghi}	4.566 ^{gh}	0.029 ^{ghi}	107.00 ^{abcd}	16.360 ^{de}
	M ₈	0.306 ⁱ	4.450 ^{gh}	0.027 ⁱ	96.83 ^{cd}	13.250 ^{fg}
	M ₉	0.336 ^{ghi}	5.333 ^{efgh}	0.029 ^{ghi}	100.17 ^{cd}	8.200 ^{lm}
2.5	M ₁	0.430 ^b	5.900 ^{defgh}	0.037 ^b	126.50 ^{ab}	12.250 ^{ghi}
	M ₂	0.350 ^{efghi}	4.800 ^{gh}	0.030 ^{ghi}	97.50 ^{cd}	9.250 ^{klm}
	M ₃	0.400 ^{bcd}	6.500 ^{bcd}	0.034 ^{bcd}	85.00 ^d	8.500 ^{lm}
	M ₄	0.357 ^{defghi}	5.167 ^{efgh}	0.031 ^{efghi}	95.00 ^{cd}	10.667 ^{ghijkl}
	M ₅	0.380 ^{bcd}	6.400 ^{cd}	0.033 ^{cd}	104.17 ^{abcd}	24.600 ^a
	M ₆	0.353 ^{efghi}	7.433 ^{abc}	0.031 ^{efghi}	106.67 ^{abcd}	21.173 ^b
	M ₇	0.410 ^{bc}	7.266 ^{abc}	0.035 ^{bcd}	102.50 ^{bcd}	16.033 ^{de}
	M ₈	0.318 ^{hi}	5.533 ^{efgh}	0.027 ⁱ	95.00 ^{cd}	9.950 ^{ijklm}
	M ₉	0.406 ^{bcd}	6.233 ^{cd}	0.035 ^{bcd}	99.17 ^{cd}	9.033 ^{klm}
5	M ₁	0.493 ^a	6.300 ^{cd}	0.043 ^a	112.50 ^{abc}	7.450 ^m
	M ₂	0.340 ^{efghi}	8.700 ^a	0.029 ^{ghi}	97.50 ^{cd}	12.750 ^{gh}
	M ₃	0.383 ^{bcd}	5.900 ^{defgh}	0.033 ^{cd}	127.00 ^a	9.450 ^{klm}
	M ₄	0.393 ^{bcd}	6.600 ^{bcd}	0.034 ^{bcd}	108.33 ^{abcd}	10.117 ^{hijklm}
	M ₅	0.417 ^b	6.766 ^{bcd}	0.036 ^b	99.17 ^{cd}	10.450 ^{hijkl}
	M ₆	0.358 ^{defghi}	7.200 ^{cd}	0.031 ^{efghi}	109.00 ^{abcd}	14.083 ^{ef}
	M ₇	0.363 ^{defgh}	6.666 ^{bcd}	0.031 ^{defgh}	105.67 ^{abcd}	11.570 ^{ghijk}
	M ₈	0.312 ^{hi}	7.333 ^{abc}	0.027 ⁱ	101.17 ^{cd}	17.433 ^{cd}
	M ₉	0.395 ^{bcd}	8.066 ^{ab}	0.034 ^{bcd}	93.33 ^{cd}	17.543 ^{cd}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

*In each column, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

M₁: کشت خالص ذرت، M₂: کشت خالص بادام زمینی، M₃: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M₄: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₅: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₆: 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₇: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₈: 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₉: 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گل گاوزبان اروپایی.
M₁: Sole crop corn, M₂: Sole crop peanut, M₃: Sole crop borage, M₄: 50% corn + 25% peanut + 25% borage, M₅: 100% corn + 50% peanut + 50% borage, M₆: 40% corn + 30% peanut + 30% borage, M₇: 100% corn, 75% peanut + 25% borage, M₈: 60% corn + 20% peanut + 20% borage, M₉: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

در تأیید این نظریه در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی نتایج نشان داد که محیط ریزوسفر توسط ریشه گیاهان اصلاح شده که این تغییر میزان فسفر خاک را بهبود بخشیده و در دسترس بودن عناصر را نیز فراهم آورد که شاید یکی از دلایل آن فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز از ریشه بادام زمینی و انتشار فیتوسیدروفرا از ریشه ذرت بوده علاوه بر این بهبود فعالیت اسید فسفاتاز خاک ممکن است مسئول افزایش تغذیه فسفر گیاهان در سیستم مخلوط باشد (Inal et al., 2007). در بررسی برهمکنش الگوی کشت و ورمی کمپوست در بین الگوهای کشت مخلوط بیشترین و کمترین مقدار فسفر به‌ترتیب در الگوی 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن کود در هکتار ($8/06 \text{ mg.kg}^{-1}$) و 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم کاربرد کود ($4/45 \text{ mg.kg}^{-1}$) مشاهده شد (جدول 3). تأثیر مثبت لگوم در کشت مخلوط موجب افزایش میزان فسفر خاک شده است که به‌دلیل سیستم ریشه‌ای متفاوت سه گیاه و میزان رقابت بر سر جذب منابع غذایی می‌باشد. در تأیید نتایج این تحقیق لوپین در جذب فسفر توسط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (Ae et al., 1990) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در جذب فسفر توسط ذرت (*Zea mays* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) مشارکت داشته‌اند (Li et al., 2003; et al., 2004) احتمالاً تأثیر آن‌ها در انتشار فسفر مربوط به فعال شدن آنزیم‌ها به عنوان مثال اسید فسفاتاز و ترشحات کربوکسیلاتی ریشه بوده که منجر به بهبود حالیت و جذب فسفر ریزوسفر شده است. ریشه‌های گیاه آنزیم‌های فسفاتاز و فیتاز و کربوکسیلات در شرایط تنش فسفر ترشح می‌کنند. افزایش معنی‌دار ترشح اسید فسفاتاز از ریشه در شرایط کمبود در مخلوط گیاهان لوپین و ذرت و ذرت و نخود نشان داده شده است. (Neumann & Mheld, 1999; Rengel, 2002). گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) تثبیت نیتروژن H^+ به محیط ریزوسفر ترشح می‌کند. اسیدی شدن محیط ریشه، حالیت فسفر در خاک قلیایی را بالا می‌برد و متعاقباً جذب فسفر توسط ذرت افزایش می‌یابد (Li et al., 2005).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار نیتروژن خاک

با اندازه‌گیری مقدار نیتروژن موجود در خاک و مقایسه میانگین

ترکیب‌های تیماری مختلف مشخص شد که بین الگوی کشت و ورمی کمپوست و اثر متقابل این دو در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول 2). بیشترین مقدار نیتروژن خاک (0/04 درصد) در تک‌کشتی ذرت و کاربرد پنج تن ورمی کمپوست در هکتار به‌دست آمد که با توجه به این که نیاز ذرت به نیتروژن زیاد است کود آلی توانسته است با تأمین نیازهای گیاه موجب افزایش مقدار نیتروژن پس از برداشت ذرت شود (جدول 3). در مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط، الگوی 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان با مصرف 5 تن ورمی کمپوست بیشترین (0/036 درصد) و الگوی مخلوط 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم مصرف ورمی کمپوست کمترین مقدار نیتروژن (0/027 درصد) خاک را دارا بود (جدول 3). در میان عناصر غذایی، نیتروژن نقش بسیار مهمی در قابلیت رقابت گیاهان دارد (Hashem et al., 2000) که با افزایش سهم بادام زمینی در الگو مقدار نیتروژن خاک افزایش یافت. طبق اصل مساعدت در کشت مخلوط گاوزبان و ذرت با دوره رشد کمتر به‌خوبی توانستند از کشت توأم با بادام زمینی در مخلوط بهره‌مند شوند و در همین راستا پژوهشگران گزارش کردند که یک سیستم انتقال نیتروژن از لگوم به غله در کشت مخلوط وجود دارد (Karpenstein-Machan & Stuelpnagel, 2000). بنابراین، بادام زمینی با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نیاز خود را تأمین کرده و در نتیجه نیتروژن بیشتری برای ذرت و گاوزبان در دسترس خواهد بود. در بررسی کشت مخلوط گراس با لگوم‌ها محققان گزارش کردند هنگامی که ذرت به‌صورت خالص کشت شد، میزان نیتروژن خاک پس از برداشت 0/19 درصد بود در حالی که در کشت مخلوط ذرت با سویا (*Glycine max* L.) و ذرت با لوبیا معمولی و بادام زمینی مقدار نیتروژن خاک به ترتیب 0/23 و 0/22 درصد بود (Nzabi et al., 1999). بقولات سبب افزایش نیتروژن خاک شده و با دارا بودن ریشه‌های عمیق‌تر همراه با گندمیان آب و عناصر غذایی را از لایه‌های مختلف خاک به‌صورت متعادل‌تری جذب می‌کنند (Berdhal et al., 2001). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که بیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سری‌های افزایش و جایگزینی مخلوط از تیمار 100 درصد ذرت + 100 درصد لوبیا چشم بلبلی بدست آمد که به دلیل افزایش نسبت لگوم در مخلوط و اثرات مثبت آن در خاک بود

حفظ نسبت سطح پتاسیم به سدیم درون سلولی گیاه در مواجهه با شوری است (Zhu, 2003). همچنین گونه گیاهان مختلف توانایی متفاوت در خارج نمودن پتاسیم از خاک دارند و این تفاوت بین گراس و لگوم قابل توجه است و در شرایط یکسان گراس‌ها توانایی بیشتری در خروج پتاسیم در مقایسه با لگوم‌ها دارند (Srinivasarao et al., 2000).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار سدیم خاک

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود اثر ورمی کمپوست و الگوی کشت و بر همکنش آن‌ها بر مقدار سدیم خاک معنی‌داری بود. در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط کمترین مقدار سدیم خاک ($8/2 \text{ meq.L}^{-1}$) در تیمار 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و عدم استفاده از کود و بیشترین مقدار سدیم ($24/6 \text{ meq.L}^{-1}$) در الگوی کشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و مصرف 2/5 تن کود در هکتار مشاهده شد (جدول 3). افزایش سهم گاوزبان موجب کاهش سدیم خاک شد. در تأیید این نتیجه محققان در بررسی میزان تحمل به شوری و جذب املاح در گاوزبان گزارش کردند که با توجه به عدم تأثیر شوری بر وزن خشک و سایر پارامترهای گیاه و با توجه به محتوای بالای سدیم، کلر و خاکستر کل در بافت گیاهی و همچنین کاهش محتوای یون-های سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک، می‌توان گفت گاوزبان گیاهی مقاوم به شوری بوده که قادر به جذب این یون‌ها از خاک می‌باشد و می‌توان از این گیاه برای خارج ساختن این یون‌ها از خاک و اصلاح خاک‌های شور و قلیا استفاده کرد (Makkizadeh et al., 2008). همچنین گزارش شده متوسط مقدار سدیم و کلر خارج شده از خاک به ترتیب 470 و 770 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که با مقایسه غلظت سدیم محلول در خاک مزرعه به‌طور متوسط در عمق صفر تا 30 سانتی‌متر (200 میلی‌گرم بر کیلوگرم) با غلظت سدیم بافت‌های گیاه (40200 میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌توان گفت جذب سدیم توسط گیاه گاوزبان به صورت فعال صورت گرفته است و به‌نظر می‌رسد گاوزبان از طریق تجمع سدیم و کلر در بافت خود قادر است با شوری مقابله کند (Khodashenas, 1996). نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ورمی کمپوست تا پنج تن در هکتار مقدار سدیم خاک افزایش یافت که با توجه به نتایج اگر چه ورمی کمپوست حاصلخیزی

(Dahmardeh et al., 2010). همچنین در دو سال زراعی در بین الگوهای مختلف، کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارایی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بودند (عزیزی و همکاران، 1394).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار پتاسیم خاک

از نظر آماری تیمار ورمی کمپوست و الگوی کشت و بر همکنش آن‌ها بر مقدار پتاسیم خاک تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول 2). همان گونه که در جدول 3 قابل مشاهده است، بیشترین (mg.kg^{-1}) و کمترین (85 mg.kg^{-1}) مقدار پتاسیم خاک در تک‌کشتی گاوزبان و به ترتیب با مصرف 5 و 2/5 تن ورمی کمپوست در هکتار به‌دست آمد. با توجه به مقدار بالای سدیم موجود در بافت گیاهی گاوزبان و وجود اثر آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم (He & Cramer, 1993; Chhipa & Lal, 1992) می‌توان گفت این گیاه پس از جذب سدیم خاک و ذخیره در اندام‌های خود قادر به جذب پتاسیم نمی‌باشد. همان‌گونه که در تحقیقی بر روی گاوزبان نتایج نشان داد مقدار پتاسیم خاک از 4/76 میلی‌اکی‌الانت در لیتر قبل از کشت به 3/53 میلی‌اکی‌الانت در لیتر بعد از کشت کاهش یافت (Makkizadeh tafti et al., 2008). در این آزمایش ورمی کمپوست مقدار پتاسیم مورد نیاز گیاه و قابلیت جذب آن را افزایش داد به‌عبارت دیگر با اضافه کردن کود تا پنج تن در هکتار مقدار پتاسیم خاک در تک‌کشتی گاوزبان در مقایسه با عدم مصرف کود اختلاف معنی‌داری داشت. کشت مخلوط گیاهان به‌صورت جایگزینی و درصد اختلاط نزدیک به هم منجر به کاهش رقابت بر سر جذب پتاسیم گردید در حالی که افزایش رقابت درون گونه‌ای در تک‌کشتی بادام زمینی موجب کاهش مقدار پتاسیم شد. طبق یافته‌های محققان بین توانایی گونه‌های گیاهی در حفظ سطح پتاسیم و تحمل آن‌ها به غلظت‌های بالاتر شوری ارتباط مثبتی وجود دارد (Storey & Wyn Jones, 1978) از این رو، احتمالاً در الگوهای افزایشی میزان پتاسیم بیشتری توسط ذرت جذب شده است و به دلیل تبخیر بالا در منطقه میزان سدیم در الگوهای جایگزینی قابل توجه بود، چرا که در الگوهای جایگزینی میزان سطح پوشش خاک نسبت به الگوهای افزایش کمتر بود. در گونه‌های متحمل گیاهان، در شرایط افزایش شوری جذب انتخابی پتاسیم افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده سازوکار گیاهان در

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و ورمی کمپوست بر عملکرد اقتصادی ذرت، بادام زمینی و گاوزبان
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت، ورمی کمپوست و برهمکنش این دو فاکتور بر عملکرد ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4).

خاک را از طریق بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک افزایش داده و موجب بهبود رشد گیاه می‌شود، اما استفاده از آن در غلظت‌های بالا با توجه به غلظت بالای نمک محلول موجود در آن می‌تواند رشد گیاه را مختل سازد (Lim et al., 2014). در بررسی اثر کود می‌توان گفت کاربرد 2/5 تن ورمی کمپوست در هکتار نتیجه بهتری بر میزان سدیم خاک داشته است.

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد اقتصادی ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در الگوهای مختلف کشت مخلوط و سطوح ورمی-کمپوست

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of economic yield of corn, peanut and borage in intercropping patterns and levels of vermicompost

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد اقتصادی Economic yield		
		ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	گاوزبان Borage
بلوک Block	2	1.475	5.967	0.001
ورمی کمپوست Vermicompost	2	9.198*	18.929**	1.687**
خطای اصلی Error (a)	4	0.707	0.288	0.028
الگوی کشت intercropping pattern	6	211.366**	53.106**	3.697**
ورمی کمپوست × الگو کشت Vermicompost × intercropping pattern	12	13.221 **	25.491**	0.601**
خطای فرعی Error (b)	36	1.297	1.184	0.015
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.00	16.52	10.32

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **: Non significant and significant at $p \leq 0.01$, respectively.

بادام زمینی رقیب قوی‌تری برای ذرت نسبت به گاوزبان بود و با توجه با افزایش رقابت بین گونه‌ای در الگوی افزایشی کاهش نسبت اختلاط بادام زمینی موجب حصول حداکثر عملکرد ذرت گردید. همچنین در تمام تیمارهای مورد بررسی عملکرد ذرت در الگوهای افزایشی بیشتر از الگوهای جایگزینی بود که به دلیل افزایش تراکم ذرت در واحد سطح و استفاده بهینه از نور و رطوبت بود. محققان گزارش کردند که الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی از نظر مجموع عملکرد دو گونه گیاهی بر الگوهای تک کشتی این گیاهان برتری داشت (Ahmad et al., 2008) در بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) و زعفران (*Crocus sativus* L.) نتایج نشان داد که مرزنجوش با سایه‌اندازی

بیشترین مقدار عملکرد ذرت (17/3 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن در هکتار کود، کمترین مقدار (3/5 تن در هکتار) در الگوی 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان و عدم مصرف کود مشاهده شد (جدول 5). نقش اختلافات مورفولوژیک سه گیاه در تعیین عملکرد حائز اهمیت بود، به طوری که ذرت با ارتفاع بیشتر به خوبی می‌تواند از میزان تشعشع خورشیدی بالای کانوپی استفاده کند، از همین رو در طراحی الگوهای افزایشی نسبت اختلاط آن 100 درصد در نظر گرفته شد که موجب افزایش رقابت بین گونه‌ای به نفع ذرت در بهره برداری از نور خورشید و حصول حداکثر عملکرد شد.

بر سطح خاک و مساعدتر نمودن شرایط محیطی برای رشد بنه باعث بهبود تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران شد (Koocheki et al., 2010). بیشترین مقدار عملکرد بادام زمینی (15/5 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و تیمار مصرف 2/5 تن ورمی کمپوست در هکتار و کمترین مقدار (2/1 تن در هکتار) در الگوی 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن کود در هکتار بدست آمد (جدول 5).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان و سطوح ورمی کمپوست بر عملکرد اقتصادی و نسبت

برابری زمین

Table 5- Mean comparisons of intercropping patterns corn, peanut and borage and levels of vermicompost on economic yield and land equivalent ratio

ورمی کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost (t.ha ⁻¹)	الگوی کشت مخلوط Planting pattern	عملکرد اقتصادی (تن بر هکتار) Economic yield (t.ha ⁻¹)			نسبت برابری زمین land equivalent ratio
		ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	گاوزبان Borage	
0	M ₁	5.60 ^{fg} *	6.66 ^{de}	1.61 ^b	-
	M ₂	9.32 ^e	4.20 ^{fg}	0.97 ^c	2.47 ^{ij}
	M ₃	17.19 ^a	4.15 ^{fg}	0.64 ^{de}	3.303 ^{fg}
	M ₄	3.56 ^h	2.62 ^{hi}	1.06 ^c	1.52 ^l
	M ₅	17.37 ^a	8.99 ^{bc}	0.47 ^{ef}	3.96 ^{de}
	M ₆	5.86 ^{fg}	7.05 ^{de}	0.23 ^g	1.99 ^k
	M ₇	17.37 ^a	9.44 ^{bc}	1.41 ^b	4.60 ^{bc}
2.5	M ₁	6.97 ^f	8.32 ^{cd}	1.40 ^b	-
	M ₂	9.50 ^e	4.17 ^{fg}	0.75 ^d	3.07 ^{hi}
	M ₃	13.57 ^{bc}	10.51 ^b	1.45 ^b	4.33 ^e
	M ₄	5.26 ^{gh}	5.57 ^{efg}	0.66 ^{de}	2.59 ^j
	M ₅	14.39 ^b	15.51 ^a	0.68 ^{de}	5.14 ^{bc}
	M ₆	5.85 ^{fg}	5.72 ^{efg}	0.66 ^{de}	2.81 ^{ij}
	M ₇	11.72 ^{cd}	3.86 ^{ghi}	2.58 ^a	3.35 ^{gh}
5	M ₁	4.97 ^{gh}	3.92 ^{gh}	2.6827 ^a	-
	M ₂	9.35 ^e	6.44 ^{de}	0.30 ^{fg}	3.09 ^{gh}
	M ₃	10.97 ^{de}	10.80 ^b	1.17 ^c	4.77 ^b
	M ₄	4.41 ^{gh}	6.11 ^{ef}	1.57 ^b	2.79 ^{hi}
	M ₅	17.06 ^a	9.19 ^{bc}	1.43 ^b	5.33 ^a
	M ₆	9.63 ^e	2.10 ⁱ	0.54 ^d	2.11 ^{kj}
	M ₇	17.32 ^a	2.82 ^{hi}	2.67 ^a	4.23 ^{cd}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha = 0.05$).

M₁: کشت خالص ذرت، M₂: کشت خالص بادام زمینی، M₃: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M₄: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₅: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₆: 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₇: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₈: 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₉: 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گل گاوزبان اروپایی

M₁: Sole crop, M₂: 50% corn + 25% peanut + 25% borage, M₃: 100% corn + 50% peanut + 50% borage, M₄: 40% corn + 30% peanut + 30% borage, M₅: 100% corn, 75% peanut + 25% borage, M₆: 60% corn + 20% peanut + 20% borage, M₇: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

گیاه ایجاد آشیان مطلوب کرده و موجب بهبود توسعه و رشد آن شد. بادام زمینی تا زمان تشکیل گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از ذخایر غذایی خاک بهره برده، اما پس از تشکیل گره‌ها جذب کمتری از خاک خواهد داشت. بنابراین مصرف 2/5 تن ورمی کمپوست در هکتار بهترین نتیجه را در عملکرد این گیاه نشان داد. بیشترین عملکرد

مقایسه میان الگوهای افزایشی و جایگزینی مخلوط نشان داد که افزایش عملکرد بادام زمینی رابطه مستقیم با افزایش نسبت اختلاط بادام زمینی در الگو داشت. با توجه به این که طول دوره رشد بادام زمینی 7-8 ماه بود، در ابتدای فصل رشد، کندی داشت و در شرایط گرم و خشک منطقه، افزایش تراکم ذرت در الگو با ایجاد سایه روی

به‌طور میانگین 29 درصد کاسته شد، اما با توجه به تراکم بالاتر سیاهدانه در کشت خالص، عملکرد بالاتر آن در مقایسه با الگوهای مخلوط، طبیعی بود (Rezaei-Chiyaneh, 2016). در پژوهش دیگری بیشترین و کمترین عملکرد گاو زبان در کشت مخلوط با لوبیا در تک‌کشتی و الگوی چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاو زبان به‌دست آمد. کاهش عملکرد در الگوی چهار ردیفی احتمالاً به‌دلیل بالا بودن رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های دو گونه مورد بررسی بود (Koocheki et al., 2012).

اثر کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاو زبان در استفاده از منابع محیطی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوهای کشت مخلوط، ورمی کمپوست و برهمکنش آن‌ها بر تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمی خاک از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 6).

گاو زبان در تک‌کشتی و مصرف 5 تن ورمی کمپوست در هکتار به مقدار (2/6 تن در هکتار) حاصل شد، در حالی که کمترین مقدار عملکرد (0/23 تن در هکتار) در الگوی 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاو زبان در تیمار عدم مصرف ورمی کمپوست مشاهده شد (جدول 5). کاهش درصد حضور گاو زبان در الگوی جایگزینی مخلوط موجب کاهش عملکرد آن نسبت به تک‌کشتی گردید. گاو زبان در کشت خالص با تراکم بیشتر نسبت به الگوهای مخلوط به نحو مؤثرتری از ورمی کمپوست استفاده کرده که موجب فراهمی عناصر مورد نیاز و افزایش فتوسنتز و به تبع آن افزایش درصد گل شد. در تأیید نتایج این تحقیق در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با لوبیا و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بیشترین میزان عملکرد دانه از کشت خالص و کمترین مقدار عملکرد دانه از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به‌دست آمد. به-تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش اثرات تسهیل‌کنندگی سه گونه در کنار یکدیگر در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد سیاهدانه

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک و رطوبت خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت،

بادام زمینی و گاو زبان در سطوح ورمی کمپوست

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) of Photosynthetic active radiation, soil temperature and soil moisture in intercropping patterns of corn, borage and peanut in levels of vermicompost

منابع تغییرات	درجه آزادی	منابع محیطی Environmental resources		
		دمای خاک Soil temperature	رطوبت خاک Soil moisture	تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthesis active radiation
S.O.V	df			
بلوک Block	2	17.13	3.69	60.51
ورمی کمپوست Vermicompost	2	3.38**	27.80**	854.46**
خطای اصلی Error (a)	4	2.45	0.56	49.90
الگوی کشت Intercropping pattern	8	1.87**	281.93**	2402.89**
ورمی کمپوست × الگوی کشت Vermicompost × intercropping pattern	16	0.61**	6.75**	421.80**
خطای فرعی Error (b)	48	0.18	1.80	19.69
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	1.47	9.04	7.074

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **: Non significant and significant at $p \leq 0.01$, respectively.

حداقل دمای خاک (28/16 درجه سانتی گراد) و حداکثر تشعشع فعال (79/04 درصد) در الگوی 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاو زبان و به ترتیب در تیمار عدم کاربرد کود و کاربرد 2/5 تن در هکتار و حداکثر رطوبت خاک (21/43 درصد) در

جدول 7- مقایسه میانگین تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک و رطوبت خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاو زبان و سطوح ورمی کمپوست

Table 7- Mean comparisons of photosynthetic active radiation (%), soil temperature (°C) and soil moisture (%) in intercropping patterns corn, peanut and borage and levels of vermicompost

منابع محیطی Environmental resources				
ورمی کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost (t.ha ⁻¹)	الگوی کشت Planting pattern	دمای خاک (درجه سانتی گراد) Soil temperature (°C)	تشعشع فعال فتوسنتزی (درصد) Photosynthetic active radiation (%)	رطوبت خاک (درصد) Soil moisture (%)
0	M ₁	28.35 ^{hi*}	65.86 ^d	7.15 ^f
	M ₂	28.76 ^{fghi}	50.16 ^e	6.98 ^f
	M ₃	29.07 ^{efgh}	32.92 ^{gh}	7.76 ^f
	M ₄	28.16 ⁱ	72.73 ^{abcd}	19.12 ^{abc}
	M ₅	28.48 ^{ghi}	72.78 ^{abcd}	19.85 ^{ab}
	M ₆	29.68 ^{abcde}	73.84 ^{abcd}	19.40 ^{ab}
	M ₇	29.26 ^{defg}	74.28 ^{abcd}	18.24 ^{bc}
	M ₈	30.50 ^a	72.05 ^{abcd}	19.02 ^{abc}
	M ₉	29.13 ^{efgh}	75.31 ^{abc}	19.58 ^{ab}
2.5	M ₁	29.27 ^{defg}	71.78 ^{abcd}	7.57 ^{fff}
	M ₂	28.80 ^{fghi}	71.94 ^{abcd}	8.02 ^f
	M ₃	29.12 ^{efgh}	7.42 ⁱ	7.82 ^f
	M ₄	29.93 ^{abcde}	79.04 ^a	20.36 ^{ab}
	M ₅	29.55 ^{bcddef}	77.17 ^{ab}	18.74 ^{bc}
	M ₆	30.25 ^{abc}	74.63 ^{abcd}	16.80 ^{cd}
	M ₇	30.16 ^{abc}	74.57 ^{abcd}	14.18 ^e
	M ₈	30.18 ^{abc}	68.04 ^{dc}	14.62 ^{de}
	M ₉	30.31 ^{ab}	72.74 ^{abcd}	15.13 ^{de}
5	M ₁	29.50 ^{bcddef}	29.23 ^h	7.37 ^f
	M ₂	29.90 ^{abcde}	35.82 ^{fgh}	7.08 ^f
	M ₃	29.25 ^{defg}	37.33 ^{fg}	7.51 ^f
	M ₄	29.41 ^{cdef}	70.54 ^{abcd}	18.73 ^{bc}
	M ₅	28.81 ^{fghi}	74.31 ^{abcd}	21.43 ^a
	M ₆	29.52 ^{bcddef}	68.63 ^{bcd}	20.78 ^{ab}
	M ₇	29.21 ^{defg}	76.20 ^{abc}	19.07 ^{abc}
	M ₈	30.20 ^{abc}	43.10 ^{ef}	19.85 ^{ab}
	M ₉	30.01 ^{abcd}	71.00 ^{abcd}	18.63 ^{bc}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*In each column, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

M₁: کشت خالص ذرت، M₂: کشت خالص بادام زمینی، M₃: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M₄: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₅: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₆: 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₇: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₈: 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M₉: 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گل گاوزبان اروپایی

M₁: Sole crop corn, M₂: Sole crop peanut, M₃: Sole crop borage, M₄: 50% corn + 25% peanut + 25% borage, M₅: 100% corn + 50% peanut + 50% borage, M₆: 40% corn + 30% peanut + 30% borage, M₇: 100% corn, 75% peanut + 25% borage, M₈: 60% corn + 20%peanut + 20% borage, M₉: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

تراکم بوته، کیفیت نور رسیده، جهت کاشت و وزش باد روی دمای کانوپی می‌تواند مؤثر باشد (Jaya et al., 2008). در کشت مخلوط ذرت و کلم‌گل (*Brassica oleracea* L.) در تراکم‌های مطلوب به دلیل سایه‌اندازی ذرت دمای کانوپی مخلوط کمتر شده است. در مخلوط تأثیر مثبت بوته‌های دو گونه که افزایش پوشش زمین، حفظ بیشتر رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک باعث افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی شده و دمای کانوپی را نسبت به کشت خالص پایین می‌آورد (Anthony & Rene, 2008). به دلیل اختلافات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین سه گونه گیاهی در طراحی الگوها، کارایی مصرف نور افزایش پیدا می‌کند. هرچه میزان رقابت بین گونه‌ای کمتر باشد به دلیل تفاوت در ارتفاع و نحوه آرایش برگ‌ها میزان نور عبور کرده از لایه‌های کانوپی گیاهان بیشتر خواهد شد، به طوری که ذرت نور رسیده در بالای کانوپی را جذب کرده و احتمالاً با تراکم مطلوب در الگوی جایگزینی اجازه عبور نور به لایه‌های پایین را می‌دهد که در کف کانوپی توسط بادام زمینی و گاو زبان دریافت شده و در مجموع میزان تشعشع فعال بیشتری را جذب خواهند کرد. نتایج محققان بیانگر این مطلب است که اثر متقابل الگوی کشت و نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی معنی دار بود. بیشترین میزان کارایی مصرف نور در کشت مخلوط چهار گونه ارزن (*Panicum miliaceum* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) و زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) با نهاده تغذیه آلی مشاهده شد (Azizi et al., 2015). بیشترین میزان رطوبت در الگوی افزایشی به‌دست آمد. احتمالاً تفاوت در ساختار ریشه سه گیاه و برداشت آب از اعماق متفاوت خاک موجب افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد. گاو زبان و بادام زمینی با ارتفاع کمتر و داشتن شاخ و برگ بیشتر قادر به پوشاندن سطح خاک بوده و نسبت به ذرت به نحو مؤثرتری قادر به حفظ رطوبت خاک بودند. می‌توان گفت، نسبت اختلاط بیشتر این دو گیاه در الگوی افزایشی در مقایسه با الگوهای جایگزینی با کاهش میزان تبخیر و سایه‌اندازی بیشتر موجب افزایش نگهداری آب در خاک گردید. علاوه بر این نقش مصرف پنج تن ورمی کمپوست در این تیمار نشان دهنده تأثیر مثبت آن بر حفظ و نگهداری رطوبت

خاک و کاهش میزان آب مصرفی در شرایط خشک بود. در کشت مخلوط وجود سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت در کاهش هدر روی آب از خاک و افزایش جذب آب و همچنین افزایش تعرق کمک می‌کند. افزایش تعرق باعث ایجاد میکروکلیمای سردتر در مخلوط شده و این باعث می‌شود که پوشش گیاهی بیشتر و دمای خاک سردتر شود و تبخیر از سطح خاک کمتر گردد (Andersen et al., 2005; Innis, 1997). بر اساس نتایج حداقل تشعشع فعال فتوسنتزی (29/23 درصد) در کشت خالص ذرت و کاربرد پنج تن ورمی کمپوست در هکتار مشاهده گردید. حداکثر دمای خاک (30/5 درجه سانتی‌گراد) در الگوی مخلوط 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاو زبان و عدم مصرف کود اندازه‌گیری شد، در حالی که کمترین میزان رطوبت خاک در کشت خالص بادام زمینی (6/987) و عدم مصرف کود به‌دست آمد (جدول 7). در همین رابطه در آزمایشی میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در چندکشتی تأخیری گندم و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) با تغییر ردیف‌های مربوط به هر یک از اجزا در الگوهای مخلوط مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد میزان جذب توسط گندم در الگوهای مخلوط بیشتر از تک‌کشتی گندم بود (Zhang et al., 2008) که نشان‌دهنده میزان کمتر جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در تک‌کشتی و تأییدکننده نتایج این آزمایش بود.

اثر کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاو زبان اروپایی بر نسبت برابری زمین

الگوهای مختلف کشت مخلوط و ورمی کمپوست از نظر نسبت برابری زمین اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول 8). تمام الگوهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک داشتند که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین ($LER = 5/33$) در الگوی کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاو زبان و استفاده پنج تن ورمی کمپوست و کمترین مقدار ($LER = 1/52$) در الگوی 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاو زبان و عدم مصرف ورمی کمپوست به‌دست آمد (جدول 5).

جدول 8- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در سطوح ورمی کمپوست

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of land equivalent ratio in intercropping patterns of corn, borage and peanut in levels of vermicompost

منبع تغییرات	درجه آزادی	نسبت برابری زمین
S.O.V	df	land equivalent ratio
بلوک	2	0.38
Block		
ورمی کمپوست	2	4.07*
Vermicompost		
خطای اصلی	4	0.24
Error (a)		
الگوی کشت	5	11.27**
Intercropping pattern		
ورمی کمپوست × الگوی کشت	10	0.48**
Vermicompost × intercropping pattern		
خطای فرعی	30	0.05
Error (b)		
ضریب تغییرات (درصد)	-	7.67
C.V(%)		

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns, * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر کشت مخلوط و استفاده توأم ورمی کمپوست موجب بهبود میزان عناصر غذایی خاک گردید. کشت همزمان سه گیاه در مخلوط با افزایش مقدار عناصر غذایی خاک و استفاده بهینه از منابع محیطی موجب افزایش کارایی مصرف کود آلی شد همچنین ورمی کمپوست با افزایش فراهمی رطوبت و عناصر غذایی قابل دسترس گیاهان، سبب بهبود عملکرد گیاهان و افزایش ماده آلی خاک گردید. انتخاب الگوی کاشت مناسب ضمن افزایش تنوع در بوم‌نظام-های زراعی در حفاظت و احیای خاک حائز اهمیت است. انتخاب گیاهان و درصد اختلاط مناسب در الگو با توجه به کاهش رقابت بین گونه‌ای و حصول اهداف چندگانه اکولوژیکی، اقتصادی و زراعی میسر است. با توجه به نتایج در مجموع الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد پنج تن ورمی-کمپوست در هکتار با توجه به افزایش مقدار کربن آلی، نیتروژن و میزان رطوبت خاک در شرایط خاک‌های غیر حاصلخیز و مناطق خشک برترین الگوی پژوهش بود.

حداکثر مقدار نسبت برابری زمین در الگو افزایشی به دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر افزایش تراکم گیاهان در افزایش سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی و الگوهای جایگزینی بود. این موضوع را می‌توان به میزان تشعشع خورشیدی بالا در منطقه و نحوه استفاده کارآمد در کشت مخلوط، استفاده از لگوم در مخلوط و استفاده بهینه از منابعی نظیر رطوبت و عناصر غذایی خاک نسبت داد. در تأیید نتایج پژوهش حاضر نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان بیشترین (LER=1/93) نسبت را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط دارا بود که نشان‌دهنده عملکرد بیشتر در مخلوط نسبت به تک‌کشتی و معادل 93 درصد افزایش در بهره‌وری زمین نسبت به کشت خالص سه گونه بود (Rezaei-Chiyaneh, 2016). سودمندی کشت مخلوط در کشت ذرت و لوبیا چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2010)، ماش سبز و چای ترش (Hodyanimehr et al., 2016)، گاوزبان اروپایی و لوبیا (Koochaki et al., 2012)، ذرت و بادام زمینی (Rajaii & dahmardeh, 2014)، ذرت-بادام زمینی و سورگوم-بادام زمینی (Ghosh, 2004)، ذرت و لگوم (Yilmaz et al., 2011) نیز گزارش شده است.

منابع

- Ahmad, Z., Mezor, H.A.M., and Duhoky, M.M.S. 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components of corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogea* L.). Journal of Dohuk University 11(1): 206-214.
- Andersen, M.K., Hauggard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2005. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. Plant and Soil 266: 273-287.
- Anthony, R.S., and Rene, C.V. 2008. Land equivalent ratios, Light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. Agronomy Journal 100: 1145-1154.
- Azizi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Evaluating the effects of the interaction of supply and plant diversity on light use efficiency in different patterns. Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 544-566. (In Persian with English Summary)
- Azizi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Evaluating the effects of the interaction of nutrient resource and plant diversity on inputs use efficiency in different cropping systems. Iranian Journal of Agroecology 7(1): 1-19. (In Persian with English Summary)
- Bantilan, R.T., Palada, M., and Harwood, R.R. 1976. Integrated weed management, I. Key factors affecting weed/crop balance. Philippine Weed Science, Bulletin 1: 1-14.
- Berdhal, J.D., Karn, J.F., and Herdrickson, J.R. 2001. Dry matter yield of cool season grass Monocultures and grass-alfalfa binary mixtures. Agronomy Journal 93: 463-467.
- Berez, K., Kismanyoky, T., and Debreczeni, K. 2005. Effect of organic matter recycling in long-term fertilization trials and model pot experiments. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 191-202.
- Chhipa, B.R., and Lal, P. 1995. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in wheat. Australian Journal of Agricultural Research 46: 533-539.
- Chowdhury, M.K., and Rosario, E.L. 1994. Comparison of nitrogen, phosphorus and potassium utilization efficiency in maize-mungbean intercropping. Agricultural Science 122: 193-199.
- Claudio, P.J., Raphael B., Alves, F., Kamiila, L.R., Brunade, S.N., and Priscila, M.B. 2009. Zn (II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater on vermicompost. Science of the Total Environment 162: 804-811.
- Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913-2918.
- Dahmardeh, M., and Hadiani, A. 2016. Assessment of soil elements in intercropping based on mathematical modeling. Computers and Electronics in Agriculture 218-224.
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A., and Ramrodi, M. 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. African Journal of Agricultural Research 5(8): 631-636.
- Dalal, R.C. 1974. Effect of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Experimental Agriculture 10: 219-224.
- Furbank, R.T., and Badger, R. 1983. Photorespiratory characteristics of the inflorescence. Australian Journal of Agricultural Research 26: 25-30.
- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut /cereal fodder intercropping systems in the semi- arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.
- Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.
- Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L., and Xavier, D. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping, Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
- Hashem, A., Radosovich, S.R., and Dick, R. 2000. Competition effects on yield, tissue nitrogen, and germination of winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian raygrass (*Lolium multiflorum*). Weed Technology 14: 718-725.
- He, T., and Cramer, G.R. 1993. Salt tolerance of rapid-cycling *Brassica* species in relation Potassium/Sodium ratio and selectivity at the whole plant and callous levels. Journal of Plant Nutrition 16(7): 1263-1277.
- Hodiani Mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, A., and Asghari Poor, M. 2016. Evaluation of tillage systems on agronomical aspects in roselle-green gram intercropping using replacement method. Iranian Journal of Field Crop Science 47(2): 265-276. (In Persian with English Summary)
- Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and

nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 350-356.

Innis, W.H. 1997. *Intercropping and the Scientific Basis of Traditional Agriculture* (1st Ed.). London: Intermediate Technology Publications Ltd.

Jeybal, H., and Kuppaswamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy* 15: 153-170.

Karpenstein-Machan, M., and Stuelpnagel, R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. *Plant and Soil* 218: 215-232.

Li, L., Tang, C., Rengel, Z., and Zhang, F.S. 2004. Calcium, magnesium and microelement Uptake as affected by phosphorus sources and interspecific root Interactions between wheat and chickpea. *Plant and Soil* 261: 29-37.

Li, W., Li, L., Sun, J., Guo, T., Zhang, F., Bao, X., Peng, A., and Tang, C. 2005 Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an Orthic Anthrosol in Northwest China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 483-491.

Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., and Shak, K.P.Y. 2014: The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Science of Food and Agriculture* 95(6): 1143-1156.

Kamkar, B., Zahed, M., Sadat Hoseini, R., Golchin, A., and Ghadirian, R. The principles of planting patterns designing (overview and case studies). 11th Iranian Crop Science Congress in date 2012-09-04 in Karaj pp. 1514-1518. (In Persian)

Khodashenas, A. 1996. The effects of planting date, row spacing, and bush density on yield and pharmaceutical active substances of borage (*Borago officinalis* L.) in Esfahan. MSc Dissertation of Agriculture. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Koochecki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Azimi, R. 2010. The effect of irrigation intervals and intercropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. *Iranian Journal of Field Crops Research*. (In Persian with English Summary)

Koochecki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin-Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. *Journal of Agroecology* 4(1): 1-11. (In Persian with English Summary)

Makkizadeh Tafti, M., Tavakol Afshari, R., Majnoon Hosseini, N., and Naghdi Badi, H.A. 2008. Evaluation of salinity tolerance and absorption of salt by borage (*Borago officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24(3): 253- 262. (In Persian with English Summary)

Malakouti, M.J. 1997. The effects of using balanced fertilizers and the role of microelements in qualitative and quantitative improvement of agricultural products and the environment. *Proceedings of the Second National Conference on the Effective Use of Fertilizers and Toxins* p. 48-52.

Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., and Ranganathan, L.S. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-Beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology* 30: 275-281.

Melero, S., Porras, J.C.R., Herencia, J.F., and Madejon, E. 2006. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. *Soil and Tillage Research* 90: 162-170.

Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Iranian Journal of Crops Researches* 7(1): 257-267. (In Persian with English Summary)

Neumann, G., and Romheld, V. 1999. Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus-deficient plants, *Plant and Soil* 211: 121-130.

Nzabi, A.W., Makini, F., Onyango, M., Kidula, N., Muyonga, C.K., Miruka, M., Mutal, E., and Gesare, M. 1999. Effect of intercropping legume with maize on soil fertility and maize yield. Kenya Agricultural Research Institute, Kisii Regional Research Center. P.O.Box 523, Kisii.

Nielsen, H.H., and Jensen, E.S. 2005. Facilitative root interactions in intercrops, *Plant and Soil* 274: 237-250.

Odlare, M., Pell, M., and Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management* 28: 1246-1253.

Ofari, F., and Stern, W.R. 1987. Cereal-legume intercropping system. *Advance in Agronomy* 41: 41-90.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by

Extraction with Sodium Bicarbonate; U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ. 939 p.

Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal of Agronomy* 45: 48-53.

Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae* 124: 286-289.

Rajaii, M., and Dahmardeh, M. 2014. The evaluation of corn and peanut intercropping on efficiency of use the environmental resource and soil fertility. *Journal of Agricultural Science* 6(4): 99-108.

Rengel, Z. 2002. Genetic control of root exudation. *Plant and Soil* 245: 59-70.

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)

Singh, Y., Singh, B., Ladha, J.K., Khind, C.S., Gupta, R.K., Meelu, O.P., and Pasuquin, E. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice-wheat. *Soil Science Society of American Journal* 68: 846-853.

Srinivasarao, C., Rupa, T.R., Subba Rao, A., Ramesh, G., and Bansal, S.K. 2000. Release kinetics of nonexchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis* 37: 473-491.

Storey, R., and Wyn Jones, R.G. 1978. Salt stress and comparative physiology in the Gramineae. 1. Ion relations of two salt- and water-stressed barley cultivars, California Mariout and Arimar. *Australian Journal of Plant Physiology* 5: 801-816.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize – legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture of Forestry* 32: 111-119.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Zheng, Y., Zhang, F., and Li, L. 2003. Iron availability as affected by soil moisture in intercropped peanut and maize. *Journal of Plant Nutrition* 26: 2425-2437.

Zhang, F.S., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhance crop productivity and nutrient use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.

Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107: 29-42.

Zhu, J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 441-445.



The Effect of Planting Pattern and Vermicompost on the Changes in Soil Nutrients and Use of Environmental Resources in Intercropping of Corn (*Zea mays* L.), Peanut (*Arachis hypogaea* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.)

M. Rejaei¹, M. Dahmardeh^{*2}, I. Khammari³, B. Keshtegar⁴

Submitted: 08-02-2017

Accepted: 06-05-2017

Rejaei, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Keshtegar, B. 2018. The effect of planting pattern and vermicompost on the Changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of corn (*Zea mays* L.), peanut (*Arachis hypogaea* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agroecology. 10(2): 547-564.

Introduction

In the corn and peanut intercropping system, the organic amounts of carbon, nitrogen, sodium, potassium, calcium and magnesium in the soil were affected by sowing system after harvest and changes in each element varied according to the percentage of plant and different morphological structure between two plants. Intercropping of Roselle and mung bean was modeled based on different percentages of mix-culture and the results showed that, by increasing the cultivation area of Roselle would cause negative effects on soil properties and increasing in the mung bean cultivation area in comparison with the Roselle had a positive effect on the amount of nitrogen and carbon.

Materials and Methods

To determine the best intercropping patterns and effect of vermicompost in corn, peanut and borage intercropping, a split plot test based on randomized complete block design with three replications was conducted at the Institute of Zabol University in 2015. The study factors consisted of various proportion of vermicompost as a major factor in three levels, including: 0, 2.5 and 5 tons per hectare, different patterns of intercropping as a sub-factor in 9 levels including monoculture of corn, peanut, borage, and mix cultivation which are including: 50% corn plus 25% peanut plus 25% borage, 100% corn plus 50% peanut plus 50% borage, 40% corn plus 30% peanut plus 30% borage, 100% corn, 75% peanut plus 25% borage, 60% corn plus 20% peanut plus 20% borage plus and 100% corn plus 25% peanut plus 75% borage. Soil sampling was conducted after harvesting three plants. Soil elements including organic carbon, phosphorus, nitrogen, potassium and sodium were measured in soil sampling.

Results and Discussion

The effects of intercropping patterns and vermicompost on the amount of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, and sodium in the soil were significant at 1% probability level. Statistically, the mutual interaction between these two treatments also showed a significant effect on the amount of the elements. In the analysis of intercropping patterns, the cropping patterns of %100 corns plus %50 peanut plus %50 borage, and the use of 5 ton vermicompost per hectare resulted the maximum amount of organic carbon (%41). By increasing the amount of peanuts to %50 in the cropping pattern, the amount of carbon also increased and in the pattern with the least peanuts percentage, the amount of the element (carbon) decreased. The different root system among three plants, and their competition to absorb more of soil nutrients. The legumes in intercropping with positive effect increased the amount of phosphorus. Among different patterns of intercropping, the least amount of sodium in the soil (8.2m.e.l^{-1}) was observed in %100 corn plus %25 peanut plus %75 borage treatments, while fertilizers were not used. As a result, by increasing borage percentage, the amount of sodium in the soil decreased. The highest yield rate of corn (17.3 t.ha^{-1}) was observed in the intercropping pattern of % 100 corn plus %25 peanut

1, 2, 3 and 4- PhD Student of Agroecology, Associated Professor, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: dahmard@gmail.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.62071

plus %75 borage, and the highest yield rate of peanut (15.5 t.ha^{-1}) was observed in the intercropping pattern of %100 corn plus %75 peanut plus %25 borage and usage of 2.5 ton vermicompost per hectare, and finally the highest performance rate of borage was observed in sole crop, and the use of 5 ton vermicompost per hectare. Furthermore, due to the physiological and morphological differences among the three plant species, the use of environmental resources efficiency in pattern designing increased in intercropping. The Land Equivalent Ratio (LER) of all the intercropping patterns was more than 1, which showed the advantage of intercropping over sole crop.

Conclusion

Not only does choosing a suitable planting pattern increase the diversity in agricultural ecosystems, but also it plays an important role in both soil reclamation and protection. Both selection of plants and determination of appropriate intercropping percentages in a pattern are possible with respect to the reduction of competition between species and achievement of multiple ecological, economical, and agricultural goals. According to the results, intercropping pattern including %100 corn plus %50 peanut plus %50 borage, increased amount of organic carbon, nitrogen, and moisture in non-fertile soils and dry lands, hence it was the best model.

Keywords: Economic yield, Land equivalent ratio, Organic carbon, Photosynthesis active radiation



تأثیر زئولیت، میکوریزا و سوپرچاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین معادن متروکه سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد)

ریحانه عظیمی^{1*}، غلامعلی حشمتی²، محمد فرزام³ و مرتضی گلدانی⁴

تاریخ دریافت: 1395/12/24

تاریخ پذیرش: 1396/07/01

عظیمی، ر.، حشمتی، غ.ع.، فرزام، م.، و گلدانی، م. 1397. تأثیر زئولیت، میکوریزا و سوپرچاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین معادن متروکه سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 565-579.

چکیده

امروزه معدن‌کاوی‌ها تا مساحت زیادی موجب تخریب مراتع می‌گردد، برای عبور از این بحران، نیاز فراوانی به احیاء اراضی تخریب یافته به وسیله استقرار گیاهان در مناطق معدن‌کاوی شده احساس می‌شود. روش‌های جدید اصلاح مراتع مبتنی بر استفاده از رهیافت‌های زیستی و غیرزیستی (زئولیت، سوپرچاذب و میکوریزا) می‌تواند به استقرار گیاهان در این مناطق کمک کند. این تحقیق با هدف بررسی امکان افزایش استقرار اولیه و رشد گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) در اراضی معدن‌کاوی شده آلوده به فلزات سنگین، ابتدا نشاء‌های کشت شده در گلخانه با میکوریزا (*Glomus intraradices*) زئولیت و سوپرچاذب تلقیح و سپس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه نیمه خشک اراضی معدن‌کاوی کارخانه سیمان شرق مشهد در سال 95-1394 کشت شد. گیاهان فقط یک‌بار در زمان کشت آبیاری شدند. در این تحقیق درصد استقرار، ارتفاع گیاهان کاشته شده، درصد کلونیزاسیون میکوریزا با ریشه گیاه بومادران در اراضی و برخی از خصوصیات مورفولوژیکی از جمله وزن خشک اندام-هوایی، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه اندازه‌گیری شد. تیمارهای میکوریزا، زئولیت و سوپرچاذب موجب افزایش استقرار اولیه گیاهان (به ترتیب 50، 33 و 11 درصد) افزایش ارتفاع (14/3، 12/3 و 6/3 سانتی‌متر)، افزایش وزن خشک اندام هوایی (0/73، 0/57 و 0/5 گرم)، افزایش وزن خشک ریشه (0/26، 0/15 و 0/14 گرم) و وزن خشک کل گیاه (1، 0/73 و 0/64 گرم) نسبت به شاهد شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای میکوریزا، زئولیت و سوپرچاذب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر افزایش استقرار اولیه و بهبود خصوصیات رشدی گیاه بومادران داشتند و می‌توان جهت استقرار اولیه گیاهان در اراضی آلوده به فلزات سنگین منطقه معدن‌کاوی شده کارخانه سیمان شرق مشهد در منطقه نیمه‌خشک واقع شده‌اند پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: عرصه، کود بیولوژیک، مراتع، نشاء‌کاری

مقدمه

معدنی انسان جهت استخراج فلزات است. در جهان اغلب روش‌هایی که برای استخراج مواد معدنی که در عمق زمین قرار دارند به همراه حفاری‌های وسیع در حجم‌های زیاد است که موجب تخریب پوشش گیاهی و ناپایداری خاک می‌شود (Jacob Rossouw, 2016). مشخصه‌های فیزیکی باطله‌های معدن و سایر پسماندهای معدن می‌توانند مانع استقرار پوشش گیاهی شوند، این مشخصه‌ها شامل ناپایداری خاک، فقدان مواد آلی، حساسیت نسبت به خشکسالی، دمای

یکی از منابع ایجاد آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین فعالیت‌های

1، 2 و 3- به ترتیب دکتری علوم مرتع، استاد، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آب‌خیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد، گروه مرتع و آب‌خیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: (Email: Reyhaneazimi36@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.63197

گیاهان می‌گردد (Ruíz-Baltazar & Pérez, 2015; Massoudinejad & Ghaderpoori, 2016). ژئولیت‌ها تا 70 درصد وزنی خودشان آب جذب می‌کنند و بدون این که وضعیت خاک بهم بخورد یا مرطوب شود، رطوبت خاک را حفظ می‌کنند (Ruíz-Baltazar & Pérez, 2015).

پلیمرهای سوپرجاذب که در کشاورزی استفاده می‌شوند شبکه پلیمری آبدوستی هستند که از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک کاهش شستشوی آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش تهویه خاک موجب رشد و نمو بهتر گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط معمولی و تنش می‌شوند (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009). هیدروژل عناصری نظیر نیترات‌ها، فسفات‌ها، پتاسیم، آهن، روی و انواع ویتامین‌ها را در خود نگهداری نموده و از هدر رفتن آن‌ها جلوگیری می‌کنند (Kabiri, 2005; Sharma & Sharma, 2013). در پژوهشی در معدن زغال سنگ چین با استفاده از ترکیب گیاهان ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) با سوپرجاذب‌ها در زمان کشت موفق به استقرار گیاه سویا و احیای منطقه معدن کاوی شدند (Huang et al., 2015). از مواد اصلاحی دیگر می‌توان کودهای زیستی میکوریزا را نام برد که به استقرار اولیه گیاهان در شرایط سخت محیطی کمک می‌کند، تشکیل سیستم میکوریزایی یک استراتژی سازگاری توسط گیاهان در این مناطق می‌باشد، که توانایی آن‌ها را برای جذب مواد غذایی و آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش می‌دهد (Azimi, 2013). تحقیقات نشان داده که میکوریزا در جذب عناصر فلزی از خاک تأثیر دارند و اغلب منجر به افزایش جذب عناصر می‌شوند. در فناوری استفاده از گیاهان سبز و ارتباط آن‌ها با میکروارگانیسم‌های خاک برای کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود (Subodh Kumar Maiti, 2015). در تحقیقی مشاهده شد که گیاه علفی رودز (*Choris gayana* Kunth.) تلقیح شده با میکوریزا از عملکرد و زنده‌مانی بالاتری نسبت به شاهد در اراضی معدن کاوی منطقه نیمه‌خشک بزرگترین معدن مس آفریقا داشت (Jacob Rossouw., 2016). در حال حاضر بسیاری از تحقیقات به مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و گلخانه‌ای محدود شده است و تحقیقات اندکی در خصوص احیای پوشش گیاهی اراضی معدن کاوی در شرایط طبیعی عرصه‌های خشک و نیمه‌خشک وجود دارد (Adams & Lamoureux, 2005). درحالی که نتایج واقعی

سطحی بالا، تبخیر سطحی می‌باشد. همچنین لغزیدن خاک‌های ناپایدار اراضی معدن کاوی شده بر شیب‌های تند سبب حرکت خاک و قطع ریشه گیاهان و در نهایت نابودی گیاه می‌گردد (Adams & Lamoureux, 2005; Mench et al., 2010). استفاده از گیاهان جهت احیای پوشش گیاهی توسط شرکت استخراج مواد معدنی آلومینیوم دیاموند در اراضی معدن کاوی انجام شده است. در این منطقه گیاهانی از خانواده گندمیان از قبیل *Chloris gayana* Kunth, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Panicum maximum* L. کشت شدند (Van Rensburg et al., 2003).

بومادران هزار برگ (*Achillea millefolium* L.) از دیگر گونه‌های مهم جنس بومادران متعلق به خانواده مرکبان می‌باشد که از این گونه در برخی مناطق دنیا علاوه بر استفاده‌های دارویی به عنوان گیاه زینتی و پوششی استفاده می‌کنند (Omid Beigi, 2008).

موفقیت استقرار پوشش گیاهی در این اراضی به ترکیب عناصر مهم در بستر آلوده و انتخاب اصلاحات و مواد تلقیحی مناسب بستگی دارد (Azimi et al., 2014). استقرار پوشش گیاهی در اراضی معدن کاوی شده، نقش حفاظت کننده خاک را به‌منظور جلوگیری از فرسایش ایفا می‌کند (Asiedu, 2013). همچنین اراضی معدن کاوی شده واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل دسترسی ناکافی به آب موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی پوشش گیاهی و استقرار نهال‌های کاشته شده در عرصه‌های منابع طبیعی می‌شود (Barea et al., 2013). بنابراین در عرصه منابع طبیعی تلاش بر این است تا با فراهم نمودن آب مورد نیاز با استفاده از مواد اصلاحی در مراحل اولیه استقرار و رویش نهال‌ها سبب ارتقای مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های مختلف و افزایش میزان موفقیت طرح‌های کشت و احیا منابع طبیعی شوند (Sadraei & Gharacheh, 2013).

ژئولیت‌ها مواد معدنی هستند که که مؤلفه اصلی آن‌ها سیلیکات‌های آلومینیوم است (Mohammadi Sani et al., 2011). ژئولیت‌ها به‌علت سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد، هزینه کم و دسترسی فراوان، به عنوان موادی مؤثر جهت کاهش جذب فلزات سنگین در خاک‌های آلوده شناسایی شده‌اند (Ruíz-Baltazar & Pérez, 2015). ژئولیت‌ها به‌طور مؤثری سبب کاهش انتقال فلزات سنگین از خاک به گیاه می‌شود. زیرا تجمع این فلزات سنگین ممکن است باعث کاهش رشد گیاه و مسمومیت آن شود. به همین دلیل اضافه کردن کلینوتیلولیت به خاک سبب کاهش مسمومیت و رشد بیشتر

که به گلخانه انتقال داده شده بود. زمانی که ارتفاع گیاهان حدود سه الی پنج سانتی متر شد، گلدان‌ها را به بیرون گلخانه منتقل و در آنجا نگهداری شد. مقدار و نوع تیمارهای انتخاب شده بر مبنای توصیه شرکت‌های تهیه کننده، تجربیات قبلی و تحقیقات محققان دیگر انتخاب شد. در زمان انتقال نشاء‌ها به عرصه در تیمارهای جداگانه، گونه میکوریزا *گلوموس اینترارادیس* (Azimi et al., 2014; Azimi et al., 2016; Sharma & Sharma, 2013) و ژئولیت به مقدار دو درصد (40 گرم برای دو کیلوگرم خاک) (Bagherifam et al., 2013; Yari et al., 2014) و سوپرچاذب 0/4 درصد (8 گرم برای دو کیلوگرم خاک) (Al Humaid & Moftah, 2007; Abedi, 2015; Koupai & Mesforoush, 2009; Banedj Schafie, 2015) چالهایی که حدود دو کیلوگرم خاک گنجایش داشت اضافه شدند. مقدار ماده تلقیح میکوریزا به خاک نسبت یک به ده (1/10) بود، که ماده تلقیح به صورت لایه لایه به خاک اضافه شد (Maestre et al., 2002). خاک میکوریزایی از شرکت زیست فناوریوران تهیه شد. بر طبق کاتالوگ این شرکت، داخل هر گرم از خاک میکوریزایی حداقل 50 عدد اسپور زنده وجود داشت. همچنین ماده تلقیح شامل خاک اسپور، ریشه گیاهان، هیف‌های قارچ میکوریزا بود. ژئولیت از شرکت توسعه کشاورزی الوند سنگسر سمنان و پلیمر مورد استفاده از پژوهشگاه پلیمر ایران تهیه شد. کاشت گلدان‌ها در عرصه بر اساس طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در آخر اسفند ماه سال 1394 انجام و در اواخر تیرماه سال 1395 در مرحله بذردهی، قبل از ریزش برگ‌ها (زیرا ریزش برگ‌ها، سبب کاهش کلونیزاسیون می‌گردد)، از گیاه مرتعی دارویی بومادران نمونه‌برداری شد. به منظور پوشش شیب‌های طولی و عرضی موجود در اراضی معدن کاوی شده، از طرح بلوک استفاده شد. آبیاری گیاهچه‌ها فقط یک بار در زمان کاشت انجام شد و بعد از آن اصلاً آبیاری نشدند.

ارزیابی گیاهان استقرار یافته در عرصه

شمارش پایه‌های استقرار یافته و تعیین ارتفاع گیاهان کشت شده در عرصه در اواخر تیرماه قبل از مرحله بذردهی و ریزش برگ‌ها صورت گرفت. بدین منظور از هر تیمار در هر کرت دو پایه گیاهی به صورت تصادفی انتخاب و به صورت کامل از خاک خارج شد. پس از اندازه‌گیری ارتفاع نمونه‌ها، به صورت جداگانه در پاکت کاغذی قرار داده شد.

می‌توانند با نتایج آزمایشگاهی یا گلخانه‌ای متفاوت باشند (Azimi et al., 2014). لذا این امر لزوم تحقیقات بیشتر در شرایط عرصه طبیعی به منظور بررسی تأثیر رهیافت‌های زیستی و غیرزیستی بر افزایش تولید و امکان استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران در شرایط خاک‌های آلوده به فلزات سنگین در حوالی معادن متروکه کارخانه سیمان شرق مشهد نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تأثیر تیمارهای میکوریزا *گلوموس اینترارادیس*¹، سوپرچاذب (A_{200}) و ژئولیت کلینوپتیلولیت² بر استقرار و تولید گونه مرتعی دارویی بومادران در منطقه نیمه‌خشک اراضی معدن کاوی شده کارخانه سیمان شرق مشهد به عرض جغرافیایی $28^{\circ} 29' 36''$ و طول جغرافیایی $59^{\circ} 44' 46''$ بررسی شدند. منطقه مورد مطالعه با میانگین بارندگی 225 میلی‌متر دارای اقلیم نیمه‌خشک است. بارش در فصل سرد سال با توزیع غیر نرمال است. بارش‌های سیل آسا، کوتاه‌مدت و رگباری قسمت عمده بارندگی‌های سالیانه را تشکیل می‌دهد. این منطقه در ارتفاع 1120 تا 1130 متر از سطح دریا قرار دارد. طرح آزمایشی بر اساس بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار شامل تیمارهای اصلی یک گونه گیاهی، تیمار میکوریزا، ژئولیت و سوپرچاذب در منطقه معدن کاوی شده کارخانه سیمان مشهد به مساحت 720 متر مربع اجرا شد. قبل از کشت گیاهان در منطقه مورد مطالعه برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، چهار نمونه خاک از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام و با ارسال نمونه خاک به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد خصوصیات آن تعیین شد. در آزمایشگاه فلزات سنگین خاک، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی و بافت خاک اندازه‌گیری شد (جدول 1).

مراحل کشت در گلخانه و عرصه

ابتدا بذر گونه مرتعی دارویی بومادران در سینی‌های کشت 160 تایی در تاریخ اول دی ماه سال 1394 کشت شد. پس از گذشت یک ماه نشاء‌ها به گلدان‌های کاغذی (ابعاد 9×7 سانتی‌متر) که هر گلدان حدود 160 گرم گنجایش خاک داشت منتقل شد. خاک گلدان‌های کاغذی همان خاک منطقه معدن کاوی شده کارخانه سیمان مشهد بود

1- *Glomus intraradices*

2- *Clinoptilolite*

جدول 1- برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک عرصه معدن کاوی شده کارخانه سیمان شرق مشهد

Table 1- Some chemical and physical properties of soil, cement factory mining area of East Mashhad

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته خاک pH	بافت Texture	کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم) Cd (mg.kg ⁻¹)	کبالت (میلی گرم بر کیلوگرم) Co (mg.kg ⁻¹)	نیکل (میلی گرم بر کیلوگرم) Ni (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	کروم (میلی گرم بر کیلوگرم) Cr (mg.kg ⁻¹)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) Ar (mg.kg ⁻¹)	سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) Pb (mg.kg ⁻¹)
2.6	8.16	سیلتی لومی Silty loam	1.1	18.46	58	88.23	45	45.7	287.5	6.7	12
محدوده مجاز فلزات سنگین در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)											
Allowable level of Heavy metals in soil (mg.kg ⁻¹) (Raisi, 2013; Vodyanitskii, 2016)			0-0.7	1-10	2-50	3-50	1-20	2-50	15-150	0-4.5	0.5-5

(2002)، برای تعیین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با میکوریزا، قسمتی از ریشه تازه گیاهان (حدود 0/2 گرم) به صورت تصادفی انتخاب شده و پس از شستشوی کامل با آب به اندازه‌های یک سانتی-متری قطع و جهت رنگ‌آمیزی به داخل شیشه‌های حاوی محلول 10 درصد KOH منتقل و به مدت 60 ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. در مرحله بعد ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول یک دهم مولار HCl قرار داده شدند. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن (Phillips et al., 1970) استفاده گردید. پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، برای تعیین میزان همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه‌ها از روش حیوانتی (Giovannetti et al., 1980) استفاده شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار پایگاه اطلاعاتی Excel دسته‌بندی و شکل‌های مربوط تهیه شد. برای انجام آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS18 و Minitab16 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال 99 و 95 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام‌های گیاه بومادران بر اساس تحلیل واریانس

برای هر گیاهچه علاوه بر درصد استقرار و درصد کلونیزاسیون، ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین ارتفاع گیاه از یقه تا قسمت انتهایی ساقه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری و اعداد به دست آمده بر حسب واحد سانتی‌متر گزارش شد. پس از اندازه‌گیری طول ساقه، نمونه‌ها به صورت جداگانه در پاکت کاغذی قرار داده و به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. وزن خشک ساقه، ریشه و برگ با ترازوی دیجیتالی با دقت 0/01 گرم اندازه‌گیری و ثبت شد (Saghari et al., 2009).

تعیین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با میکوریزا

درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران با میکوریزا در دو مرحله اواخر اسفندماه (در مرحله گلخانه و قبل از انتقال به عرصه) و اوایل تیرماه (در مرحله نمونه‌برداری گیاهان در عرصه) اندازه‌گیری شد. قبل از انتقال نهال‌ها به عرصه درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با میکوریزا اندازه‌گیری شد، زیرا برای افزایش درصد موفقیت تیمارهای مختلف میکوریزایی در برنامه‌های احیا مراتع مناطق نیمه‌خشک بهتر است اول در گلخانه درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با تیمارهای میکوریزا در گیاهان میزبان بررسی و سپس از پتانسیل قارچ‌های میکوریزا جهت بهبود و بهره‌برداری استفاده شود (Maestre et al.,

انجام شده مشخص شد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر روی وزن خشک کل گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع و درصد استقرار گیاه مرتعی و دارویی بومادران در عرصه داشتند (جدول 2).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام‌های گیاه بومادران

Table 2- Analysis of variance analysis (mean of squares) for the effect of two mycorrhiza species on *Achillea millefolium* L. morphological and growth characteristics

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g.plant ⁻¹)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g.plant ⁻¹)	وزن خشک کل گیاه (گرم) Total dry weight (g.plant ⁻¹)	ارتفاع (سانتی- متر) Height (cm.plant ⁻¹)	استقرار (درصد) Establishment (%)
تکرار Replication	3	0.001	0.06	0.07	3.9	156.25
تیمار Treatment	3	0.15**	0.4**	0.7**	165.14*	1776.62**
خطا Error	9	0.001	0.03	0.03	1.42	63.66
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	56.39	43.79	45.36	57.72	59.96

***، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 0.01، 0.05 و عدم معنی‌داری

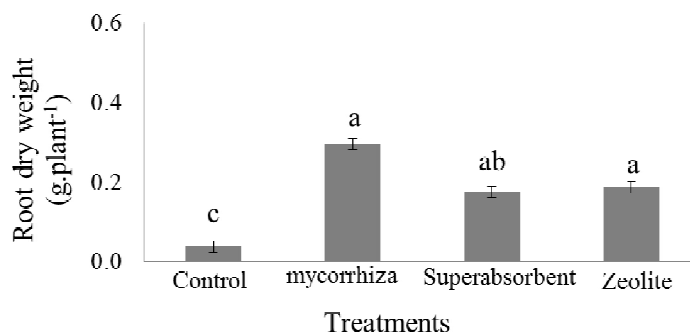
***, * and ns: significant in level 0.01, 0.05 and insignificance, respectively.

عرصه معنی‌دار بود (جدول 2) تلقیح گیاه بومادران با میکوریزا و زئولیت باعث افزایش وزن خشک ریشه در عرصه شد، اما وزن خشک ریشه در تیمار سوپرجاذب حدواسط بین نتایج مشاهده شده بود و با میانگین‌های دو تیمار میکوریزا و زئولیت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 1).

نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام‌های گیاه مرتعی دارویی بومادران چند ساله تأثیر مطلوبی داشت.

وزن خشک ریشه

اثر زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک ریشه در شرایط



شکل 1- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک ریشه گیاه بومادران

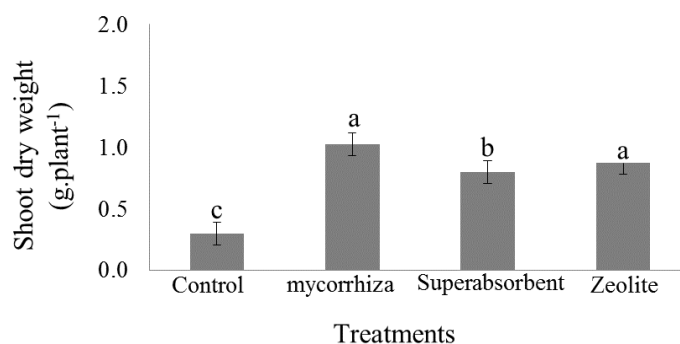
Fig. 1- The effect of zeolite, mycorrhizae and superabsorbent treatments on root dry weight of *Achillea millefolium* L.

در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. In each column and for each factor, averages that have common letters, according to Duncan's multiple range test haven't significant difference in 0.05% level.

وزن خشک اندام هوایی

عرصه معنی‌دار ($p \leq 0/01$) شد (جدول 2). مقایسه میانگین‌های این تیمارها نشان داد که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا و زئولیت بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند (شکل 2).

با توجه به نتایج مشخص شد که اثرات زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر افزایش وزن اندام هوایی نسبت به شاهد در شرایط



شکل 2- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک اندام هوایی گیاه بومادران

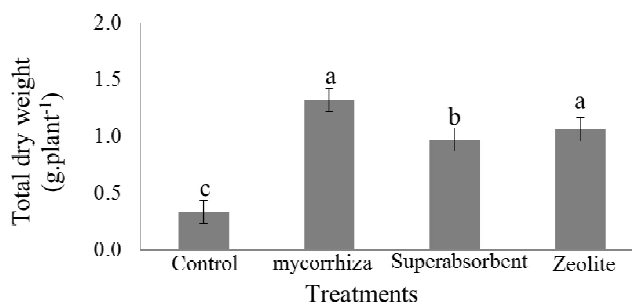
Fig. 2- The effect of zeolite, mycorrhizae and superabsorbent treatments on shoot dry weight of *Achillea millefolium* L.

در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. In each column and for each factor, averages that have common letters, according to Duncan's multiple range test haven't significant difference in 0.05% level.

وزن خشک کل گیاه

با توجه به مقایسات میانگین بین تیمارها مشخص شد که میکوریزا و زئولیت بیشترین تأثیر را بر افزایش زیست توده کل گیاه داشتند (شکل 3).

با توجه به نتایج مشخص شد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر روی وزن خشک کل داشتند (جدول 2).



شکل 3- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک کل گیاه بومادران

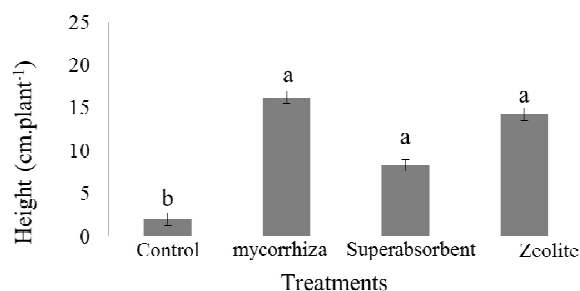
Fig. 3- The effect of zeolite, mycorrhizae and superabsorbent treatments on total dry weight of *Achillea millefolium* L.

در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. In each column and for each factor, averages that have common letters, according to Duncan's multiple range test haven't significant difference in 0.05% level.

ارتفاع

تحت تیمارهای مختلف زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب ارتفاع بیشتری نسبت به شاهد داشتند (شکل 4).

با توجه به نتایج اثرات زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر ارتفاع گیاه بومادران معنی‌دار ($p \leq 0/01$) شد (جدول 2). گیاهان تلقیح شده



شکل 4- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای ژئولیت، میکوریزا و سوپرچاذب بر ارتفاع گیاه بومادران

Fig. 4- The effect of zeolite, mycorrhizae and superabsorbent treatments on height of *Achillea millefolium*

در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. In each column and for each factor, averages that have common letters, according to Duncan's multiple range test haven't significant difference in 0.05% level.

افزایش وزن خشک کل گیاه، ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت به شاهد شد. این ممکن است به علت افزایش کارایی مصرف آب، مواد غذایی و عدم شستشوی عناصر غذایی خاک باشد (Fallahi et al., 2016). اثر پلیمر سوپرچاذب A200 را بر شاخص‌های رشد یک گونه درختچه‌ای زینتی در فضای سبز (سرونقره‌ای) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که مخلوط کردن 4 یا 6 گرم پلیمر با یک کیلوگرم با خاک گیاهان، آب مورد نیاز برای گیاه را حداقل یک سوم، کاهش می‌دهد که علت آن به افزایش آب قابل استفاده نسبت داده شده است (Abedi Koupai & Asadkazemi, 2006). در پژوهشی اثر سوپرآب A200 در کاهش تنش خشکی درختان میوه زیتون (*Olea europaea* L.) را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش سه رقم زیتون (زرد، دزفول و مانزینا) با سوپرچاذب‌ها به نسبت‌های صفر (شاهد)، 0/2 و 0/3 درصد وزنی در خاک گلدان‌ها آمیخته شده بود کشت شدند. نتیجه نشان داد که گیاهان ترکیب شده با سوپرچاذب به نسبت 0/3 درصد وزنی وزن خشک و ارتفاع بالاتری داشتند و تنش‌های خشکی تأثیر کمتری بر روی زنده‌مانی و خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان گذاشته است (Talaei & Asadzadeh, 2005).

تأثیر کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران بر میزان

درصد استقرار

درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران با تیمار میکوریزا: کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران با گونه میکوریزا *Glomus intraradices* در مرحله قبل (در گلخانه) و بعد از انتقال و کشت در

نتایج آزمایش نشان داد در بین تیمارها (ژئولیت، میکوریزا و سوپرچاذب) تیمارهای ژئولیت و میکوریزا بهترین نتایج را در عرصه داشتند. در این تحقیق میکوریزا سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی شد. احتمالاً قارچ به کمک شبکه ریشه‌های خارج ریشه‌ای خود آب و عناصر غذایی را جذب کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و گیاه نیز کربوهیدرات‌های مورد نیاز قارچ را تأمین می‌کند (Azimi et al., 2014). همچنین قارچ‌های میکوریزایی با تولید هورمون‌های گیاهی می‌توانند رشد گیاه و یا رشد ریشه را تشدید کنند، در نتیجه ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (Barea et al., 2005). در پژوهشی همزیستی میکوریزا *G. intraradices* گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در خاک‌های آلوده به فلز سرب نشان داد که همزیستی قارچ *G. intraradices* سبب افزایش وزن خشک بخش هوایی و افزایش وزن خشک ریشه در مقایسه با بوته‌های غیرهمزیست گردید، ولی اثر معنی‌داری بر ارتفاع نداشت (Amanifar et al., 2010). در تحقیقی دیگر بیان شده است که کاربرد ژئولیت، pH خاک و احتباس نیتروژن، جذب Zn، Cd، Pb و سایر فلزات سنگین را از طریق تبادل کاتیونی و فراهم نمودن مواد مغذی معدنی برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها کنترل می‌کند (Fenn et al., 2006; Fenglian et al., 2011). در آزمایشی با تلقیح گیاهان ذرت با ژئولیت به مقدار 2/5 درصد موفق به استقرار آن‌ها در خاک‌های آلوده کشاورزی اطراف معدن مس یونان شدند (Shaheen et al., 2015). پس از میکوریزا و ژئولیت، تیمار سوپرچاذب موجب

عرصه معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 3).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران با میکوریزا در محل کشت (گلخانه، عرصه)
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of planting site impact of on root colonization percentage of *Achillea millefolium* with mycorrhizal Culture location (field, greenhouse)

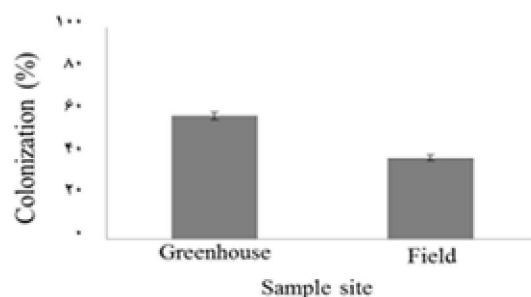
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد کلونیزاسیون Colonization percentage
تکرار Replication	3	3.7 ^{ns}
محل نمونه (گلخانه و عرصه) Sample site (field, greenhouse)	1	800 ^{**}
خطا Error	3	18.52
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	23.02

** و ns: به ترتیب معنی دار در سطح 0/05 و عدم معنی‌داری

** and ns: significant in level 0.01 and insignificance, respectively.

داری بیشتر از درصد کلونیزه شدن ریشه این گیاه با میکوریزا در شرایط عرصه بود (شکل 5).

در مقایسه میانگین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران با میکوریزا *G. intraradices* در محل‌های کشت (عرصه و گلخانه) مشاهده شد که درصد کلونیزاسیون در شرایط گلخانه به‌طور معنی-



شکل 5- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون گیاه بومادران

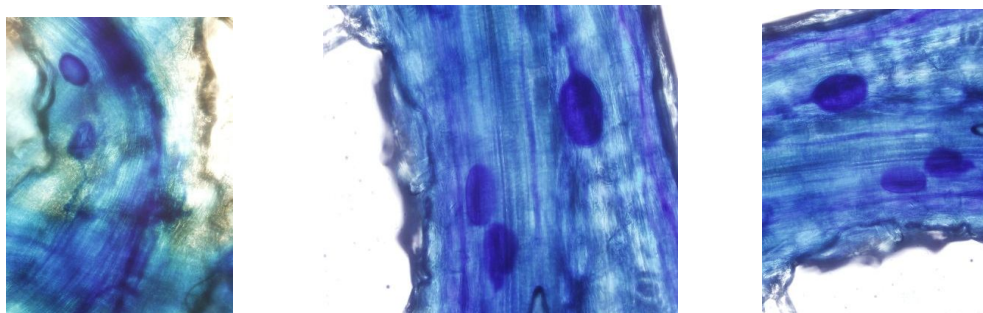
Fig. 5- Comparison the mean of colonization percentage *Achillea millefolium*

کشت در عرصه به دلیل تغییرات آب و هوایی و شرایط نامساعد از طرف محیط به میکوریزا، سبب عدم حمایت گیاه از قارچ و کاهش جمعیت میکوریزا شد (Azimi, 2013). در تحقیقی درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان کاکوتی کوهی (*Ziziphora Lam.*) و بروموس کپه‌داغی (*Bromus clinopodioides*) تلقیح شده با میکوریزا *Glomus kopetdaghensis* Drobov در گلخانه بیشتر از شرایط عرصه بود. در این تحقیق پس از انتقال گیاهان به عرصه نیمه‌خشک بهارکیش قوچان، درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با میکوریزا به-

موفقیت رابطه میکوریزای آرباسکولار را می‌توان به‌وسیله کلونیزاسیون قارچی (آرباسکول، وزیکول و هیف) در ریشه‌های گیاه توضیح داد (شکل 6)

در این تحقیق مشخص شد که گیاه بومادران قادر به همزیستی با میکوریزا است. درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بومادران در مرحله قبل از کشت (مرحله گلخانه) بیشتر از بعد از کشت در عرصه بود. زیرا میکوریزا در در مرحله قبل از کشت (مرحله گلخانه) به‌علت وجود شرایط میزبان مناسب و نبود تنش‌های محیطی نظیر خشکی و برهم- خوردگی خاک به سرعت افزایش یافت (Jonson, 1998) ولی پس از

دلیل تغییرات آب و هوایی و شرایط نامساعد محیطی کاهش یافت (Azimi, 2013).



شکل 6- ریشه آلوده گیاه بومادران با وزیکول‌ها و میسلیم‌های فراوان

Fig. 6- The contaminated roots of *Achillea millefolium* by numerous vesicles and hypha

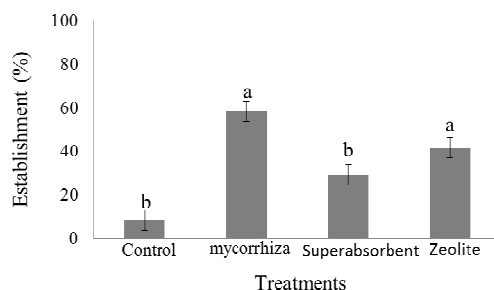
بعضی قارچ‌های میکوریزا نیز بدلیل وجود فلزات سنگین در خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی گزارشات نشان می‌دهند که توسعه میسلیم و هاگزایی به دلیل وجود فلزات سنگین در خاک تحت تأثیر قرار گرفتند (Boyd, 2007). بعضی از گونه‌های میکوریزا می‌توانند تنش فلزات سنگین را تحمل کنند که از میان آن‌ها، *Glomus intraradices* مهم‌ترین گونه‌های *Glomus mosseae intraradices* هستند (Sharma & Sharma, 2013). بنابراین، انتخاب سویه‌های میکوریزا مقاوم به تنش فلزات سنگین یک مرحله مهم برای حصول گیاهان سالم در زمین‌های آلوده به فلزات است. فلزات سنگین عمدتاً در هیف و همین‌طور آرباسکول قارچ انباشته می‌شوند. جذب قابل توجه روی به میسلیم قارچ میکوریزایی آرباسکولار با استفاده از چندین گونه *Glomus* دارای رابطه همزیستی با شبدر (*Trifolium*)

بعضی قارچ‌های میکوریزا نیز بدلیل وجود فلزات سنگین در خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی گزارشات نشان می‌دهند که توسعه میسلیم و هاگزایی به دلیل وجود فلزات سنگین در خاک تحت تأثیر قرار گرفتند (Boyd, 2007). بعضی از گونه‌های میکوریزا می‌توانند تنش فلزات سنگین را تحمل کنند که از میان آن‌ها، *Glomus intraradices* مهم‌ترین گونه‌های *Glomus mosseae intraradices* هستند (Sharma & Sharma, 2013). بنابراین، انتخاب سویه‌های میکوریزا مقاوم به تنش فلزات سنگین یک مرحله مهم برای حصول گیاهان سالم در زمین‌های آلوده به فلزات است. فلزات سنگین عمدتاً در هیف و همین‌طور آرباسکول قارچ انباشته می‌شوند. جذب قابل توجه روی به میسلیم قارچ میکوریزایی آرباسکولار با استفاده از چندین گونه *Glomus* دارای رابطه همزیستی با شبدر (*Trifolium*)

درصد استقرار اولیه نشاءهای بومادران در عرصه

معدن کاوی شده:

اثر زئولیت و میکوریزا بر درصد استقرار نشاءهای بومادران در اراضی معدن کاوی شده کارخانه سیمان معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول 3). مقایسات میانگین تیمارهای مختلف زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب نشان داد که میکوریزا *G. intraradices* و زئولیت تأثیر بیشتری را نسبت به تیمار سوپرجاذب و شاهد بر افزایش استقرار اولیه نشاءهای بومادران در عرصه داشتند (شکل 7).



شکل 7- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر درصد نهال‌های زنده گیاه بومادران

Fig. 7- Interaction impacts between zeolite, mycorrhizae and superabsorbent treatments on live seedlings of *Achillea millefolium*

در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. In each column and for each factor, averages that have common letters, according to Duncan's multiple range test haven't significant difference in 0.05% level.

intraradices به استقرار و رشد بهینه و جذب بیشتر عناصر غذایی در گیاهان ذرت (*Zea mays* L.) سویا (*Glycine max* L.)، شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum* L.)، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis* Dehnh.) در در خاک‌های آلوده به کادمیوم، سرب، روی، آرسنیک و مواد نفتی کمک کردند. این قارچ‌ها با تثبیت این عناصر و مواد آلاینده در شبکه ریشه‌ای خارج ریشه‌ای خود باعث غیرفعال شدن آن‌ها می‌شوند. بنابراین، قارچ‌های همزیست ریشه می‌توانند کمک زیادی در احیای زیستی زمین‌های آلوده بنمایند (Sadravi & Gharacheh, 2013).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تیمارهای زئولیت و میکوریزا اثر مثبت‌تری بر روی افزایش عملکرد و استقرار گیاه بومادران در اراضی معدن کاوی کارخانه سیمان شد. لذا با توجه به وجود میلیون‌ها تن زئولیت در ایران، می‌توان با قیمت بسیار ارزان آن‌ها را تهیه و در کشاورزی و منابع طبیعی مورد استفاده قرار داد. این موضوع خصوصاً در عرصه‌های منابع طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که میزان بارش و رطوبت خاک کم بوده و استقرار گیاهان به بارندگی وابسته است بسیار اهمیت داشته و می‌تواند مورد توجه محققان و دست‌اندرکاران اجرایی قرار گیرد. همچنین میکوریزا *G. intraradices* را نیز می‌توان به عنوان یک کود بیولوژیک جهت افزایش عملکرد، استقرار اولیه گیاه بومادران و احیای پوشش گیاهی اراضی آلوده به فلزات سنگین منطقه معدن کاوی شده در کارخانه سیمان شرق مشهد پیشنهاد کرد.

در تحقیقی مشخص شد که گیاه بومادران مقاومت و استقرار بسیار بالایی نسبت به خاک‌های آلوده به فلزات سنگین سرب و مولیبدن دارد. نکته مثبت این پژوهش کار در شرایط عرصه بود (Mianji et al., 2012). در میان تیمارهای مختلف درصد استقرار گیاهان تلقیح شده با میکوریزا و زئولیت نسبت به تیمار سوپرچادب و شاهد در شرایط عرصه بیشتر بود. در تحقیقی در آلمان از زئولیت‌های طبیعی جهت حذف فلزات سنگین از آب معادن انجام گرفت. زئولیت در کاهش آهن و سرب تأثیرگذارتر از دو فلز کادمیوم و روی بود (Wingenfelder et al., 2005). در تحقیق ارنست و همکاران (Ernest et al., 2008) مشاهده شد که گیاهان *Sielene vulgaris* و *Agrostis capillaries* که همراه با زئولیت کشت شده بودند بسیار مقاوم به فلزات سنگین خاک از قبیل مس و روی بودند. کلونی‌زاسیون میکوریزایی در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین باعث افزایش سطح مؤثر ریشه برای جذب عناصر غذایی می‌شود. ریشه‌های قارچی می‌تواند تا عمق زیادی از خاک نفوذ کرده و مقدار زیادی از مواد غذایی شامل عناصر سنگین را جذب کند. همچنین در خاک‌هایی که به شدت توسط فلزات آلوده شده‌اند، قارچ آرباسکولار میکوریزا (VAM) می‌تواند از گیاهان در مقابل اثرات مضر این فلزات محافظت کند و پاسخ آن‌ها را به کاهش آب در سطوح سلولی، آناتومیکی و مورفولوژیکی بهبود بخشد (Bano et al. 2013). میکوریزا مانند فیلتری مانع وارد شدن فلزات معینی (فلزات سنگین مانند آرسنیک و کادمیوم و غیره) به سلول‌های گیاه می‌شوند و بدین‌وسیله باعث کاهش آسیب گیاهان در اثر فلزات سمی گردند و احتمال موقیت استقرار گیاهان را در عرصه افزایش می‌دهد (Sharma & Sharma, 2013). قارچ‌های همزیست ریشه آرباسکولار *Glomus versiforme* و *G.*

منابع

- Abedi Koupai, J., and Asadkazemi, J. 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. Iranian Journal of Polymer 15(9): 715-225. (In Persian with English Summary)
- Abedi Koupai, J., and Mesforoush, M. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(3): 100-111. (In Persian with English Summary)
- Adams, P.W., and Lamoureux, S. 2005. A literature review of the use of native northern plants for the re-vegetation of Arctic mine tailings and mine waste. Northwest Territories Environment and Natural Resources, Canada 67 pp.
- Al Humaid, A., and Mofteh, A.E. 2007. Effects of hydrophilic polymer on the survival of Buttonwood seedlings grown under drought stress. Journal of Plant Nutrition 30(1): 53-66.

- Amanifar, S., Aliasgharzad N., Najafi, N., Oustan, S., and Bolandnazar, S. 2010. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on lead phytoremediation by Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Journal of Water and Soil Science 22(1): 155-168. (In Persian with English Summary)
- Asiedu, J.B. 2013. Technical report on reclamation of small scale surface mined lands in Ghana: a landscape perspective. American Journal of Environmental Protection 1(2): 28-33.
- Azimi, R. 2013. The effect of mycorrhiza on the establishment and morphological characteristics species *Bromus kopetdaghensis*, *Medicago sativa*, *Thymus vulgaris* and *Ziziphora clinopodioides* in Baharkish Ghoochan rangelands. Msc Dissertation, Faculty of Natural Resources and Environment, Mashhad Ferdowsi University, Iran. (In Persian with English Summary)
- Azimi, R., Jankju, M., and Asghari, H. 2014. Effect of mycorrhiza inoculation on seedlings establishment and morphological parameters of *Medicago sativa* L. under field conditions. Journal of Agroecology 5(4): 424-432. (In Persian with English Summary)
- Azimi, R., Hossein Jafari, S., Kianian, M.K., Khaksarzade, V., and Amini, A. 2016. Studying arbuscular mycorrhiza symbiotic effects on establishment and morphological characteristics of *Bromus kopetdaghensis* in cadmium contaminated soil. Taiwan Water Conservanc 64(3): 82-91.
- Bagherifam, S., Lakziyan, A., Fotovat, A., Khorasani, R., Akbarzadeh, S., and Motedayen, A. 2014. Immobilization of arsenic in a calcareous soil using an iron, manganese and aluminum-modified zeolite. Journal of Environmental Science and Technology 16(61): 39-54. (In Persian with English Summary)
- Bano, S.A., and Ashfaq, D. 2013. Role of mycorrhiza to reduce heavy metal stress. Natural Science 5(12): 16-20.
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., and Azcon, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany 56(417): 1761-1778.
- Barea, J.M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., López-García, A., Estrada, B., Azcón, R., Ferrol, N., and Azcón-Aguilar, C. 2013. Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. Journal of Arid Environments 75: 1292-1301.
- Banedj Schafie, S. 2015. Effect of a superabsorbent polymer on the growth of *Panicum antidotale* and nitrogen leaching. Iranian Journal of Range and Desert Research 22(3): 595-605.
- Boyd, R.S. 2007. The defense hypothesis of elemental hyper accumulation status, challenges and new directions. Plant and Soil 293: 153-176.
- Bradley, R., Burt, A.J., and Read, D.J. 1981. Mycorrhizal infection and resistance to heavy metal toxicity in *Calluna vulgaris*. Nature 292: 335-337.
- Ernest, W., Joachimkarauss, J., Verkleij, J., and Wesenbfrg, D. 2008. Interaction of heavy metals with the sulphur metabolism in angiosperms from an ecological point of view. Plant, Cell and Environment 31: 123-143.
- Fallahi, H.R., Aghhavan Shajari, M., Taherpour Kalantari, R., and Soltanzadeh, M.G. 2016. Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation. Journal of Agroecology 7(4): 513-527. (In Persian with English Summary)
- Fenn, M.E., Perea-Estrada, V.M., De Bauer, L.I., Perez-Suarez, M., Parker, D.R., and Centina-Alcala, V.M. 2006. Nutrient status and plant growth effects of forest soils in the basin of Mexico. Environmental Pollution 140: 187-199.
- Fenglian, F., and Wan, Q. 2011. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. Journal of Environmental Management 92(3): 407-418.
- Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. Journal of New Physiologist 84: 489-500
- Hesam, M., and Kaloe, M. 2014. Moisture retention of the soil by superabsorbent and its effect on yield and water use efficiency of tomato. Journal of Water and Soil Conservation 21(2): 245-259. (In Persian with English Summary)
- Huang, Z., Xiang, W., Ma, Y., Ma, P., Tian, D., and Deng, X. 2015. Growth and heavy metal accumulation of koeleruteria paniculata seedlings and their potential for restoring manganese mine wastelands in Hunan, China. International Journal of Environmental Research and Public Health 12: 1726-1744.
- Jacob Rossouw, M. 2016. Application of plant growth promoting substances and arbuscular mycorrhizal fungi for phytostabilisation of mine tailings. Msc Dissertation, Plant Biotechnology at the University of Stellenbosch.
- Jalili, K., Jalili, J., and Sohrabi, H. 2010. Effect of super absorbent polymer (Tarawat A₂₀₀) and irrigation interval on growth of almond sapling. Journal of Water and Soil Science 21(2): 121-134. (In Persian with English Summary)
- Johnson, N.C. 1998. Responses of *Salsola kali* and *Panicum virgatum* to mycorrhizal fungi, phosphorus and soil

organic matter: implications for reclamation. *Journal of Applied Ecology* 35: 86-94.

Kabiri, A. 2005. Superabsorbent, Introduction to Applied. The Third Workshop and Seminar Application of Super Absorbent in Agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Khan, A. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 355-364.

Keikhani, F. 2005. Effect of Super Absorbent Efficiency in Plants. Proceedings of the Third Period Educational and Seminars Specialized Agricultural use of Superabsorbent Hydrogels, Karaj. (In Persian)

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, London.

Maestre, F., Bautista, S., Cortina, J., and Diaz, G. 2002. Microsite and mycorrhizal inoculum effects on the establishment of *Quercus coccifera* in a semi-arid degraded steppe. *Ecological Engineering* 19: 289-295.

Mench, M., Lepp N., Bert, V., Schwitzguebel, J.P., Gawronski, S.W., Schröder P., and Vangronsveld J. 2010. Successes and limitations of phytotechnologies at field scale: outcomes, assessment and outlook from COST Action 859. *Journal Soils Sediments* 10: 1039-1070.

Mianji, K., Haj Seyed Hadi, S., Riazi, H.R., and Saber Haghighatnia, G.H. 2012. Studying phytoremediation potential of *Salvia officinalis* and *Achillea millefolium* in remediation of heavy metal polluted soils. The 12th Iranian Agriculture and Plant Breeding Science Congress, Karaj, Islamic Azad University, Karaj branch, 4-6 September p. 91-96. (In Persian)

Mohammadi Sani, M., Astaraei, A., Fotovat, A., Lakziyan, A., and Taheri, M. 2011. The effect of zeolite and TSP on Speciation of Pb, Zn and Cd in Mine Waste. *Journal of Water and Soil* 25(1): 42-50. (In Persian with English Summary)

Omid Beigi, R. 2008. Production and Processing of Medicinal Plants, Iran. (In Persian)

Phillips, J.M., and Hayman, D.S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasites and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Journal of Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.

Pfleger, F.L., and Linderman, R.G. 1994. Mycorrhizae and Plant Health. American Phytopathological Society, United States of America.

Raisi, T. 2013. Studying environmental effects of heavy elements on agricultural soils. *Ariculture and Natural Recourses Engineering Organization* 12(46): 34-37.

Ruiz-Baltazar, A., and Pérez, R. 2015. Kinetic adsorption study of silver nanoparticles on natural zeolite: experimental and theoretical models. *Journal of Applied Sciences* 5: 1869-1881.

Sadravi, M., and Gharacheh, N. 2013. The role of mycorrhizal fungi in restoring lands contaminated with toxic substance. *Plant Pathology Science* 2(2): 45-60. (In Persian with English Summary)

Saghari, M., Barani, H., Mesdagi, M., and Sadroi, M. 2009. Inoculation effect of mycorrhiza and Phosphorus fertilize on growth and yield of two annual *Medicago* sp. *Journal of Iranian Range Management Society* 15: 291-301. (In Persian with English Summary)

Shaheen, S.M., Tsadilas, C.D., and Rinklebe, J. 2015. Immobilization of soil copper using organic and inorganic amendments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178(1): 112-117.

Sharma, A., and Sharma, A. 2013. Role of vesicular arbuscular mycorrhiza in the mycorrhiza in the mycoremediation of heavy toxic metals from soil. *International Journal of Life science and Pharma Reviews (IJLPR)* 2(3): 418-431.

Shomali, R., and Khodaverdiloo, A. 2012. Contamination of soils and plants along urmia-salmas highway (Iran) to some heavy metals. *Journal of Water and Soil Science* 22(3): 157-171. (In Persian with English Summary)

Sudova, R., and Vosatka, M. 2007. Differences in the effects of three arbuscular mycorrhizal fungal strains on P and Pb accumulation by maize plants. *Plant and Soil* 296(1-2): 77-83.

Talaai, A., and Asadzadeh, A. 2005. Scrutiny of the effect of superabsorbent in reducing dryness olive trees. The third seminar courses and agricultural applications superabsorbent. Iranian Institute of Polymer and Petrochemical Institute. (In Persian with English Summary)

Van Rensburg, L., Maboeta, M., and Morgenthal, T. 2003. Rehabilitation of co-disposed diamond tailings: Growth medium rectification procedures and indigenous grass establishment. *Water, Air and Soil Pollution* 154: 101-113.

Vodyanitskii, Y. 2016. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states. *Annals of Agrarian Science* 14: 257-263.

Wingenfelder, U., Hansen, C., Farrer, G., and Schulin, R. 2005. Removal of heavy metals from mine waters by natural zeolites. *Environmental Science Technology* 39: 4606-4613.

Yari, S., Khalighi-Sigaroodi, F., and Moradi, P. 2013. Effects of different levels of zeolite on plant growth and amount of gel production in *Aloe vera* L. under different irrigation. *Journal of Aromatic and Medicinal Plants* 4(48): 72-81. (In Persian with English Summary)



Effect of Mycorrhiza, Zeolite and Superabsorbent on Growth and Initial Establishment of Medicinal Rangeland Species of *Achillea millefolium* L. in Abandoned Cement Mines Soils (Case Study: Mashhad' Shargh Cement Factory, Iran)

R. Azimi^{1*}, G.A. Heshmati², M. Farzam³ and M. Goldani⁴

Submitted: 14-03-2017

Accepted: 23-09-2017

Azimi, R., Heshmati, G.A., Farzam, M., and Goldani, M. 2018. The effect of mycorrhiza, zeolite and superabsorbent on growth and initial establishment of medicinal rangeland species *Achillea millefolium* L. in abandoned cement mines soils (Case study: Mashhad' Shargh Cement Factory, Iran). Journal of Agroecology. 10(2): 565-579.

Introduction

Today, mining led to severe degradation of natural and agricultural lands in a relatively large scale. Establishment of vegetation cover around the mining areas is a practical and environmental sound strategy. However due to poor soil condition and presence of heavy metals this process is risky and establishment of plant cover is not an easy task. *Achillea millefolium* L. is one of the important species that is used as rangeland and medicinal plant and also as ornamental and cover plant. However, technical issues such as soil amendments type of plant and method of planting need to be considered for a successful establishment. Some soil amendments materials are zeolite, superabsorbent or hydrogel and also mycorrhiza. However initial establishment of proper plant species under field condition is required for feasibility of such studies. The purpose of the present study was to investigate suitability of *Achillea millefolium* L. for reclamation of contaminated soils around abandoned mines of Mashhad' Shargh Cement Factory with inclusion of soil amendments.

Materials and Methods

The effect of mycorrhiza (*Glomus intraradices*), superabsorbent (A₂₀₀) and zeolite (Clinoptilolite) on the establishment and production of *Achillea millefolium* L. species in soils of abandoned mines (Mashhad' Shargh Cement Factory) was studied in 2015-2017. The experiment was based on a randomized complete block design with four replications consisting of four treatment (a plant species, mycorrhiza, zeolite and superabsorbent) criteria such as establishment percent, plant height, mycorrhizal colonization on roots, aerial and root dry weight and total dry matter was measured. Method of Giovannetti was used for colonization measurement of roots. The experimental data were categorized using the Excel database software and the charts were drawn. Analysis of variance was carried out by SPSS18 and Minitab16.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that zeolite, mycorrhiza and superabsorbent had significant effects on total dry weight, plant height, aerial and root dry weight of *Achillea millefolium* L. and also on establishment percent of the plant. Use of Mycorrhiza, zeolite and absorbent increased plant establishment by 50, 33 and 11 percent respectively. Zeolite and mycorrhiza increased plant height, aerial and root dry weight and also total dry weight compared with superabsorbent and control. When compared with the control zeolites, mycorrhiza and superabsorbent increased plant height by 14.3, 12.3 and 6.3 cm, dry aerial weight by 0.73, 0.57 and 0.5 g, dry root weight by 0.26, 0.15 and 0.14 g and total dry weight by 1, 0.73 and 0.64 g, respectively. Using suitable mycorrhizal fungi as an inoculum material in contaminated areas with heavy metals can reduce the effects of these toxic metals. Using suitable mycorrhizae fungi as an inoculum material in contaminated areas with heavy

1, 2, 3 and 4- PhD Rangeland Sciences, Professor, Rangeland Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment and Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Reyhaneazimi36@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v10i2.63197

metals can reduce the effects of these toxic metals. In a study that was carried out in Germany, natural zeolite was used to remove heavy metals from mine water. Zeolite in reducing iron, lead was more effective than cadmium and zinc.

Conclusions

According to the obtained results, the use of effective and affordable *G. intraradices* mycorrhiza and zeolite fertilizers as bio-fertilizers to increase yield and initial establishment *Achillea millefolium* L. plant and vegetation recovery of lands contaminated with heavy metals in mining area of Mashhad Shargh cement factory is recommended.

Keywords: Field, Mycorrhiza, Rangelands, Seedling transplantation



ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ارقام مختلف شلتوک برنج (*Oryza sativa* L.) در شهرستان کردکوی

زهرا همایونی^۱، لیلی ابوالحسنی^{۲*} و محمود صبوچی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

همایونی، ز.، ابوالحسنی، ل.، و صبوچی، م. ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ارقام مختلف شلتوک برنج (*Oryza sativa* L.) در شهرستان کردکوی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۲): ۵۸۰-۶۰۲.

چکیده

این مطالعه با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات به بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید شلتوک در ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.)، (طارم هاشمی، طارم سنگی، شیروزی، فجر و ندا) مزارع شهرستان کردکوی واقع در استان گلستان می‌پردازد. این بررسی با به‌کارگیری روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) به تخمین پیامدهای زیست‌محیطی کشت ارقام مختلف موجود در منطقه پرداخته شده است. روش LCA با استفاده از مؤلفه‌های میزان مصرف نهاده‌های طبیعی به تحلیل پیامدهای مخرب حاصل از مصرف منابع در نظام‌های تولیدی می‌پردازد و با شناسایی، نوع نهاده‌های مصرفی، انرژی مورد استفاده، مواد مصرفی در فرآیند تولیدی، اثرات و ضایعات تولیدشده را محاسبه می‌نماید. با استفاده از این روش می‌توان به ارزیابی پتانسیل اثرات گرمایش جهانی، اسیدیته، اتروفیکاسیون خشکی، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اثر سمیت بر انسان (برای کادمیوم موجود در فسفات)، اثر سمیت کادمیوم بر زمین، اثر سمیت کادمیوم بر آب شیرین، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات، پتاسیم و آب پرداخت. نتایج پژوهش نشان داد که در میان اثرات زیست‌محیطی برآورد شده، پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی بالاترین اثر را در تولید برنج دارا می‌باشد. همچنین دو اثر زیست‌محیطی تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع آبی از اثرات زیست‌محیطی مهم دیگر در کشت برنج می‌باشند. به‌طور متوسط در تولید برنج، میزان سه اثر پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی، اثر تخلیه منابع آبی و اثر تخلیه منابع فسفات به ترتیب معادل ۲/۰۳۳، ۱/۲۹۶ و ۰/۸۹۶ ارزیابی شده است. در بین اثرات زیست‌محیطی بررسی شده در این مطالعه، سه اثر زیست‌محیطی مربوط به اسیدیته، اتروفیکاسیون خشکی و سمیت بر آب به‌عنوان کمترین اثر محیط‌زیستی مخرب برای میانگین ارقام برنج شناسایی شده‌اند. همچنین بررسی ارقام مختلف نشان داد که در بین ارقام مختلف رقم طارم هاشمی و طارم سنگی بالاترین میزان پتانسیل ایجاد آلودگی را در بین سایر ارقام مختلف به ازای تولید یک تن شلتوک در هکتار دارا هستند. پایین‌ترین میزان مجموع شاخص‌های اثرات را در بین ارقام مورد بررسی مربوط به رقم ندا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اثر غیرمستقیم ازت، انتشار آلودگی، تخلیه منابع، طبقه بندی پیامدهای نامطلوب، مخاطرات نهاده‌های شیمیایی

مقدمه

دنبال خواهد داشت (Kirchmann & Thorvaldsson, 2000; Koocheki et al., 2016). ازجمله تأثیرات فعالیت‌های کشاورزی بر محیط‌زیست می‌توان مواردی از قبیل: آلودگی نیترات به منابع آب-های سطحی و زیرزمینی، شور شدن خاک، اسیدی شدن و انتشار گازهای گلخانه‌ای اشاره کرد (Kirchmann & Thorvaldsson, 2000) که تداوم این اثرات سبب چالش‌های جدی برای کارشناسان محیط‌زیست و سیاست‌مداران خواهد شد (Hatili et al., 2006; Dastan et al., 2013). در این راستا کشورها با تغییر سیاست‌های

بخش کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های اثرگذار به محیط‌زیست می‌باشد. فعالیت‌های کشاورزی از حیث، ارتباط تنگاتنگ آن با (خاک، آب و...) محیط‌زیست، اثرات مخرب و نامطلوبی بر محیط‌زیست به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، استادیار و استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*)- نویسنده مسئول: Email: l.abolhasani@um.ac.ir

پتانسیل اثرات زیست محیطی در برنج به مقایسه پیامدهای نامطلوب ناشی از زراعت برنج در ارقام مختلف (طارم سنگی، طارم هاشمی، فجر، ندا، شیرودی) نیز می پردازد.

بر این اساس مطالعات بسیاری بر نحوه اثر میزان مصرف نهاده ها بر محیط زیست صورت گرفته است. محققان بسیاری به ارزیابی پیامدهای نامطلوب ناشی از فعالیت های انسانی پرداخته اند. شش روش نقشه برداری ریسک زیست محیطی (^۱ERM)، ارزیابی چرخه حیات (^۲LCA)، ارزیابی اثرات زیست محیطی (^۳EIA)، سیستم های چند-عاملی (^۴MAS)، رهیافت برنامه نویسی چندگانه (^۵LP)، شاخص های کشاورزی- زیست محیطی (^۶AEI) برای ارزیابی اثرات زیست محیطی وجود دارد (Payraudeau & Van der Werf, 2005).

در میان این روش ها مطالعات بسیاری LCA را روشی مناسب برای بررسی اثرات زراعت محصولات معرفی نمودند (Canals et al., 2006; Roy et al., 2009; Noori et al., 2013; Ashworth et al., 2015). در این رهیافت، فرآیند گهواره تاگور محصول در سیستم های زراعی در نظر گرفته می شود. این روش در سال های اخیر برای نشان دادن اثرات زیست محیطی فعالیت های کشاورزی و صنعتی مورد استفاده فراوانی قرار گرفته است (Carlsson kanyama et al., 2013; Meisterling et al., 2009; Roy et al., 2009; Sherwani et al., 2010; Bojaca et al, 2014; Bjorklund, 2013; Suleiman & Rosentrater, 2014; Kucukvar et al., 2014; Khoshnevisan et al., 2014; Pang et al., 2015; Meiev et al., 2015; Bacenetti et al., 2016; Fusi et al., 2016).

از جمله مطالعاتی که با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات به بررسی اثرات زیست محیطی پرداختند، می توان به سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2015) به ارزیابی زیست محیطی سیستم های مختلف تولید چغندر (*Beta vulgaris* L.) کشور (استان های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی) و مقایسه آن با الگوهای تولید در سوئیس پرداختند. نتایج نشان داد که نظام های مکانیزه برتری زیست محیطی نسبت به نظام سنتی دارند. خجسته پور و همکاران (Khojastepour et al., 2014) به بررسی اثرات زیست محیطی پنبه (*Gossypium*

گذشته خود در استفاده از منابع طبیعی، سعی بر کاهش اثرات مخرب، درعین حال حفظ تولید را دارند (Jaruwongwittaya & Chen, 2010; Fila, Bacenetti, 2015; Hosseini et al., 2013; Khajastepour et al., 2013; Ghadiryanfal et al., 2016; Tilman et al., 2002).

از جمله فعالیت های کشاورزی که آلودگی قابل توجهی را سبب می گردد، کشت برنج (*Oryza sativa* L.) می باشد. در ایران، برنج دومین محصول استراتژیک بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) محسوب می شود که جزء اقلام اصلی سبد مصرفی خانوار به شمار می رود. مصرف سرانه برنج در داخل کشور ۱۰۰ گرم در روز است و ایران رتبه ۱۳ را در مصرف برنج در جهان داراست (Hormozi et al., 2012).

با وجود نقش کلیدی این محصول در ایجاد امنیت غذایی و اشتغال، مصرف بی رویه نهاده ها به دلیل عدم آگاهی کشاورزان و نبود کنترل در مصرف نهاده های اولیه چون کودهای شیمیایی، اثرات مخرب زیست محیطی فراوانی را بر جای می گذارد (Zhang et al., 2010; Tilman et al., 2001; Wang & Wu, 2010). از جمله پیامدهای کشت برنج می توان به انتشار گازهای گلخانه ای چون NO_x، CO₂، SO_x، NH₃، CH₄ و NMVOC اشاره نمود. مصرف بالای کودهای شیمیایی در برنج انتشار گازهای گلخانه ای را چندین برابر می کند. استفاده از کودهای شیمیایی علاوه بر انتشار گازها، آلودگی آب و خاک را به همراه خواهد داشت (Mohammadi et al., 2014; Nikkhah et al., 2013; Veisi et al., 2015). از طرفی مصرف فراوان آب در تولید برنج، همچنین مصرف انرژی های تجدید ناپذیری چون گازوئیل برای پمپاژ آب به خصوص در کشورهای توسعه نیافته فرآیند تخلیه منابع آبی و منابع تجدیدناپذیر را به همراه دارد.

محصول برنج از حیث جایگاه آن در سبد مصرفی خانوار، محصولی استراتژیک محسوب می شود. با توجه به این که مصرف کودشیمیایی در کشت برنج بالاتر از سایر محصولات می باشد، به همین جهت اثرات برجای مانده از مصرف این کودها نیز قابل توجه خواهد بود. استان گلستان جایگاه چهارم را در کشت برنج دارا بوده و همچنین از جمله استان های پرمصرف کود شیمیایی محسوب می گردد (Amiri, 2016). به همین سبب این مطالعه سعی بر شناسایی پیامدهای نامطلوب حاصل از مصرف نهاده ها را در زراعت برنج در شهرستان کردکوی دارد. همچنین این بررسی ضمن بررسی

- 1- Environmental risk mapping
- 2- Life cycle assessment
- 3- Environmental impact assessment
- 4- Multi agent system
- 5- Multiple linear programming
- 6- Agro- Environmental indicators

L. در شمال کشور پرداختند. آن‌ها دریافتند که اثر اتروفیکاسیون خشکی و تخلیه منابع فسیلی از مهم‌ترین اثرات کشت پنبه در منطقه می‌باشد. نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., 2013) به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در گیلان پرداختند. شش اثر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی، فسفات، پتاسیم مد نظر قرار گرفت. در میان اثرات مورد بررسی، اثر تخلیه منابع فسیلی و اثر اتروفیکاسیون خشکی بالاترین اثرات زیست‌محیطی را بر جای گذاشته بودند. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2013) به بررسی اکوسیستم‌های آبی و دیم تولید جو (*Hordeum vulgare* L.) در کشور بر اساس میزان مصرف نیتروژن با استفاده از LCA پرداخته‌اند. گروه‌های اثری که مورد بررسی واقع‌شدن شامل اسیدی شدن، اختناق دریاچه و گرمایش جهانی پرداخته است. میر حاجی و همکاران (Mirhaji et al., 2012) با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بر روی محصول چغندر به بررسی چهار اثر از جمله گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی در استان خراسان جنوبی و شرکت سهامی زراعی خضری پرداختند. نتایج نشان داد که اثر تخلیه منابع آبی در تولید چغندر قند استان خراسان بیش‌ترین اثر را از اثرات مورد بررسی‌شده به خود اختصاص داده است.

هم‌چنین تاکنون مطالعات زیادی در زمینه کاهش مخاطرات زیست‌محیطی در کشورهایی چون تایوان، یانگ و همکاران (Yang et al., 2009)؛ چین، ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2010) و ژاپن، کوجا و تاجیما، هاکازونو و هایشی (Koga & Tajima, 2011)؛ صورت پذیرفته است. وانگ و همکاران (Wang et al., 2007) به بررسی اثرات زیست‌محیطی گندم و ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از روش LCA در شمال چین پرداخته است. اثراتی که در این مطالعه اثراتی چون تغییرات هوا و اقلیم، تخلیه انرژی، اسیدی شدن و سمیت مدنظر قرار گرفته است.

ژیا و یان (Xia & Yan, 2011) در بررسی خود برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی اقتصادی اثرات نیتروژن در تایهو چین انجام دادند؛ اثراتی چون تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اتروفیکاسیون، به ازای تولید یک کیلوگرم برنج را مورد تحلیل قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که استفاده بهینه از کودهای نیتروژن، علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، سود اقتصادی را نیز افزایش خواهد داد. لین و فاکوشیما (Lin & Fukushima, 2016) با استفاده از روش LCA به

بررسی اثراتی چون پتانسیل گرمایشی زمین، مصرف آب و انرژی مورد استفاده در برخی مزارع برنج تایوان پرداختند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2007) به بررسی اثرات زیست‌محیطی گندم و ذرت با استفاده از روش LCA در شمال چین پرداخته است. اثراتی که در این مطالعه اثراتی چون تغییرات هوا و اقلیم، تخلیه انرژی، اسیدی شدن و سمیت مدنظر قرار گرفته است. نتیجه تحقیق تأکید بر میزان اثرگذاری چشمگیر کود نیتروژن بر محیط‌زیست به‌دست آمده است.

با نظر به مطالعات گذشته در زمینه نحوه محاسبه اثرات زیست‌محیطی نامطلوب نهاده‌های ورودی مزارع، می‌توان دریافت که اثر گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اتروفیکاسیون و تخلیه منابع آب از جمله اثراتی بودند که در اکثر مطالعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مواردی چون اثر سمیت (حاصل از کودهای مصرفی و سموم شیمیایی)، اکسیداسیون فتوشیمیایی در مطالعات محدودی مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند. در بحث تخلیه منابع، در ارزیابی مصرف کودهایی چون فسفات و پتاس بررسی‌های محدودی صورت گرفته است. در مجموع می‌توان گفت که بررسی‌های گسترده‌ای در اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی مطالعات صورت پذیرفته است (Khoshnevisan et al., 2014; Mohammadi et al., 2014; You & Zhang, 2016). به همین علت این مطالعه به ارزیابی زیست‌محیطی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در کشت برنج می‌پردازد که بتواند کمکی برای رسیدن به راهبردی در جهت دستیابی به توسعه پایدار باشد. روش LCA، استفاده از مؤلفه‌های میزان مصرف نهاده‌های طبیعی و پیامدهای مخرب حاصل از مصرف منابع به تحلیل نظام‌های تولیدی می‌پردازد و با شناسایی، نوع نهاده‌های مصرفی، انرژی مورد استفاده، مواد مصرفی در فرآیند تولیدی، اثرات و ضایعات تولیدشده را محاسبه می‌نماید (Roy et al., 2009).

اهمیت ارزیابی زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی سبب شد که استفاده از این روش به‌سرعت گسترش یابد. از این‌رو، این بررسی در نظر دارد که حداکثر تلاش برای دستیابی به محاسبه بیشتر اثرات نامطلوبی ایجادشده در زمینه مصرف سوخت و سایر نهادهای مصرفی توسط شالی‌کاران را داشته باشد.

مواد و روش‌ها (منطقه مورد مطالعه):

موقعیت جغرافیایی استان گلستان در مختصات ۵۳ درجه و ۵۱

نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تعیین تعداد نمونه استفاده شد. برای تعیین حجم نمونه از فرمول زیر استفاده شده است.

$$n = \frac{N \cdot (t \cdot s)^2}{Nd^2 + (t \cdot s)^2} \quad \text{معادله (۱)}$$

دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در بخش شمال کشور قرار گرفته است. شهرستان کردکوی در بخش شرقی گلستان واقع است. شهرستان کردکوی دارای ۲۸ روستا در حوضه منطقه‌ای خود می‌باشد (National Institute of Ststistic, 2012). این بررسی از روش

جدول ۱- مقدار میانگین مصرف نهاده‌ها و تولید ستاده‌ها در تولید یک تن شلتوک برنج به ازای هر رقم

Table 1- Average consumption of inputs and output in the production of paddy rice, one for each varies

رقم ندها Variety (Neda)	رقم فجر Variety (Fajr)	رقم شیرودی Variety (Shirudi)	رقم طارم هاشمی Variety (Tarom Hashemi)	رقم طارم سنگی Variety (Tarom sangi)	نهاده‌ها (واحد) Inputs (Unite)
112.54	110.40	96.34	95.86	96.04	بذر (کیلوگرم) Seed (kg)
22.44	23.17	20.03	18.24	19.56	ماشین‌ها (ساعت) Machines (h)
1.7	1.99	1.03	1.70	1.26	تراکتور Tractor
4.08	3.85	4.07	3.7	3.57	نشاکار Planting
					کامبین Combine
8.24	6.20	6.88	3.29	2.59	سموم شیمیایی (لیتر) Chemical pesticides (L)
7.22	5.56	4.21	1.33	1.4	علف‌کش Herbicide
2.29	5.98	5.10	1.51	1.78	قارچ‌کش Fungicides
					حشره‌کش insecticide
238.59	262.24	210.01	196.02	202.23	کود شیمیایی (کیلوگرم) Fertiliser (kg)
117.72	119.14	125.28	96.86	85.22	اوره Urea
144.84	151.29	184.18	120.36	123.37	فسفات Phosphate
13.34	20.17	26.41	9.36	12.95	پتاسیم Potassium
14.96	38.35	19.98	20.42	6.03	گوگرد Sulphur
16.74	12.83	15.83	9.47	6.47	سولفات آمونیوم Ammonium sulphate
0.30	0.42	0.37	0.28	0.28	کود مرغی Chicken manure
					پتاس بالا High potash
3703.79	3863.39	9381.35	4346.02	5837.82	الکتریسیته (کیلووات ساعت) Electricity (Kwh)
3317.55	3865.45	3092.60	2848.00	3166.065	آب آبیاری (مترمکعب) Water (m ³)
345.69	354.71	286.89	293.89	284.44	سوخت دیزل (لیتر) Diesel fuel (L)

مرحله اول (تعریف هدف و حوزه مطالعاتی)

در این مرحله هدف از تحقیق و اثرات مورد بررسی تعیین می‌گردد. همان‌طور که بیان شد همگام با سایر مطالعات اثراتی چون گرمایش جهانی (GWP^5)، اسیدیته (AP^6)، اتروفیکاسیون خشکی (EP^7)، تخلیه منابع آبی (WC^8)، تخلیه منابع فسیلی (FC^9) برای این مطالعه هم در نظر گرفته شده است. علاوه بر موارد ذکر شده پتانسیل اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی (POP^{10})، اثر سمیت بر انسان (بر اثر کادمیوم (Cd^{11}) موجود در فسفات) (HTP^{12})، اثر سمیت کادمیوم بر زمین ($TETP^{13}$)، اثر سمیت کادمیوم بر آب شیرین ($AETP^{14}$)، تخلیه منابع فسفات (P^{15})، پتاسیم (K^{16}) برای ارقام مختلف برنج مورد بررسی قرار گرفته است.

اثر کاهش منابع طبیعی

پتانسیل این اثرات اشاره به فرآیند استفاده از منابع طبیعی چون مواد معدنی (پتاسیم، فسفات)، سوخت‌های فسیلی و منابع آبی در طی مراحل کشت محصول داشته و به‌علت استفاده از این منابع کاهش ذخایر مربوطه و در نتیجه محدود کردن دسترسی آیندگان به چنین منابعی را خواهیم داشت (Brenttrup et al., 2004; Guinee, 2001).

اثر گرمایش زمین

این اثر از انتشار گازهایی چون CO_2 ، N_2O ، CH_4 که بیش‌ترین نقش را بر ایجاد گرمایش غیرطبیعی کره زمین و پیامد تغییر اقلیم ایفا می‌کنند، به‌وجود می‌آید. این شاخص برحسب CO_2 یکسان‌سازی می‌شود (Khorramdel et al., 2013; Brenttrup et al., 2004).

اثر سمیت

این اثر شامل تمامی آلودگی‌هایی است که باعث می‌شوند که

که در آن n : حجم کل نمونه انتخابی، N : حجم کل جامعه موردبررسی، t : (درصد خطای معیار، ضریب اطمینان قابل قبول ($1/96$)): s : انحراف معیار صفت مورد مطالعه و d : دقت احتمالی می‌باشد. برای تعیین واریانس جامعه، پیش مطالعه‌ای با ۳۰ نمونه از کشاورزهای منطقه موردبررسی قرار گرفت و واریانس این نمونه بر اساس صفت اندازه مزارع محاسبه شد. در نهایت با به‌کارگیری فرمول کوکران اورکات تعداد نمونه موردنظر ۲۳۷ مزرعه مشخص گردید. داده‌های از طریق پرسشنامه و مصاحبه از کشاورزان منطقه به‌دست آمده است. ارقامی که در این مطالعه در نظر گرفته شده است، غالب‌ترین ارقام در این مناطق به شمار می‌آیند. جدول زیر به بررسی نهادهای مصرفی به ازای تولید یک تن شلتوک در هر رقم کشت شده در منطقه می‌پردازد.

در تمامی نهادهای مصرفی در هر تن شلتوک رقم کشت شده نشان داد که ارقام دانه بلند مرغوب (طارم سنگی و طارم هاشمی) به نسبت ارقام پرمحصول (شیرودی، فجر و ندا) نهادهای بیش‌تری را برای تولید یک تن دانه شلتوک مورد استفاده قرار می‌دهند. با در نظر گرفتن مقدار مصرفی نهادهای در هکتار، نتایج مقادیر مصرفی کود شیمیایی در ارقام پرمحصول از ارقام دانه بلند مرغوب بیش‌تر بوده است. مصرف کود پتاسیم، فسفات، اوره، الکتریسیته، آب آبیاری در ارقام پرمحصول به‌ترتیب $1/27$ ، $1/28$ ، $1/15$ ، $1/06$ و $1/10$ برابر ارقام دانه بلند مرغوب به‌دست آمده است.

روش LCA

سازمان استاندارد جهانی^۱ (ISO) در طول سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰ میلادی سه دستورالعمل موسوم به ISO14041، ISO14040 و ISO14042 برای محاسبه LCA محاسبه کرد (Finkbeiner et al., 2006; ISO, 2006). به‌طور کلی مراحل LCA به چهار مرحله تقسیم می‌شود که شامل مرحله تعریف هدف و حوزه مطالعه^۲، تعیین ورودی و خروجی سامانه^۳، ارزیابی تأثیر چرخه حیات و مرحله تفسیر نتایج می‌باشد^۴ (Iribarren & Vazquez-rowe, 2013; ISO, 2006). (Irarte et al., 2010 ;

- 5- Global warming potential
- 6- Acidification potential
- 7- Terrestrial Eutrophication Potential
- 8- Water consume
- 9- Fossil fuel consumption
- 10- Photochemical oxidation
- 11- Cadmium
- 12- Human toxicity potential
- 13- Terrestrial ecotoxicity potential
- 14- Aquatic ecotoxicity, fresh water potential
- 15- Phosphate consumption
- 16- Potash consumption

- 1- International Organization for Standardization
- 2- Objectives and definition of scope
- 3- Life cycle inventory (LCI) analysis
- 4- Integration and interpretation

آفت کش ها و کلیه منابع مورد نیاز که برای تولید هر کیلوگرم شلتوک برنج مورد استفاده قرار می گیرد. خروجی های سامانه شامل اثرات و آلودگی های ایجاد شده در فرآیند تولید که بر محیط زیست وارد می گردد را در برمی گیرد. در مجموع آلاینده های ساطع شده از سیستم زراعی شامل: CH_4 , NH_3 , SO_2 , SO_x , CO_2 , N_2O , NO_x , NO و NMVOC می باشد (Mirhaji et al., 2013; Molafilabi et al., 2012; Brentrup et al., 2004).

برآورد مقادیر آلاینده های انتشار یافته

انتشار آلاینده ها برای هر سه محیط خاک، آب و هوا متفاوت می باشد و اندازه گیری دقیق اثرات انتشار یافته با توجه به محدودیت های مالی، زمانی امکان پذیر نمی باشد. لذا از روش های مشخصی که در مطالعات و گزارش های زیست محیطی در مناطق مختلف جهان انجام شده می توان برای تخمین میانگین انتشار می توان استفاده نمود (Brentrup et al., 2000). با محاسبه انتشار گازهای آلاینده در محیط می توان اثرات زیست محیطی تولید محصولات مختلف را به دست آورد.

مرحله سوم، ارزیابی تأثیر چرخه حیات

هدف این مرحله تفسیر تمامی ورودی ها و خروجی های تولیدی از زراعت برنج در منطقه می باشد که سه مرحله را در برمی گیرد: طبقه بندی، نرمال سازی و وزن دهی (Mirhaji et al., 2012; Brentrup et al., 2004).

مرحله طبقه بندی

هر گروه اثر متشکل از گازها هستند. با قرار دادن هر آلاینده منتشر شده در هر گروه اثری که در ایجاد آن نقش دارند، می توان گروه بندی در انتشار اثرات ایجاد نمود. در نهایت با ضرب کردن میزان هر آلاینده در فاکتور طبقه بندی یا کارایی آن و جمع این مقادیر برای هر گروه از اثرات به یک شاخص طبقه بندی می توان دست یافت (Mirhaji et al., 2012). هر شاخص اثر i ، از رابطه زیر بمحاسبه شد.

$$ICI_i = \sum_i [(E_j \text{ or } R_j) \cdot CF_{ij}] \quad \text{معادله (۲)}$$

در معادله (۲)، E_j و R_j : انتشار ترکیب j یا مصرف منبع j بر هر واحد از عملکرد، CF_{ij} ، مؤلفه طبقه بندی برای ترکیب j موجود در گروه تأثیر

محیط زیست انسان آلوده شود. استفاده از کود فسفات، سبب انتشار عنصر کادمیوم به محیط می شود که در نتیجه دو نوع سمیت به محیط انتشار پیدا می کند.

الف) اثر سمیت کادمیوم (Cd) بر زندگی انسان

این اثر میزان اثر عامل آلودگی بر سلامت انسان را مورد تحلیل قرار می دهد. به عبارتی شدت میزان اثر آلودگی که بر بدن خواهد گذاشت، مورد تحلیل قرار می دهد.

اثر سمیت کادمیوم (Cd) بر اکوسیستم

پنج نوع اثر سمیت در طبقه بندی اکوسیستم، وجود دارد که در اینجا به دو نوع اثر سمیت بر زمین و اثر سمیت بر آب شیرین پرداخته می شود.

اثر اکسیداسیون فتو شیمیایی

پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی از تشکیل لایه اوزون در لایه های تحتانی اتمسفر پدیدار می شود. با تشکیل این لایه اثرات بسیار مخربی بر محیط زیست برجای خواهد گذاشت. اثر اکسیداسیون فتو شیمیایی از انتشار گازهای CO ، CH_4 و SO_2 حاصل می گردد و برحسب C_2H_4 یکسان سازی می گردد (Guinee, 2001).

اثر اسیدی شدن

پتانسیل اسیدی شدن، میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی که سبب اسیدی شدن اکوسیستم های خشکی و آبی می شود را نشان می دهد. این شاخص برحسب کیلوگرم SO_2 بیان می گردد.

اثر اتروفیکاسیون خشکی:

پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی به دلیل انتشار ترکیبات نیتروژن دار NO_x و NH_3 در خاک ایجاد می گردد. این اثر برحسب NO_x یکسان سازی و جمع می شود.

مرحله دوم (تعیین ورودی و خروجی سامانه):

در این مرحله ورودی و خروجی سیستم های زراعی مشخص می شود. ورودی ها شامل تمام نهاده های مصرفی از قبیل: سوخت های مصرفی، الکتریسیته، میزان آب مصرفی، بذر، کود، نیروی کار،

ICI_i شاخص طبقه‌بندی در هر گروه تأثیر که نشان‌دهنده پتانسیل شاخص طبقه‌بندی و کارایی هر ترکیب در جدول ۱ آورده شده آن ترکیب در ایجاد اثر مربوطه می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب انتشار انواع آلاینده‌ها از مصرف نهاده و فعالیت‌ها

Table 2-Emission factors for inputs and activities

آلاینده‌ها Pollutants	کود شیمیایی (کیلوگرم) Fertilizer (kg)	سوزاندن باقی‌مانده‌های گیاهی (کیلوگرم) Burning plant residues (kg)	الکتریسیته (کیلووات ساعت) Electricity (KWH)	سوخت دیزلی (لیتر) Diesel fuel (l)	منابع References
CH ₄	173×10 ⁻⁶	2.77×10 ⁻⁶	-	-	(Gasol et al., 2007; Liu et al., 2010; IPCC, 2007; Tzivilakis et al., 2005)
N ₂ O	18.1×10 ⁻⁶	0.882×10 ⁻⁶	0.0184	3.853×10 ⁻³	(Tzivilakis et al., 2005; Brentrup et al., 2004)
NO	5.729×10 ⁻⁶	4.61×10 ⁻⁵	0.0588	0.012	(Liu et al., 2010; EEA, 2013)
NO _x	0.022	4.61×10 ⁻⁵	1.18×10 ⁻³	3.85×10 ⁻⁴	(Gasol et al., 2007; EEA, 2013)
CO ₂	2.73	2.26×10 ⁻⁶	0.033	8.824	(Gasol et al., 2007; Tzivilakis et al., 2005; EEA, 2013; EEA, 2013)
CO	0.636	0.061	0.0336	5.620	(IPCC, 2010)
NH ₃	2.896×10 ⁻⁵	0.038	0.02944	6.146×10 ⁻³	(Gasol et al., 2007; EEA, 2013)
SO ₂	0.4×10 ⁻²	1.411×10 ⁻⁶	-	-	(Tzivilakis et al., 2005)
NM VOC	-	-	0.4×10 ⁻³	-	(EEA, 2013)
CD	-	-	0.704	-	(EEA, 2013)
SO _x	-	-	0.4×10 ⁻³	-	(EEA, 2013)

جدول ۳ - طبقه‌بندی گروه‌های تأثیر مورد مطالعه در سامانه تولید شلتوک بر اساس نوع آلاینده و ضرایب یکسان‌سازی

Table 3- Classifying the impact groups according to the type of contaminants in grain production and standardization coefficients

گروه تأثیر Impact category	آلاینده pollutant	کارایی هر ترکیب characterization factors	منابع References
گرمایش جهانی (kg CO ₂) Global warming	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O	CO ₂ =1; CH ₄ =21; N ₂ O=310	(Brentrup et al., 2004)
اسیدیته (kg SO ₂) Acidification	NH ₃ , S ₂ O, NO _x	SO ₂ =1.2; NO _x =0.5; NH ₃ =1.6	(Brentrup et al., 2004)
اتروفیکاسیون خشکی (kg NO _x) Terrestrial eutrophication	NH ₃ , NO _x	NH ₃ =4.4; NO _x =1.2	(Brentrup et al., 2004)
اکسیداسیون فتوشیمیایی (kg C ₂ H ₄) Photochemical oxidation	CH ₄ , SO ₂ , CO	CH ₄ =0.006 ; SO ₂ =0.048 ; CO=0.027	(Guinee, 2001)
اثر سمیت بر انسان (kg 1,4-DCB-equiv) Human toxicity	Cd	3.98×10 ⁻³	(Brentrup et al., 2004)
اثر سمیت CD بر زمین (kg 1,4-DCB-equiv) Terrestrial Eco toxicity	Cd	1.7×10 ⁺²	(Brentrup et al., 2004)
اثر سمیت CD بر آب شیرین (kg 1,4-DCB-equiv) Aquatic Eco toxicity, fresh water	Cd	7.8×10 ⁺²	(Brentrup et al., 2004)
تخلیه منابع فسیلی (MJ) Fossil fuel consumption	مصرف گازوئیل Gasoline consumption	42.86	(Brentrup et al., 2004)
تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅) Phosphate consumption	مصرف فسفات The use of phosphates	0.25	(Brentrup et al., 2004)
تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O) Potash consumption	مصرف پتاسیم Potassium consumption	0.105	(Wang et al., 2010)
تخلیه منابع آبی (مترمکعب) Water consumption (m ³)	مصرف آب Water consumption	1	(Brentrup et al., 2004)

نرمال‌سازی

پس از طبقه‌بندی اثرات در مرحله قبل و شناسایی اهمیت داده‌ها و همچنین آماده‌سازی برای مرحله وزن‌دهی از نرمال‌سازی استفاده می‌شود. لذا نیاز به داده‌های بدون واحد می‌باشد که از تقسیم هر اثر بر یک فاکتور نرمال‌سازی حاصل می‌گردد (Mirhaji et al., 2012; Brentrup et al., 2004). که با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد.

$$N_i = \frac{ICI_i}{ICI_{i, ref}} \quad \text{معادله (۳)}$$

در رابطه (۳)، N_i ؛ مقدار نرمال شده شاخص مربوط به تأثیر i به ازای یک واحد عملکرد محصول، ICI_i ؛ مقدار غیر نرمال شاخص مربوط به گروه تأثیر، $ICI_{i, ref}$ مقدار شاخص مربوط به مقدار محاسبه شده هر گروه تأثیر در مرحله طبقه‌بندی می‌باشد.

وزن‌دهی

برای هر اثر محیط‌زیستی و بر اساس میزان مخاطره‌آمیز بودن آن، یک اهمیت وزنی برای آن در نظر گرفته می‌شود. به صورتی که گروهی با کارایی مخاطره‌آمیز بیش‌تر، وزن بیش‌تری دریافت خواهند نمود (Mirhaji et al., 2012; Brentrup et al., 2004).

$$W_{ijk} = \frac{CI_{ijk}}{T_{ijk}} \quad \text{معادله (۴)}$$

W_{ijk} ، وزن مربوط به هر اثر i ، برای زمان j و مکان k ، ارزش فعلی برای هر دسته از اثرات i و T_{ijk} ، ارزش شاخص هدف برای هر دسته تأثیر i می‌باشند. جدول عامل نرمال‌سازی و وزن‌دهی به صورت بالا می‌باشد.

جدول ۴- فاکتور وزن‌دهی و نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر

Table 4- The effect of weighting and normalization factor groups

منابع References	فاکتور وزن‌دهی Weighting factor	فاکتور نرمال‌سازی Normalization factor	گروه تأثیر Impact category
(Wang et al., 2007)	1.05	8143	گرمایش جهانی (kg CO ₂) Global warming
(Wang et al., 2007)	1.8	52	اسیدیته (kg SO ₂) Acidification
(Mirhaji et al., 2013)	1.4	63	اتروفیکاسیون خشکی (kg NO _x) Terrestrial eutrophication
(Guinee, 2001)	0.8	9.69	اکسیداسیون فتوشیمیایی (kg C ₂ H ₄) Photochemical oxidation
(Brentrup et al., 2004)	-	7.5×10 ⁻³	اثر سمیت بر انسان (kg 1,4-DCB-equiv) Human toxicity
(Brentrup et al., 2004)	-	1.5×10 ⁺²	اثر سمیت CD بر زمین (kg 1,4-DCB-equiv) Terrestrial Eco toxicity
(Brentrup et al., 2004)	-	1.24×10 ⁺²	اثر سمیت CD بر آب شیرین (kg 1,4-DCB-equiv) Aquatic Eco toxicity, fresh water
(Wang et al., 2007)	1.14	39167	تخلیه منابع فسیلی (MJ) Fossil fuel consumption
(Brentrup et al., 2004)	0.20	7.66	تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅) Phosphate consumption
(Wang et al., 2010)	1.20	8.14	تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O) Potash consumption
(Brentrup et al., 2004)	0.21	626.36	تخلیه منابع آبی (مترمکعب) Water consumption (m ³)

مرحله چهارم، تلفیق و تفسیر نتایج

شاخص‌های نهایی به دو صورت گروه‌های حاصل از تخلیه منابع و اثرات زیست‌محیطی ایجادشده جمع‌بندی و مقایسه می‌گردند. برای

اثراتی چون گرمایش جهانی، اسیدیته، اتروفیکاسیون خشکی، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اثر سمیت بر زمین و انسان از این معادله استفاده می‌گردد:

دو عامل، سوزاندن بقایای گیاهی در مزرعه و مصرف کود فسفات باعث انتشار عنصر کادمیوم به محیط می‌شوند که این عنصر خود سبب ایجاد پتانسیل اثر سمیت بر انسان و اکوسیستم می‌شود. کود فسفات بیش‌ترین سهم انتشار عنصر کادمیوم (Cd) را دارا بوده است. سوزاندن بقایای گیاهی علاوه بر انتشار کادمیوم، انتشار SOx را نیز ناشی می‌شود. مصرف سوخت‌های فسیلی علاوه بر انتشار گازهای متداول NH_3 ، NO ، NO_x ، NO_2 و CO، تنها عامل انتشار گازهایی چون CH_4 و SO_2 هستند.

برآورد و مقایسه اثرات زیست‌محیطی تولید شلتوک برنج با سایر محصولات کشاورزی

اثرات زیست‌محیطی مختلف حاصل از انتشار آلاینده‌های تولیدشده در کشت برنج در شکل ۱ که نشان‌دهنده میانگین شاخص نرمال شده اثرات زیست‌محیطی محصول برنج به ازای تولید یک‌تن شلتوک است، نشان داده شده است. نمودار میانگین شاخص نرمال شده اثرات زیست‌محیطی محصول برنج به‌ازای تولید یک‌تن شلتوک به‌صورت شکل ۱ می‌باشد.

اثرات زیست‌محیطی برآورد شده در کشت برنج نشان می‌دهد که پتانسیل اکسیداسیون فتو شیمیایی بالاترین اثر را در تولید برنج دارا می‌باشد. همچنین دو اثر زیست‌محیطی تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع آبی از اثرات زیست‌محیطی مهم دیگر در کشت برنج می‌باشند. به‌طور متوسط در تولید برنج، سه اثر پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی، اثر تخلیه منابع آبی و اثر تخلیه منابع فسفات به‌ترتیب معادل ۲/۰۳۳، ۱/۲۹۶ و ۰/۸۹۶ ارزیابی شده است. در بین اثرات زیست‌محیطی بررسی‌شده در این مطالعه، سه اثر زیست‌محیطی مربوط به اسیدیته، اتروفیکاسیون خشکی و سمیت بر آب به‌عنوان کمترین اثر محیط‌زیستی مخرب برای میانگین ارقام برنج شناسایی شده‌اند.

این در حالی است که در اکثر مطالعاتی که بر روی محصولات زراعی صورت گرفته اثر اتروفیکاسیون خشکی نمونه‌ای از اثرات غالب معرفی گردیده است. به‌عنوان مثال، خجسته پور و همکاران (Khojastepour et al., 2013) که به بررسی اثرات زیست‌محیطی پنبه در شمال کشور پرداختند، بیش‌ترین تأثیر مربوط به گروه اتروفیکاسیون خشکی و تخلیه منابع فسیلی بوده است.

$$EcoX = \sum N_i \cdot W_i \quad \text{معادله (۵)}$$

هر چه مقدار شاخص EcoX به‌دست آمده کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده پتانسیل کم‌تر آسیب به محیط‌زیست می‌باشد. شاخص زیست‌محیطی تخلیه منابع از اثرات زیست‌محیطی آن به‌صورت مجزا محاسبه می‌شود. تخلیه منابع اثرات درازمدت بهره‌گیری از منابع را برای آیندگان مدنظر دارد. این شاخص نیز بدین‌صورت محاسبه می‌شود:

$$RDI = \sum N_i \cdot W_i \quad \text{معادله (۶)}$$

نتایج و بحث

در مزارع مورد مطالعه، کودهای شیمیایی (از قبیل اوره، پتاسیم، فسفات)، سوخت فسیلی، آب و الکتریسیته نهاده‌های اصلی هستند که تولید آلودگی را باعث می‌شوند. مصرف این نهاده‌ها، آلاینده‌هایی را ایجاد می‌کنند که می‌توان آن‌ها را در گروه‌های نیتروژن (N)، کربن (C)، گوگرد (S) و فسفر (P) تقسیم‌بندی نمود که در بخش بعد به بررسی میزان تولید هر کدام از آلاینده‌ها می‌پردازیم.

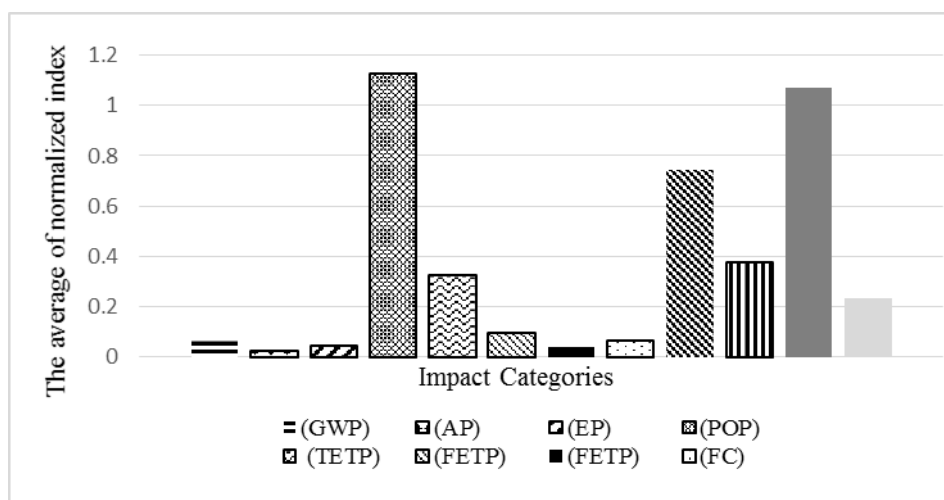
متوسط آلاینده‌های انتشاریافته به ازای تولید شلتوک برنج

نتایج تحلیل جدول ۵ نشان می‌دهد که همه نهاده‌های مصرفی به‌جز کودهای شیمیایی فسفات و پتاسیم تولید گازهای آلاینده شامل CO_2 ، CO ، NO_2 ، NO_x ، NO ، NH_3 را باعث می‌شوند.

اما در بین نهاده‌های مصرفی، کود ازت مهم‌ترین عامل برای انتشار گازهای فوق می‌باشد. لازم به ذکر است که گازهای CO و CO_2 منتشرشده از مصرف کود ازت ناشی از فرآیند تولید آن در خارج از محیط زراعی بوده است. به همین سبب تولید این گازها به‌عنوان اثر غیرمستقیم استفاده از کود ازت در نظر گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که ۴۹ درصد میزان کل انتشار CO_2 مربوط به اثر غیرمستقیم کود اوره بوده که این نتیجه با مطالعه برنتروپ و همکاران (Brentrop et al., 2004) که میزان ۵۹ درصد انتشار دی‌اکسید کربن برای تولید گندم را ناشی از انتشار غیرمستقیم تولید کود اوره تخمین زده‌اند، مطابقت دارد. در مطالعات دیگری که برای محصول زعفران (*Crocus sativus* L.) توسط ملافیلابی و همکاران (Molafilabi et al., 2013) انجام گرفته است، بیشترین منبع انتشار گاز دی‌اکسید کربن را مصرف کود اوره معرفی نموده‌اند.

جدول ۵- میزان انتشار (کیلوگرم به ازای تولید یک تن شلتوک برنج) برای مزارع برنج
 Table 5- Release rate (kg per ton of paddy) for rice fields

منبع انتشار Source Release	ترکیبات انتشار یافته Published compounds	طارم سنگی Tarom sangi	طارم هاشمی Tarom hashemi	شیرودی S hirudy	فجر Fajr	ندا Neda
کود اوره Urea	NH ₃	0.28135	0.29785	0.12155	0.1674 3	0.13533
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	NH ₃	0.00367	0.004993	0.00051	0.0019 6	0.00175
سوخت دیزلی Diesel fuel	NH ₃	0.00269	0.00247	0.00103	0.0014 4	0.00126
الکتریسیته Electricity	NH ₃	0.0049	0.00318	0.00276	0.0007 9	0.00087
کود اوره Urea	NO	0.5627	0.5957	0.2431	0.3347 8	0.27065
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	NO	0.00734	0.00985	0.00101	0.0039 2	0.00349
سوخت دیزلی Diesel fuel	NO	0.00537	0.00493	0.00207	0.0028 7	0.00252
الکتریسیته Electricity	NO	0.0098	0.00635	0.00553	0.0001 5	0.00174
کود اوره Urea	NO _x	0.01758	0.01862	0.0076	0.0104 6	0.00846
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	NO _x	0.00023	0.00015	0.00006 5	0.0000 9	0.00079
سوخت دیزلی Diesel fuel	NO _x	0.00017	0.00015	0.00006 5	0.0000 9	0.00079
الکتریسیته Electricity	NO _x	0.00031	0.0002	0.00017	0.0000 4	0.00005
کود اوره Urea	NO ₂	0.17584	0.18616	0.07597	0.0104 6	0.08458
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	NO ₂	0.00229	0.00308	0.00032	0.0012 2	0.00109
سوخت دیزلی Diesel fuel	NO ₂	0.00168	0.00154	0.00065	0.0009	0.00079
الکتریسیته Electricity	NO ₂	0.00306	0.00199	0.00173	0.0004 9	0.00054
کود اوره Urea	CO ₂	405.933	348.537	166.455	232.10 7	203.669
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	CO ₂	0.00424	0.00569	0.00059	0.0022 6	0.00202
سوخت دیزلی Diesel fuel	CO ₂	252.2875	232.425	97.5283	135.42 7	118.581
الکتریسیته Electricity	CO ₂	212.436	137.737	119.898	34.143 6	37.7492
کود اوره Urea	CO	249.618	271.581	110.832	145.22 2	121.64
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	CO	0.00665	0.00892	0.00092	0.0035 5	0.00317
سوخت دیزلی Diesel fuel	CO	161.322	148.042	62.12	68.295	75.5294
الکتریسیته Electricity	CO	135.309	87.7305	76.3684	21.747 5	24.0441
سوخت دیزلی Diesel fuel	CH ₄	0.01605	0.01473	0.00618	0.0085 8	0.00751
الکتریسیته Electricity	CH ₄	0.00962	0.00623	0.00543	0.0015 5	0.00171
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	SO _x	0.00005	0.000067	0.00006 9	0.0000 7	0.00004
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	NM VOC	0.00005	0.000067	0.00000 69	0.0000 27	0.000024
سوزاندن باقیمانده گیاهی Burning plant residues	CD	0.08773	0.11782	0.01212	0.0468 4	0.04178
سوخت دیزلی Diesel fuel	SO ₂	0.03154	0.02895	0.1215	0.0168 7	0.01477



شکل ۱- میانگین شاخص نرمال شده برای ارقام برنج
Fig. 1- Normalized index for all varieties of rice

گرفتن نهاده‌های آلاینده مختلف در هر مطالعه و تعداد ترکیبات منتشرشده هر منبع می‌تواند سبب تفاوت در تعیین اثرات غالب حتی در یک مطالعه شود. بنابراین این مطالعه با تفصیل کامل، نهاده‌های در نظر گرفته‌شده و آلاینده‌های ناشی از آن را معرفی نموده است. در جدول ۶ میانگین شاخص نهایی تخمین زده شده، برای برنج آورده شده است. در ادامه متن مقایسه‌ای در ارتباط با میزان شاخص نهایی برنج با سایر محصولات انجام خواهد گرفت.

اثر گرمایش جهانی متشکل از سه گاز CH_4 ، N_2O ، CO_2 می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که در بین گازهای تشکیل‌دهنده اثر گرمایش جهانی که شامل CO_2 (۱۴۶۸/۶)، CH_4 (۰/۳۰۷۵) می‌باشند و برحسب کربن دی‌اکسید معادل تخمین زده شده‌اند، کربن دی‌اکسید مهم‌ترین گاز از نظر منشأ ایجاد این اثر می‌باشد. این در حالی است که مطالعات انجام شده در مزارع ژاپن توسط کوگا و تاجیما، هوکازونا و هایشی (Koga & Tajima, 2011; Hokazono & Hayashi, 2012) نشان داد که گاز متان در مزارع برنج مهم‌ترین عامل برای اثر گرمایش بوده است. همچنین، مقایسه پتانسیل گرمایش جهانی ایجادشده توسط کشت برنج با سایر محصولات نشان می‌دهد که متوسط عملکرد تولید یک‌تن برنج می‌تواند پامد گرمایش جهانی بیش‌تری را به نسبت سایر محصولات زراعی پدید آورد. در مقابل پتانسیل گرمایش جهانی که برنج ایجاد نموده است به نسبت سایر مطالعات صورت گرفته بر روی محصول برنج کمتر بوده که این خود به سبب عوامل مختلفی چون نیمه

مورن و همکاران (Mouron et al., 2006) با استفاده از روش LCA به بررسی اثرات زیست‌محیطی سیب (Mentzelia pumila) (Torr. & A. Gray) در نیوزلند پرداخته‌اند، بیش‌ترین اثر مربوط به گروه تأثیر اثر سمیت آب و اتروفیکاسیون بوده است. در مطالعه هاسلر (Hasler, 2014) که به ارزیابی اثرات کودهای شیمیایی، از مرحله استخراج آن‌ها از مواد خام تا تولید و مصرف آن‌ها در مزارع آلمان می‌پردازد، در مرحله مصرف کود شیمیایی اتروفیکاسیون بیش‌ترین اثر را به‌همراه داشته است. نتایج مربوط به ابرپاتنه و همکاران (Irarte et al., 2010) در بررسی بر روی محصولات آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) نشان داد که بالاترین اثر زیست‌محیطی مربوط به گروه گرمایش جهانی و اتروفیکاسیون خشکی می‌باشد. آن‌ها مصرف و تولید بیش از حد کود نیتروژن، مصرف سوخت‌های فسیلی در جهت انجام عملیات مختلف خاک‌ورزی را علت پدید آمدن این اثرات معرفی نموده‌اند. در بحث پتانسیل تخلیه منابع، تخلیه منابع فسفات و آبی، از جمله غالب‌ترین اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید محصول برنج بیان شده‌اند. نتایج مطالعه هاسلر (Hosler, 2014) نیز نشان داد که تخلیه منابع فسیلی یکی از مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی در مراحل تولید و حمل‌ونقل کودهای شیمیایی می‌باشد.

در برآورد LCA باید به این نکته توجه نمود که در نظر گرفتن میزان هر اثر بستگی به مقادیر آلاینده آن دارد. از این رو در نظر

مکانیزه بودن مزارع و استفاده از نیروی کار انسانی بیش‌تر در مراحل کشت باشد.

جدول ۶- میانگین شاخص نهایی اثرات زیست‌محیطی برنج

Table 6- The final index means of Rice's environmental impact

شاخص نهایی	گروه تأثیر	شاخص نهایی	گروه تأثیر
Final index	Impact category	Final index	Impact category
0.0392	اثر سمیت CD بر آب شیرین (kg 1,4-DCB-equiv)	0.145	گرمایش جهانی (kg CO ₂)
0.120	تخلیه منابع فسیلی (MJ)	0.07	اسیدیته (kg SO ₂)
0.896	تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅)	0.08	اتروفیکاسیون خشکی (kg NO _x)
0.456	تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O)	2.032	اکسیداسیون فتو شیمیایی (kg C ₂ H ₄)
1.296	تخلیه منابع آبی (مترمکعب)	0.325	اثر سمیت بر انسان (kg 1,4-DCB-equiv)
	Water consumption (m ³)	0.093	اثر سمیت CD بر زمین (kg 1,4-DCB-equiv)
			Terrestrial Eco toxicity

جدول ۷ - مقایسه اثر نهایی گرمایش در تولید یک تن از محصولات مختلف

Table 7- Compares The final effect of heating in the production of one of the various products

مطالعه	تفاوت با اثر نهایی برنج	میزان اثر	نوع محصول
Study	The difference with the Final index of rice	The amount of effect	Type of product
(Wang et al., 2007)	1.043	0.139	گندم Wheat
(Wang et al., 2007)	2.19	0.066	ذرت Corn
(Wang et al., 2010)	0.659	0.22	برنج Rice
(Khojaste pur, 2015)	58.00	0.0025	پنبه Cotton
(Tzilivakis et al., 2005)	6.041	0.024	چغندر قند Sugar beet
(Blengini et al., 2009)	0.050	2.9	برنج Rice
(Molafilabi et al., 2013)	1.208	0.12	زعفران Saffron
(Ullah et al., 2015)	0.045	3.153	پنبه Cotton
(Thanawong et al., 2014)	0.048	2.97	برنج Rice

در پتانسیل اسیدی شدن، سه ترکیب NH_3 ، SO_2 و NO_x مؤثر می‌باشد که ترکیب NH_3 مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری این اثر شناخته شده است. به‌طور متوسط تولید برنج با ارقام مورد مطالعه به-ترتیب انتشار NH_3 ، SO_2 ، NO_x را به‌میزان ۰/۶۱۴، ۱/۰۲۱ و ۱/۶۳۶ برحسب کیلوگرم دی‌اکسید سولفور را باعث می‌شود.

بررسی مطالعاتی که به اثر اسیدی شدن در محصولات مختلف پرداخته‌اند نیز در جدول ۷ آورده شده است. با بررسی جدول زیر می‌توان دریافت که پتانسیل اسیدی شدن در تولید هر تن برنج به نسبت غلات بسیار کمتر بوده است. در مقابل اثر اسیدی شدن در هر تن برنج تولیدشده برابر مقدار پتانسیل تولیدی یک‌تن بنه زعفران

می‌باشد. در ارتباط با محصولاتی چون پنبه و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L. مقدار پتانسیل اسیدی شدن در محصول برنج تا پنج برابر پنبه هم در مطالعات داخلی تخمین زده شده است.

جدول ۸ - مقایسه مطالعات مختلف در اثر پتانسیل اسیدی شدن

Table 8- Compare the different studies on the potential effects of acidification

نوع محصول Type of product	میزان اثر The amount of effect	تفاوت با اثر نهایی برنج The difference with the Final index of rice	مطالعه Study
گندم Wheat	0.126	0.555	(Wang et al., 2007)
ذرت Corn	0.088	0.795	(Wang et al., 2007)
برنج Rice	0.46	0.125	(Wang et al., 2010)
پنبه Cotton	0.0127	5.511	(Khojaste pur, 2015)
زعفران Saffron	0.07	1	(Mollafilabi et al., 2013)
سیب‌زمینی Potato	0.012	5.833	(Esmaeilpur et al., 2015)
گندم Wheat	0.34	0.205	(Khorramdel et al., 2013)
پنبه Cotton	0.051	1.372	(Ullah et al., 2015)
برنج Rice	0.04	1.75	(Thanawong et al., 2014)

جدول ۹ - مقایسه مطالعات مختلف در اثر پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی

Table 9- Comparison of different studies on the effects of eutrophication Terrestrial eutrophication

نوع محصول Type of product	میزان اثر The amount of effect	تفاوت با اثر نهایی برنج The difference with the Final index of rice	منبع References
گندم Wheat	0.060	1.33	(Wang et al., 2007)
ذرت Corn	0.078	1.02	(Wang et al., 2007)
پنبه Cotton	0.0210	3.80	(Khojaste pur, 2015)
زعفران Saffron	0.08	1	(Mollafilabi et al., 2013)
سیب‌زمینی Potato	0.015	5.33	(Esmaeilpur et al., 2015)
پنبه Cotton	0.056	1.42	(Ullah et al., 2015)
برنج Rice	0.08	1	(Thanawong et al., 2014)

باوجود اهمیت اثر سمیت بر زندگی انسان و اکوسیستم (آبی و خشکی) بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی که به بررسی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در محصولات زراعی پرداخته‌اند، از بررسی این اثر صرفه نظر کرده‌اند. در بررسی‌های داخلی نیز مطالعه‌ای که برآورد اثر سمیت را مورد ارزیابی قرار داده باشد، یافت نشد. این مطالعه سه نوع اثر سمیت انسان، آب و زمین را با در نظر گرفتن عامل انتشار کادمیوم مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مقایسه‌ای سه اثر با سایر مطالعات در جدول ۹ آورده شده است.

در ایجاد اثر پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ای شامل دو گاز NO_x و NH_3 نقش مهمی را ایفا می‌کنند. در این بین NH_3 نقش مؤثری در تشکیل پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی (kg NO_x) به‌دنبال داشته است. متوسط میزان انتشار NO_x و NH_3 در این اثر برابر $0/289$ و $0/465 \text{ Kg NO}_x$ می‌باشد. اثر پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی را با سایر بررسی‌های انجام پذیرفته پیرامون این اثر را در جدول ۸ بررسی می‌کنیم. پتانسیل اثر اتروفیکاسیون ناشی از برنج بالاتر از محصولات بیان‌شده در جدول محاسبه شده است.

جدول ۱۰ - مقایسه مطالعات مختلف در اثر پتانسیل سمیت
Table 10- Compare the different studies of potential toxicity

مطالعه Study	تفاوت با اثر نهای برنج The difference with the Final index of rice	اثر سمیت بر آب Freshwater aquatic eco-toxicity	تفاوت با اثر نهای برنج The difference with the Final index of rice	اثر سمیت بر خشکی Terrestrial eco-toxicity	تفاوت با اثر نهای برنج The difference with the Final index of rice	اثر سمیت بر انسان Human toxicity	محصول Product
(Wang et al., 2007)	-	-	15.500	0.006	27.083	0.012	گندم Wheat
(Wang et al., 2007)	-	-	6.200	0.015	5.900	0.055	ذرت Corn
(Ullah et al., 2015)	0.038	1.01	0.017	5.448	0.116	2.780	پنبه Cotton
(Thanawong et al., 2014)	0.14	0.28	-	-	-	-	برنج Rice

میانگین ارقام برنج، آب مصرف می‌نماید (Mirhaji et al., 2012). برآورد اثر پتانسیل تخلیه منابع فسیلی به ازای تولید یک‌تن شلتوک برنج نیز نشان داد که میزان مصرف سوخت فسیلی در کشت برنج منطقه کردکوی بسیار بیش‌تر از کشت برنج در شمال چین می‌باشد (Wang et al., 2010).

اثر پتانسیل تخلیه منابع فسفات و پتاسیم در کشت برنج نسبت به سایر محصولات کشاورزی بسیار بالا است. دلیل این امر آن است که این دو عنصر از اصلی‌ترین عناصر مورد نیاز رشد گیاه برنج می‌باشند. از طرف دیگر بر طبق اظهارات کشاورزان منابع خاک منطقه به لحاظ این دو عنصر غنی نمی‌باشد و این امر باعث می‌شود که کشاورزان سطح بالایی از مصرف این دو کود را داشته باشند.

در مزارع مورد مطالعه حاضر، اثر تخلیه آب در مقایسه با مطالعات دیگر بیش‌تر اندازه‌گیری شده است. برنج محصولی است که برای تولید آن به منابع آبی فراوانی نیاز است. باین‌حال میانگین اثر نهایی تخلیه منابع آبی در تولید برنج در کردکوی به نسبت محصول برنجی که در چین توسط وانگ و همکاران (Wang et al., 2010) که بر روی محصول برنج انجام گرفته، بیش‌تر است. نتیجه مربوط به برآورد اثر تخلیه آب نشان می‌دهد که تفاوت در رقم‌های کشت‌شده، نیاز آبی متفاوت هر رقم، مقاومت ارقام در تنش‌های آبی و در نهایت بهره‌وری پایین عملکرد دانه، مدیریت نادرست بر نحوه مصرف آب خود می‌تواند از جمله علل دو برابر شدن اثر تخلیه آب در برنج استان گلستان به نسبت چین باشد. در مقایسه اثر فوق با سایر محصولات چون چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) نشان داد که چغندرقد یک‌سوم

(پس از نرمال‌سازی و وزن‌دهی) در شکل ۲ نشان داده شده است. از آن جایی که اعداد مربوط به اثرات مختلف نرمال‌سازی و وزن‌دهی شده‌اند، میزان هر اثر قابل مقایسه با یکدیگر می‌باشند.

مقایسه ارقام برنج در ایجاد اثرات زیست‌محیطی

محاسبات مربوط به انتشار گازهای فوق در ارقام مختلف دانه بلند مرغوب (طارم هاشمی و طارم سنگی) و ارقام پرمحصول (ندا، فجر و شیروودی) به طور جداگانه انجام شد. نتایج مربوط به شاخص نهایی

جدول ۱۱- مقایسه مطالعات مختلف در اثر پتانسیل تخلیه منابع

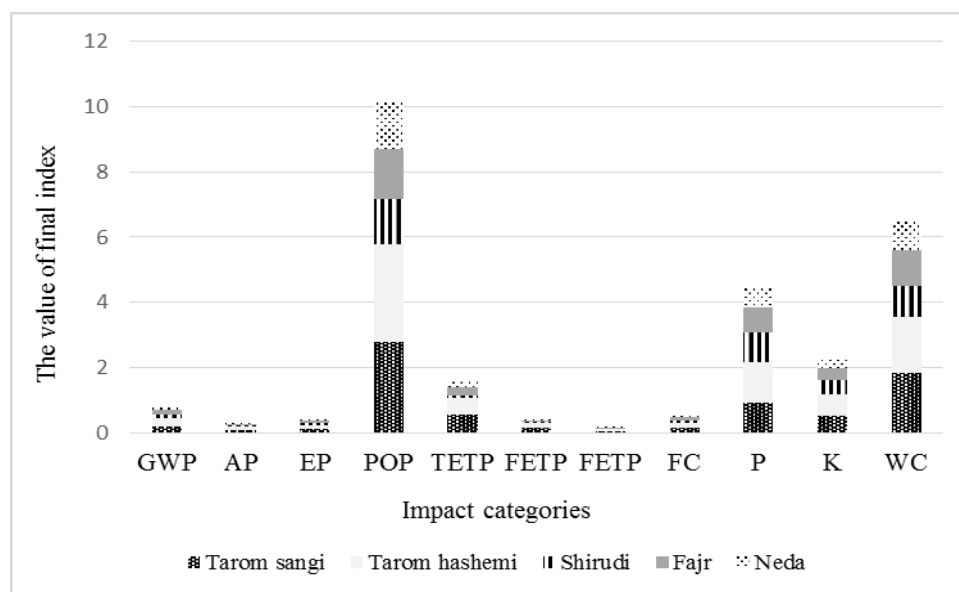
Table 11- Compare the different studies on the potential effects of resource depletion

مطالعه Study	تفاوت با اثر نهایی برنج The difference with the Final index of rice	میزان اثر The amount of effect	محصول product	اثرات Impacts
(Nikkhah et al., 2016)	12	0.01	کیوی Kiwi	تخلیه منابع فسیلی Fossil fuel consumption
(Nikkhah et al., 2016)	2.24	0.4	کیوی Kiwi	تخلیه منابع فسفات Phosphate consumption
(Nikkhah et al., 2016)	15.2	0.03	کیوی Kiwi	تخلیه منابع پتاسیم Potash consumption
(Khojaste pur, 2015)	0.44	0.269	پنبه Cotton	تخلیه منابع فسیلی Fossil fuel consumption
(Khojaste pur, 2015)	56.70	0.0158	پنبه Cotton	تخلیه منابع فسفات Phosphate consumption
(Khojaste pur, 2015)	1140	0.0004	پنبه Cotton	تخلیه منابع پتاسیم Potash consumption
(Wang et al., 2010)	1.98	0.64	برنج Rice	تخلیه منابع آب Water consumption
(Mirhaji et al., 2012)	18.12	0.07	چغندر Sugar beet	تخلیه منابع آب Water consumption

ارقام برنج نشان می‌دهد. در تمامی اثرات بررسی شده در این پژوهش، ارقام دانه بلند مرغوب (طارم سنگی و طارم هاشمی) نسبت به ارقام پرمحصول (شیروودی، فجر و ندا) به دلیل بازهی پایین تولید در هکتار همواره دارای اثرات زیست‌محیطی بیش‌تری بوده‌اند.

دامنه شاخص نهایی اثرات در هر پنج رقم مورد بررسی از ۰/۰۰۸ تا ۲/۹۷۵ متغیر می‌باشد که بیش‌ترین اثر مربوط به پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی در طارم هاشمی و کمترین مقدار در اثر سمیت بر آب در رقم شیروودی می‌باشد.

شکل ۲ مقایسه بین شاخص نهایی در تمامی اثرات را برای کلیه



شکل ۲- بررسی شاخص نهایی اثرات در ارقام برنج
Fig. 2- The final index effect on all varieties of rice

است. رقم طارم سنگی در مقایسه با سایر ارقام طارم هاشمی، شیروودی، فجر و ندا ۱/۰۷، ۷/۷، ۲/۳ و ۲/۶ برابر اثر سمیت بر انسان kg 1,4-DCB-equiv بر جای می گذارد. در سه گروه اثر سمیت مورد بررسی، میزان پتانسیل سمیت برای رقم شیروودی کمترین مقدار بوده است. در کشت این رقم کمترین مقدار کود فسفات مورد استفاده قرار گرفته اند که سبب کاهش آلودگی سمیت بر اکوسیستم و انسان شده است.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر به بررسی اثرات زیست محیطی تولید برنج در ارقام مختلف برنج در شهرستان کردکوی، استان گلستان در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ پرداخته است. نهادهای آلاینده ای که در این مطالعه با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات مورد استفاده قرار گرفته اند شامل: مصرف کودهای شیمیایی (کود اوره، فسفات، پتاسیم و سولفات آمونیوم)، سوخت فسیلی، الکتریسیته، آب می باشند. در میان تمامی نهادهای آلاینده، مصرف کود اوره به طور مستقیم بالاترین میزان انتشار آلاینده ها را به دنبال داشته است. نتایج شاخص نهایی نشان می دهد که سه اثر پتانسیل اکسیداسیون فتو شیمیایی، تخلیه منابع آبی و تخلیه منابع فسفات، غالب ترین اثرات در یک تن شلتوک

در ایجاد اثر پتانسیل گرمایش جهانی، طارم هاشمی بالاترین میزان این اثر را به خود اختصاص داده که نسبت پتانسیل گرمایش جهانی ایجاد شده در رقم طارم هاشمی در مقایسه با ارقام طارم سنگی، شیروودی، فجر و ندا معادل ۱/۰۶، ۲/۱۴، ۱/۸۵، ۲/۰۱ برابر تخمین زده شده است.

بر اساس تخمین های انجام شده برای اثر پتانسیل اسیدی شدن، رقم طارم هاشمی بیش ترین مقدار پتانسیل اسیدی شدن (kg SO_2) را به ازای هر تن شلتوک تولیدی را دارا بوده است. رقم طارم هاشمی در مقایسه با سایر ارقام طارم سنگی، شیروودی، فجر و ندا به ترتیب معادل ۱/۱۳، ۲/۴۰، ۲، ۲/۱۳ برابر پتانسیل اسیدی شدن را به دنبال دارد.

تخمین اثر اتروفیکاسیون خشکی (kg NO_x) به ازای تولید هر تن شلتوک در هر گروه از ارقام برنج نشان داد که رقم طارم هاشمی بیش ترین میزان پتانسیل را میان سایر ارقام داشته است. میزان پتانسیل اثر اتروفیکاسیون خشکی طارم هاشمی در مقایسه با ارقام طارم سنگی، شیروودی، فجر و ندا به ترتیب برابر ۱/۱۲، ۲/۳۰، ۱/۹، ۲/۱۰ پتانسیل اتروفیکاسیون خشکی را ایجاد می نماید.

بیش ترین شاخص طبقه بندی برای پتانسیل سمیت بر انسان، زمین و آب به ازای تولید هر تن شلتوک برنج مربوط به رقم طارم سنگی ارزیابی شده که بالاترین میزان سمیت را در هر سه گروه دارا

می‌باشند. برای کاهش اثرات ناشی از تولید برنج می‌توان راهکارهای زیر را پیشنهاد کرد:

از آنجایی که بخش قابل توجهی از آلودگی‌های انتشار یافته مربوط به سوزاندن بقایای گیاهی در مزرعه بوده است، جهت کاهش آلودگی پیشنهاد می‌شود راهکارهای جایگزین از جمله استفاده از کاه و کلش به منظور خوراک دام مورد بررسی قرار گیرد. این کار می‌تواند هم به عنوان منبع درآمدی برای کشاورز مطرح گردد و هم سطح آلودگی را کاهش دهد همچنین تشویق کشاورزان به کاشتن ارقام اصلاح شده می‌تواند با افزایش عملکرد دانه، تولید کمتری از کاه و کلش را به همراه داشته باشد.

استفاده از کود شیمیایی به‌ویژه کود ازت از پرمصرف‌ترین نهادهای مورد استفاده در کشت برنج می‌باشد. استفاده بالای این نهاده اثرات متفاوتی را بر محیط زیست بر جای می‌گذارد. به همین دلیل با در نظر گرفتن این جنبه که ۵۸ درصد مزارع دارای تناوب کشت با سایر محصولات چون گندم، جو، باقلا (*Vicia faba* L.)، شبدر (*Trifolium melilotus indicus* L.)، کلزا، کاهو (*Lactuca sativa* L.) می‌باشند، پیشنهادی شود که با وارد کردن گیاهان تثبیت کننده نیتروژن در تناوب کشت نیاز مزرعه از کودهای شیمیایی کاهش دهند که خود امکان کاهش انتشار آلاینده‌ها و اثرات ناشی از آن‌ها را باعث می‌شود.

با توجه به این که مصرف سوخت فسیلی از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های موجود در کشت برنج می‌باشند. استفاده بی‌رویه و پی‌درپی ماشین‌آلات در مزرعه شدت انتشار آلاینده‌ها را در مزرعه افزایش می‌دهد. با نظر به این که تناوب کشت برنج با سایر غلات خود عاملی برای افزایش شدت عملیات خاک‌ورزی در زمین می‌باشد. با تخصیص دادن زمین‌های مناسب برای شالی‌کاری و عدم تناوب کشت با

منابع

محصولاتی چون گندم، جو، کلزا می‌توان میزان استفاده از ماشین‌آلات را در مزرعه کاهش داد که نتیجه این امر کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌های ناشی از مصرف سوخت می‌باشد. باید توجه داشت که استفاده از ماشین‌آلات فرسوده و عدم استفاده از عدوات کشاورزی جدید مثل کمباین‌های برداشت برنج می‌تواند خود عاملی در جهت استفاده نامناسب و غیر ضروری از ماشین‌آلات محسوب گردد. با به کارگیری عدواتی چون کمباین مخصوص برداشت برنج می‌توان استفاده از ماشین‌آلات دروگر و کمباین غلات جهت جداسازی دانه شلتوک را به یک مرحله کاهش داد. این امر خود سبب کاهش زمان برداشت، هزینه و سهولت کار می‌گردد.

در بین ارقام کشت شده در این شهرستان، ارقام دانه بلند مرغوب (طارم هاشمی و سنگی) پیامدهای زیست محیطی بالایی را باعث می‌شوند. تولید رقم طارم سنگی و رقم طارم هاشمی اثرات زیست محیطی بالایی نسبت به سایر ارقام را ایجاد می‌کند. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده شیوه‌های زراعی جدید مانند اصلاحات ژنتیکی برای کاهش این اثرات در رقم طارم سنگی و رقم طارم هاشمی مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

ارقام دانه بلند مرغوب (طارم هاشمی و سنگی) علی‌رغم پیامدهای زیست محیطی بالا و عملکرد تولید پایین تری که نسبت به ارقام پرمحصول (شیرودی، فجر و ندا) دارند، به دلیل مرغوبیت و محبوبیتی که از جهت عطر، طعم، بازارپسندی و قیمت دارا هستند؛ مورد توجه شالی‌کاران قرار می‌گیرند. با توجه به موارد ذکر شده و تقاضای این نوع برنج در بازار نمی‌توان سطح زیر کشت این ارقام را تنها به دلیل پیامدهای آلودگی که برجای می‌گذارند، کاهش داد. بلکه بایستی با کنترل و مدیریت نحوه صحیح استفاده از نهاده‌های آلاینده، از پیامدهای ناشی از کشت این ارقام کاست.

Abbasi, M. 2016. Management of Agriculture Golestan Province. <http://www7.irna.ir/fa/News/81661406>. (Accessed 8 Oct 2016). (In Persian)

Amiri, B. 2015. Head of Department of Crop Sciences, Agriculture and Natural Resources, University of Mazandaran. <http://www.irna.ir/fa/News/81623112>. (Accessed 27 Jun 2016). (In Persian)

Ashworth, A.J., Taylor, A.M., Reed, D.L., Allen, F.L., Keyser, P.D., and Tyler, D.D. 2015. Environmental impact assessment of regional switchgrass feedstock production comparing nitrogen input scenarios and legume-intercropping systems. *Journal of Cleaner Production* 87: 227-234.

Bacenetti, J., Pessina, D., and Fiala, M. 2016. Environmental assessment of different harvesting solutions for short rotation coppice plantations. *Science of the Total Environment* 541: 210-217.

Blengini, G.A., and Busto, M. 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems

in Vercelli (Italy). *Journal of Environmental Management* 90: 1512-1522.

Björklund, A. 2012. Life cycle assessment as an analytical tool in strategic environmental assessment. Lessons learned from a case study on municipal energy planning in Sweden. *Environmental Impact Assessment Review* 32: 82-87.

Bojacá, C.R., Wyckhuys, K.A., and Schrevens, E. 2014. Life cycle assessment of Colombian greenhouse tomato production based on farmer-level survey data. *Journal of Cleaner Production* 69: 26-33.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004. Environmental impact 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., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2002. Impact assessment of abiotic resource consumption conceptual considerations. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 7: 301-307.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5: 349-357.

Carlsson-Kanyama, A., Ekström, M.P., and Shanahan, H. 2003. Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. *Ecological Economics* 44: 293-307.

Dastan, S., Soltani, A., Mohammadi, G., and Maddani, H. 2013. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in the paddy planting. *Journal of Agroecology* 6(4): 823-835. (In Persian with English Summary)

EEA. 2004. http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary/N/nonmethane_volatile_organic_compound [WWW, visited 13 Feb. 2004].

EMEP, E. 2013. EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. European Environment Agency, Copenhagen.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.

Esmailpur, B., Khorramdel, S., and Amin Ghafori, A. 2014. Analysing environmental effects of potato production systems based on of nitrogen fertilizer using life cycle assessment. *Journal of Crop Production* 8: 199-224. (In Persian with English Summary)

FAO, 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. <http://www.fao.org>.

Fiala, M., and Bacenetti, J. 2012. Model for the economic, energy and environmental evaluation in biomass productions. *Journal of Agricultural Engineering* 43: 5.

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R., Christiansen, K., and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11: 80-85.

Fusi, A., Castellani, V., Bacenetti, J., Cocetta, G., Fiala, M., and Guidetti, R. 2016. The environmental impact of the production of fresh cut salad: a case study in Italy. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21: 162-175.

Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy Cropping system in southern Europe. *Biomass and Bioenergy* 31: 543-555.

Ghadiryfar, M., Rosentrater, K.A., Keyhani, A., and Omid, M. 2016. A review of macroalgae production, with potential applications in biofuels and bioenergy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54: 473-481.

Ghorbani, M., Heidari Kamalabadi, R., and Karimi, H. 2010. Assess citizen satisfaction Mashhad urban bus network services. *Journal of Mashhad Study* 3: 25-47. (In Persian with English Summary)

Guinée, J. 2001. Handbook on life cycle assessment-operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 6: 255-255.

Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy* 31: 427-438.

- Hokazono, S., and Hayashi, K. 2012. Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. *Journal of Cleaner Production* 28: 101-112.
- Hormozi, M.A., Asoodar, M.A., and Abdeslahi, A. 2012. Impact of mechanization on technical efficiency: A case study of rice farmers in Iran. *Procedia Economics and Finance* 1: 176-185.
- Hasler, K., Bröring, S., Omta, S.W.F., and Olfs, H.W. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. *European Journal of Agronomy* 69: 41-51.
- Hosseini, S.E., Andwari, A.M., Wahid, M.A., and Bagheri, G. 2013. A review on green energy potentials in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 27: 533-545.
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). National Greenhouse Gas Inventories Programme. Online at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
- Iribarren, D., and Vázquez-Rowe, I. 2013. Is labor a suitable input in LCA+ DEA studies? Insights on the combined use of economic, environmental and social parameters. *Social Sciences* 2: 114-130.
- Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production* 18: 336-345.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040: 2006 (E) Environmental Management– Life Cycle Assessment– Principles and Framework.
- Jaruwongwittaya, T., and Chen, G. 2010. A review: renewable energy with absorption chillers in Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 1437-1444.
- Khojastehpour, M., Nikkhah, A., and Hashemabadi, D. 2015. A comparative study of energy use and greenhouse gas emissions of canola production. *International Journal of Agricultural Management and Development* 5: 51-58.
- Khojastepur, M., Taherirad, A., and Nikkhah, A. 2014. Life Cycle Assessment cotton production in Golestan Province based on biomass production, energy and money. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* 46: 95-104. (In Persian with English Summary)
- Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Amin Ghafari, A. 2013. Compare the environmental impact of production systems in rainfed and irrigated barley using life cycle assessment. *Journal of Plant Production Research* 22: 243-264. (In Persian with English Summary)
- Khoshnevisan, B., Rajaeifar, M.A., Clark, S., Shamahirband, S., Anuar, N.B., Shuib, N.L.M., and Gani, A. 2014. Evaluation of traditional and consolidated rice farms in Guilan Province, Iran, using life cycle assessment and fuzzy modeling. *Science of the Total Environment* 481: 242-251.
- Kirchmann, H., and Thorvaldsson, G. 2000. Challenging targets for future agriculture. *European Journal of Agronomy* 12: 145-161.
- Koga, N., and Tajima, R. 2011. Assessing energy efficiencies and greenhouse gas emissions under bioethanol-oriented paddy rice production in northern Japan. *Journal of Environmental Management* 92: 967-973.
- Kooceki, A., Nassiri Mahallati, M., Mahluji rad, M., and Fallahpour, F. 2013. Economic value of wheat production in ecosystems services (*Triticum aestivum* L.) in Khorasan. *Journal of Agroecology* 8: 612- 627. (In Persian with English Summary)
- Koochakvar, M., Noori, M., Egilmez, G., and Tatari, O. 2014. Stochastic decision modeling for sustainable pavement designs. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(6): 1185-1199.
- Lin, H.C., and Fukushima, Y. 2016. Rice cultivation methods and their sustainability aspects: organic and conventional rice production in industrialized tropical monsoon Asia with a dual cropping system. *Sustainability* 8: 529.
- Liu, C., Zheng, X., Zhou, Z., Han, S., Wang, Y., Wang, K., and Yang, Z. 2010. Nitrous oxide and nitric oxide emissions from an irrigated cotton field in Northern China. *Plant and Soil* 332: 123-134.
- Meier, M.S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., and Stolze, M. 2015. Environmental impacts of

organic and conventional agricultural products—are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* 149: 193-208.

Meisterling, K., Samaras, C., and Schweizer, V. 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production* 17: 222-230.

Mirhaji, H., Khojastepur, M., Abbaspurfard, M., and Mahdavi Shahri, M. 2012. Environmental impact assessment sugar beet production using life cycle assessment (Case study: South Khorasan province). *Journal of Agroecology* 4: 112-120. (In Persian with English Summary)

Mirhaji, H., Khojastepur, M., Abbaspurfard, M., and Mahdavi Shahri, M. 2013. Environmental impact evaluation wheat production in Iran Marvdasht. *Journal of Natural Environment, Natural Resources* 66: 232-223. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 724-733.

Mouron, P., Nemecek, T., Scholz, R. W., and Weber, O. 2006. Management influence on environmental impacts in an apple production system on Swiss fruit farms: combining life cycle assessment with statistical risk assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 311-322.

National Institute of Statistic. 2012. Report on Economic, Social, Cultural, Golestan Province. <http://www.amar.org.ir>. (In Persian)

Nikkhah, A., Taheri rad, A., Khojastepur, M., Emadi, B., and Peyman, H. 2013. Environmental impact peanut production (*Arachis hypogaea* L.) in Astaneh Ashrafieh, Gilan Province. *Journal of Agroecology* 6: 373-382. (In Persian with English Summary)

Nikkhah, A., Emadi, B., Soltanali, H., Firouzi, S., Rosentrater, K.A., and Allahyari, M.S. 2016. Integration of life cycle assessment and Cobb-Douglas modeling for the environmental assessment of kiwifruit in Iran. *Journal of Cleaner Production* 137: 843-849.

Noori, M., Kucukvar, M., and Tatari, O. 2015. A macro-level decision analysis of wind power as a solution for sustainable energy in the USA. *International Journal of Sustainable Energy* 34: 629-644.

Pang, M., Zhang, L., Wang, C., and Liu, G. 2015. Environmental life cycle assessment of a small hydropower plant in China. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20: 796-806.

Payraudeau, S., and van der Werf, H.M. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 1-19.

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., and Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* 90: 1-10.

Sherwani, A.F., and Usmani, J.A. 2010. Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 540-544.

Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247-266.

Soltani, A., Barzgar, A., Kooceki, A., Zinali, A., Ghaemi, A., and Hajar pur, A. 2015. Life Cycle Assessment (LCA) of sugar beet production in Khorasan in different systems. *Journal of Crop Production* 1: 42-62. (In Persian with English Summary)

Suleiman, R.A., and Rosentrater, K.A. 2014. Techno-economic analysis (TEA) and life cycle assessment (LCA) of maize storage in developing countries. 2014 Montreal, Quebec Canada July 13–July 16, 2014 (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Thanawong, K., Perret, S.R., and Basset-Mens, C. 2014. Eco-efficiency of paddy rice production in Northeastern Thailand: a comparison of rain-fed and irrigated cropping systems. *Journal of Cleaner Production* 73: 204-217.

- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Tilman, D., Socolow, R., Foley, J.A., Hill, J., Larson, E., Lynd, L., and Williams, R. 2009. Beneficial biofuels-the food, energy, and environment trilemma. *Science* 325: 270-271.
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems* 85: 101-119.
- Ullah, A., Perret, S. R., Gheewala, S. H., and Soni, P. 2016. Eco-efficiency of cotton-cropping systems in Pakistan: an integrated approach of life cycle assessment and data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production* 134: 623-632.
- Veisi, H., Heidari, G., and Sohrabi, Y. 2015. The effect of two species of mycorrhizal fungi and different levels of humic acid and fertilizers on yield and (*Helianthus annuus* L.) yield components of sunflower. *Journal of Agroecology* 8: 567-582. (In Persian with English Summary)
- Wang, M., Wu, W., Liu, W., and Bao, Y. 2007. Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14: 400-407.
- Wang, M., Xia, X., Zhang, Q., and Liu, J. 2010. Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 17: 157-161.
- Xia, Y., and Yan, X. 2011. Life-cycle evaluation of nitrogen-use in rice-farming systems: implications for economically-optimal nitrogen rates. *Biogeosciences* 8: 3159-3168.
- Yang, S.S., Lai, C.M., Chang, H.L., Chang, E.H., and Wei, C.B. 2009. Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan. *Renewable Energy* 34: 1916-1922.
- Zhang, A., Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., and Crowley, D. 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139: 469-475.
- You, H., and Zhang, X. 2016. Ecoefficiency of Intensive Agricultural Production and Its Influencing Factors in China: An Application of DEA-Tobit Analysis. *Discrete Dynamics in Nature and Society*.



Environmental Impact Assessment of Different Varieties of Rice (*Oryza sativa* L.) Paddy in the Kordkoy

Z. Homayouni¹, L. Abolhassani^{2*} and M. Sabuhi³

Submitted: 21-0-2017

Accepted: 07-10-2017

Homayouni, Z., Abolhassani, L., and Sabuhi, M. 2018. Environmental impact assessment of different varieties of rice paddy in the Kordkoy. Journal of Agroecology. 10(2): 580-602.

Introduction

Agriculture is one of the most important effective sections toward the environment. One of the agricultural activities impact on the environment can be issues such as nitrate leaching to groundwater and surface resources, soil salinization, acidification and greenhouse gas emissions. Planting rice is an activity that causes a significant amount of pollution. Rice can be counted as an essential grain all over the world. In Iran, rice is the second most important crop after wheat, which is part of the main items of household consumption basket. Per capita consumption of rice in the country is 100 grams per day and Iran is ranked 13th in the world rice consumption. As the farmers are unaware and mostly ignorant of the fact, they use an inordinate amount of primary inputs like chemical fertilizers that are detrimental to the environment. Noticing the importance and strategic role of this product, hereby this study investigated the environmental effects of rough rice of different kinds (Tarim hashemi, Tarom sangi, Neda, Fajr and Shirudi) by evaluating the cycle of life.

Materials and Methods

The area in this study is located in Kordkuy, Golestan. The sampling is done by random interviews with the farmers. LCA method was used according to the extent of natural factors in order to analyze the defective consequences due to use of the resources. By identifying the utilized elements, energy, material in the production procedure, the effects and defects can be estimated. Using this method, one can evaluate the potential effects on global warming, acidity, Terrestrial Eutrophication Potential, photochemical oxidation, and the toxicity effect on human (caused by Cadmium in phosphate), Terrestrial Eco toxicity potential, Aquatic Eco toxicity, fresh water potential, Fossil fuel consumption, Phosphate consumption, Potash consumption, and Water Consume.

Results and Discussion

Chemical fertilizers (like urea, potassium, phosphate), fossil fuels, water and electricity are the causes of the pollution on the farms in this study. Using these inputs creates contaminants that can be categorized as nitrogen (N), carbon (C), sulphur (S), and phosphorus (P). Among all the inputs Nitrogen fertilizers is the most important factor to spread the mission of air pollutants. The estimated environmental effects in planting rice show that photochemical oxidation potential has the highest effect on producing rice. Moreover, depletion of phosphate and water resources are the other important effects as the result of planting rice. On average three effective factors like photochemical oxidation potential, depletion of phosphate and water resources are evaluated as 2.033, 1.296, and 0.896, respectively. And some other environmental effects like acidity, Terrestrial Eutrophication Potential, toxicity of water have the least destructive effects on average. Among all the other figures, Tarim hashemi and Tarom sangi figures have the highest range of creating pollution estimated as 1 ton rough rice per hectare and the least is determined to be a figure related to Neda variate. The final indicator shows the range of this variation from 0.0080 to 2.975. The most photochemical oxidation potential is attributed to Tarim hashemi and the least toxicity effect on water is recognized by the figures in Shirudi. In all the investigated effects in this study, the long-grain rice figures (Tarim hashemi, Tarom sangi) were shown to have more detrimental effects compared to productive igures (Neda, Fajr and Shirudi) since it has less output.

1, 2 and 3- MSc Student of Agricultural Economics, Assistant Professor, Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: l.abolhassany@gmail.com)

Conclusion

The results of the study show that the figures with the highest output in production ,(Neda, Fajr and Shirudi) although has used more of the inputs , could spread less pollution in the estimate of 1 ton rough rice per hectare. By planting varieties that produce higher yields the amount of pollution reduced, can be reduced. Also, in order to reduce the amount of pollution, controlling the inputs can decrease the amount of pollution. The biggest pollutants such as nitrogen fertilizers that can be replaced by fertilizers such as stabilizers Nitrogen plants. This solution may reduce the emissions of pollutants from nitrogen fertilizers on the farm.

Keywords: Classification impacts, Environmental hazards, Evaluating the cycle of life, Indirect effects of Nitrogen, Spreading the pollution

Contents

Effect of Nutrient Management on Growth Indices of Anise (<i>Pimpinella anisum</i> L.)	311
N. Kamayestani, P. Rezvani Moghaddam, M. Jahan and F. Ranjbar	
Evaluation of Radiation Interception and Use Efficiency in Substitution Intercropping of Milk thistle (<i>Silybum marianum</i> L.) and Fennel (<i>Foeniculum vulgar</i> Mill.)	325
H. Solouki, M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam	
Evaluation of Yield and Yield Component of Borage (<i>Borago officinalis</i> L.) Affected as Irrigation Level and Plant Density	338
M. Abdollahi Mayvan, S. Khorramdel, A. Koocheki and R. Ghorbani	
Evaluation of Biodiversity Indices for Some Agronomical Plants in Kermanshah Province	351
A. Asgari, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati	
Identification and Evaluation of Agronomic and Ecological Neglected Crops in Agroecosystems of Iran: - Introduction of under Utilized and Neglected Crops	366
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, A. Asgari and R. Rostami	
Assessment of Required Growing Degree Days for Phenological Stages of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) based on BBCH-Scale in Different Cropping Systems	384
M. Javadzadeh, P. Rezvani Moghaddam, M. Banayan-Aval and J. Asili	
Investigating Organic and Conventional Cultivating System of Cumin (<i>Cuminum cyminum</i> L.) in Zahedan Region	398
I. Piri, Z. Vahidian, A. Tavassoli and M. Babaeian	
Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (<i>Zea mays</i> L.) and potatoes (<i>Solanum tuberosum</i> L.) in the region of Nikshahr	414
H. Mobasser, S.H. Barjasteh and A. Keshtehgar	
Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and Different Tillage Systems	428
J. Hamzei and M. Seyedi	
The Role of <i>Trichoderma</i> and <i>Enterobacter</i> Inoculation on Improving Wheat Yield in Different Levels of Phosphorus Fertilizer	442
F. Mohammadi Kashka, H. Pirdashti, Y. Yaghoubian and E. Bakhshandeh	
Effect of Cutting off Irrigation on Yield and Competition and Economic Indices of Intercropping Barley (<i>Hordeum</i> spp.) with Legumes	457
H. Niksirat, E. Bijanzadeh and R. Naderi	
Zoning Agroclimatic Chickpea in the GIS Environment Case Study: Ardebil Province	471
B. Sobhani and E. Shokrzadeh	
Feasibility Study of Determination of Planting Areas for Wheat and Canola using GIS (Case Study: Maroon Basin of Khuzestan Province)	488
N. Heidarpour, H. Bahrami, Y. Mansoori and S. Hojjati	
Effect of Different Tillage Management on Maize Forage and Grain Quality and Quantity under the Influence of Different Sources of Organic and Chemical Fertilizers	502
A. Ghasemi, A. Ghanbari, B.A. Fakheri and H.R. Fanaie	
The Effect of Nitrogen Fertilizer and Planting Pattern on Yield and Competition Indices of Pea (<i>Pisum sativum</i> L.) and Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	514
E. Raftari, A. Nakhzari Moghaddam, M. Mollashahi and H. Hosseini Moghaddam	
Predicting Yield of Rainfed and Irrigated Barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) in Kermanshah by Artificial Neural Network Approach (Case study Kermanshah, Iran)	527
A. Bagheri and N. Sohrabi	
Carbon Dioxide Emission and Global Warming Potential of Energy Consumption in the Cotton Production in Golestan Province	545
R. Arefi, A. Soltani and H. Ajam Norozi	

The Effect of Planting Pattern and Vermicompost on the Changes in Soil Nutrients and Use of Environmental Resources in Intercropping of Corn (<i>Zea mays</i> L.), Peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) and Borage (<i>Borago officinalis</i> L.)	563
M. Rejaei, M. Dahmardeh, I. Khammari and B. Keshtegar	
Effect of Mycorrhiza, Zeolite and Superabsorbent on Growth and Initial Establishment of Medicinal Rangeland Species of <i>Achillea millefolium</i> in Abandoned Cement Mines Soils (Case Study: Mashhad' Shargh Cement Factory, Iran)	578
R. Azimi, G.A. Heshmati, M. Farzam and M. Goldani	
Environmental Impact Assessment of Different Varieties of Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Paddy in the Kordkoy	601
Z. Homayouni, L. Abolhassani and M. Sabuhi	

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 10 No. 2 Summer 2018

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>