نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۰-۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 1-10

اثرات دگرآسیبی عصاره‌های آبی و دوره‌های پوسیدگی اندام‌های آفتاب‌گردان (*Helianthus annus* L.) بر جوانه‌زنی و رشد سس (*Cuscuta compestris* Yuncker.)

سید محمد سیدی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، روشنک شهریاری[۱]، مسعود آزاد[۳] و لیلا جعفری[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات آللوشیمیایی اندام‌های آفتاب‌گردان (*Helianthus annus* L.) بر جوانه‌زنی و رشد گیاه سس (*Cuscuta compestris* Yuncker)، سه آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۸۹-۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش اول دارای دو عامل اندام‌های آفتاب‌گردان در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در ۱۱ سطح (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درصد) در پتری دیش، آزمایش دوم دارای دو عامل اندام‌های آفتاب‌گردان در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) در گلدان و آزمایش سوم دارای دو عامل اندام‌های آفتاب‌گردان در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و دوره‌های پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز شاهد) بود. در هر سه آزمایش، وزن خشک و طول گیاهچه، تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال و درصد و سرعت جوانه‌زنی سس اندازه‌گیری شد. نتایج هر سه آزمایش نشان داد که برگ و ساقه آفتاب‌گردان در مقایسه با دیگر اندام‌ها، اثرات آللوپاتی بیشتری را بر صفات ذکر شده داشتند. همچنین مواد آللوشیمیایی حاصل از عصاره‌های آبی و دوره‌های پوسیدگی اندام‌های آفتاب‌گردان، درصد و سرعت جوانه‌زنی و نیز سبز شدن سس را در مقایسه با سایر صفات مورد مطالعه این گیاه، بیشتر تحت تاثیر قرار دادند.

واژه‌های کلیدی: آللوپاتی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن، علف هرز انگل

مقدمه

سس (*Cuscuta compestris* Yuncker.)یک گیاه انگل یکساله غیراختصاصی[۵] در روی سطح خاک است که به خانواده پیچک[۶] تعلق دارد (Mishra et al., 2007). سس دارای گیاهچه‌ای طویل، نازک و فاقد ریشه و برگ بوده که به دور ساقه و برگ گیاه مجاور یا هدف خود می‌پیچد و با نفوذ اندام‌های مکنده خود به بافت‌ها و سیستم آوندی و بهره‌برداری از شیره خام و شیره پرورده آن موجب کاهش عملکرد گیاه میزبان خود می‌شود (Lanini & Kogan, 2005; Nadler-Hassar & Rubin, 2003). سس نمی‌تواند چرخه زندگی خود را بدون اتصال به میزبان خود کامل کند، از این رو برای تأمین آب، مواد معدنی و مواد فتوسنتزی مورد نیاز خود، به‌طور کامل به میزبانش وابسته است (Mishra et al., 2007). تشکیل و استقرار بانک بذر در خاک، کنترل این علف هرز را بسیار مشکل می‌کند، به‌دلیل آن‌که بذرهای سس می‌توانند تا بیش از ۲۰ سال در خاک زنده بمانند و در فصول گرم سال به جوانه‌زنی و رشد خود ادامه دهد (Lanini & Kogan, 2005).

بر طبق آخرین تعریف ارائه شده از سوی اتحادیه بین‌المللی آللوپاتی[۷](IAS)، آللوپاتی شامل فرآیند تولید متابولیت‌های ثانویه بوسیله گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها می‌باشد که می‌تواند رشد و توسعه سیستم‌های بیولوژیکی و نیز کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد (Narwal, 2010). آللوپاتی یکی از انواع روابط

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد و فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- مربی گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

5- Holoparasite
6- Convolvulaceae
7- International allelopathy society

مستقیم رقابتی بین گیاهان بوده(Jarchow & Cook, 2009) و ازآن‌جاکه اثرات معمول ترکیبات آللوشیمیایی معمولاً به صورت جلوگیری از رشد و یا جوانه‌زنی بذرهای حساس مشاهده می‌شود (Kupidlowska et al., 2006)، می‌توان از توانایی آللوشیمیایی گیاهان در برنامه‌هایی که جهت مدیریت علف‌های هرز و یا پاتوژن‌های گیاهی طراحی شده‌اند، استفاده نمود (Xuan et al., 2005). به‌دلیل ساختار شیمیایی متنوع و ویژه مواد آللوشیمیایی، این مواد دارای محل‌های عمل مولکولی[1] متمایزی در مقایسه با علف‌کش‌های شیمیایی بوده و از این‌رو، می‌توانند به صورت علف‌کش‌هایی جدید و نو جهت مقابله با علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش به‌کار گرفته شوند (Anjam & Bajwa, 2005).

استفاده از توانایی آللوشیمیایی گیاهان زراعی به عنوان یک اصل جهت مدیریت علف‌های هرز مورد توجه می‌باشد (Bhowmik & Inderjit, 2003). در این راستا می‌توان از آفتاب‌گردان (*Helianthus annus* L.) نام برد که به عنوان گیاهی که دارای ترکیبات آللوپاتی است، به خوبی شناخته شده است (Anjam & Bajwa, 2005). آفتاب‌گردان می‌تواند به‌طور فعالی، رشد گیاهان اطرافش را به‌واسطه پتاسیل بالای آللوپاتیک خود تحت تأثیر قرار دهد (Azania et al., 2003). انجام و باجوا (Anjam&Bajwa, 2005) با جداسازی آنوایونون[2] از عصاره آبی برگ‌های آفتاب‌گردان و مطالعه اثرات این ترکیب بر روی پنج علف هرز (*Coronopis didymus* L.، سلمه (*Chenopodium album* L.)، ترشک (*Rumex dentates* L.)، (*Medicagopolymorpha* L.) و علف قناری (*Phalaris minor* Retz.) گزارش کردند که این ترکیب به علت دارا بودن اثرات ممانعت‌کنندگی از رشد، می‌تواند در توسعه علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل این علف‌های هرز، به‌کار گرفته شود. جمیل و همکاران (Jamil et al., 2009) گزارش کردند که کاربرد عصاره آبی آفتاب‌گردان اثر معنی‌داری در کاهش وزن خشک جو وحشی (*Avena fatua* L.) و علف قناری (*Phalaris minor* Retz.) دارد. باتیش و همکاران (Batish et al., 2002) کاهش رشد (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.)، ذرت (*Zea mays* L.)، سورگوم (*Sorghum vulgare* Pers.) و (*Pennisetum americanum* L.) را در نتیجه استفاده از بقایای آفتاب‌گردان در مزرعه مشاهده کردند و این کاهش رشد را به فنولیک‌های آزاد شده از تجزیه بقایای این گیاه نسبت دادند.

از این‌رو، با توجه به اهمیت گیاه سس به عنوان یک علف هرز انگل مهم و نیز با توجه به پتانسیل آللوپاتی بالای آفتاب‌گردان، این تحقیق با هدف بررسی اثرات عصاره آبی و بقایای اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان بر جوانه‌زنی و رشد سس انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه و بررسی اثرات آللوپاتی اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان بر جوانه‌زنی و رشد سس طی سه آزمایش جداگانه صورت گرفت که هر سه آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و درسه تکرار انجام شد.

آزمایش اول: عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) و عامل دوم، غلظت‌های عصاره آبی در ۱۱ سطح (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درصد) بود. به‌منظور تهیه عصاره آبی آفتاب‌گردان، نمونه‌های گیاه مورد نظر در پایان مرحله گلدهی و شروع پر شدن دانه در سال ۱۳۸۸ از مزرعه جمع آوری شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of pots soil used in experiment

خصوصیات خاک Soil properties	مقدار Value
نیتروژن (٪) N (%)	0.08
فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	12.17
پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	125.56
کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	0.09
اسیدیته Acidity	8.16
هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) Electrical conductivity ($mmohs.cm^{-1}$)	1.86
بافت خاک Texture	سیلتی- لوم Silty - loam

پس از جمع‌آوری آفتاب‌گردان از مزرعه ابتدا ریشه، ساقه، برگ و نیز گیاه کامل بدون گل آذین به صورت جداگانه در سایه و با جریان هوا خشک و سپس آسیاب شدند. به‌منظور تهیه محلول مادر[3]، ۱۰ گرم از پودر هر قسمت از گیاه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید و هر شش ساعت به مدت ۱۵ دقیقه با شیکرهم زده شد. پس

1- Molecular sites of action
2- Annuionone
3- Stock solution

از ۷۲ ساعت محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و جهت تهیه محلول‌هایی با غلظت‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درصد، از عصاره تهیه شده برای رقیق کردن از آب مقطر استفاده شد. محلول مادر به‌عنوان غلظت ۱۰ درصد و آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

به‌منظور شکستن خواب بذرهای سس، این بذرها پس از جمع‌آوری از روی گیاه سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌عنوان میزبان و جدا کردن بذرهای سالم از توده بذری توسط دستگاه بینوکولار[2]، به مدت ۲۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ با غلظت ۹۸ درصد قرار داده شد (Nadler- Hassar & Rubin, 2003). چهار میلی‌لیتر از عصاره آبی هر غلظت به صورت جداگانه به پتری دیش‌های دارای کاغذ صافی اضافه و سپس، ۲۰ بذر سس در هر یک از آن‌ها کاشته شد. پتری دیش‌ها در ژرمیناتور و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. شمارش روزانه بذرهای جوانه زده ۲۴ ساعت پس از کاشت بذرها آغاز و تا زمان ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه زده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس (تا ۱۳ روز) جهت تعیین درصد و سرعت جوانه‌زنی انجام گرفت.

آزمایش دوم: عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان در چهارسطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) و عامل دوم آزمایش، غلظت‌های مختلف عصاره آبی هر اندام در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) بود. جهت تهیه عصاره‌های آبی با غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد، محلول‌های اندام‌های مورد نظر همانند آزمایش اول پس از عبور از صافی به ترتیب با نسبت‌های صفر به۱۰، ۲/۵ به ۷/۵، ۵ به ۵، ۷/۵ به ۲/۵ و۱۰ به صفر با آب مقطر مخلوط شد. بذرهای سس پس از جداسازی از توده بذری و شکسته شدن خواب به تعداد ۱۰ بذر در هر گلدان کاشته و سپس عصاره‌های آبی به تفکیک تیمارها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش سوم: عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) و عامل دوم، دوره‌های مختلف پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز شاهد) بود. نمونه‌های گیاهی به طور جداگانه پس از آسیاب به نسبت پنج درصد وزنی با خاک گلدان‌ها مخلوط شد و سپس به‌منظور اعمال دوره‌های پوسیدگی به ترتیب صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از اضافه کردن بقایا، تعداد ۱۰ عدد بذر سس همانند دو آزمایش قبلی پس از جدا کردن توده بذری و شکستن خواب، در گلدان‌ها کاشته شد. تیمار عدم اضافه کردن بقایا به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. گلدان‌های مربوط به آزمایش دوم و سوم در دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد در آزمایشگاه قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها بسته به نیاز با آب مقطر انجام شد. شمارش روزانه بذرهای سبز شده در آزمایش دوم و سوم ۲۴ ساعت پس از کاشت بذرها آغاز و تا زمان ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای سبز شده و تا قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس (تا ۱۵ روز) به طور مرتب جهت تعیین درصد و سرعت سبز شدن انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی، و سرعت سبز شدن به ترتیب از معادله‌های ۱ و ۲ استفاده شد (Hosseini & Koocheki, 2008; Matthews & Khajeh Hosseini, 2006):

معادله (۱) $$GR=\sum_{i=1}^{n}\frac{ni}{di}$$

که در این معادله، GR: سرعت جوانه‌زنی (گیاهچه در روز)، n_i: تعداد بذرهای جوانه زده در اولین روز شمارش، n_n: تعداد بذرهای جوانه زده در آخرین روز شمارش، d_i: اولین روز شمارش و d_n: آخرین روز شمارش می‌باشد.

معادله (۲) $$ER=\sum_{i=1}^{n}\frac{ni}{di}$$

که در این معادله، ER: سرعت سبز شدن (گیاهچه در روز)، n: تعداد بذرهای سبز شده در اولین روز شمارش، n_i: تعداد بذرهای سبز شده در آخرین روز شمارش، d: اولین روز شمارش و d_i: آخرین روز شمارش می‌باشد.

طول گیاهچه‌ها با خط‌کش و وزن خشک آن‌ها پس از آن‌که به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های هر سه آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار MS-Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح احتمال پنج درصد) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

به‌جز غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ درصد عصاره آبی، سایر غلظت‌ها اثر معنی‌داری را در کاهش وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس ایجاد کردند (شکل ۱).

2-Binocular

جدول ۲- اثرات عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان بر صفات مورد مطالعه گیاه سس در پتری دیش

Table 2- Effects of sunflower aqueous extracts on studied traits of dodder in Petri dishes

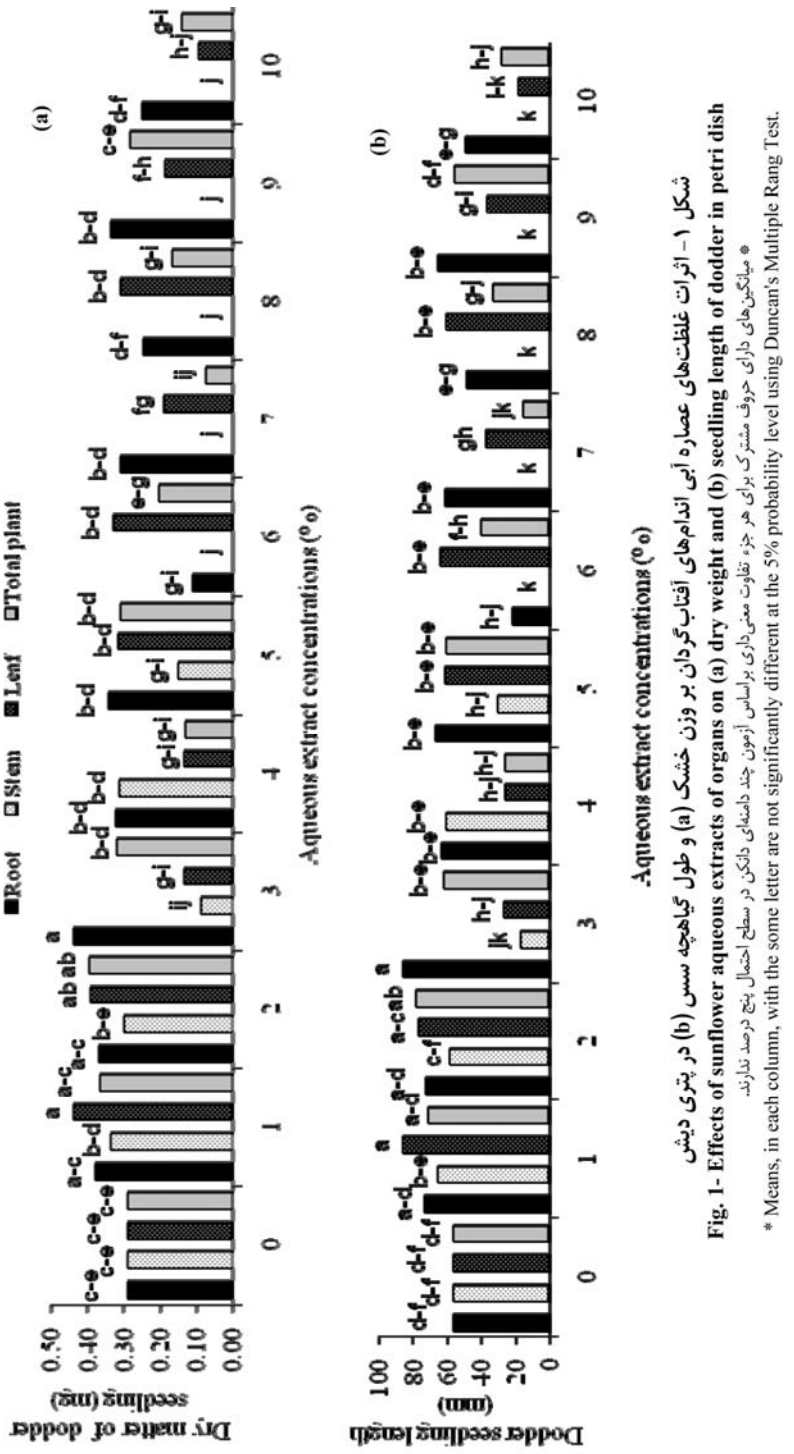
تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال Number of abnormal seedling	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی (تعداد بذر در روز) Germination rate (seed.day^{-1})
R-0*	0.01^{f} **	83.33^{a}	4.50^{a}
R-1	0.33^{f}	51.67^{e-j}	3.17^{c-h}
R-2	3.67^{c-e}	66.67^{b-f}	4.02^{a-d}
R-3	0.01^{f}	55.00^{d-i}	3.02^{d-i}
R-4	3.67^{c-e}	63.33^{b-g}	3.46^{a-f}
R-5	0.01^{f}	53.33^{e-i}	2.95^{d-i}
R-6	3.67^{c-e}	76.67^{a-c}	3.75^{a-d}
R-7	0.67^{f}	55.00^{d-i}	2.98^{d-i}
R-8	3.67^{c-e}	63.33^{b-g}	2.92^{d-i}
R-9	0.01^{f}	46.67^{g-l}	2.22^{g-m}
R-10	5.33^{a-c}	65.00^{b-f}	3.89^{a-d}
S-0	0.01^{f}	83.33^{a}	4.50^{a}
S-1	0.01^{f}	51.67^{e-j}	3.36^{b-f}
S-2	4.00^{b-e}	68.33^{a-e}	4.03^{a-d}
S-3	3.00^{de}	61.67^{b-g}	4.55^{a}
S-4	3.33^{c-e}	46.67^{g-l}	3.02^{d-i}
S-5	0.67^{f}	35.00^{kl}	2.16^{h-m}
S-6	6.33^{a}	31.67^{l}	2.33^{f-l}
S-7	7.33^{a}	36.67^{j-l}	1.98^{i-m}
S-8	3.00^{de}	15.00^{m}	1.17^{mn}
S-9	1.00^{f}	5.00^{m}	0.36^{no}
S-10	0.67^{f}	3.33^{m}	0.09^{o}
L-0	0.01^{f}	83.33^{a}	4.50^{a}
L-1	0.01^{f}	50.00^{f-k}	3.26^{b-h}
L-2	2.67^{e}	75.00^{a-c}	4.31^{ab}
L-3	0.01^{f}	61.67^{b-g}	3.07^{d-h}
L-4	4.00^{b-e}	65.00^{b-f}	3.36^{b-f}
L-5	0.01^{f}	43.33^{h-l}	1.94^{i-m}
L-6	2.33^{e}	71.67^{a-d}	3.46^{a-f}
L-7	0.01^{f}	56.67^{d-h}	2.13^{h-m}
L-8	5.33^{a-c}	63.33^{b-g}	2.52^{e-k}
L-9	6.00^{ab}	53.33^{e-i}	1.65^{j-m}
L-10	7.00^{a}	38.33^{i-l}	1.40^{lm}
T-0	0.01^{f}	83.33^{a}	4.50^{a}
T-1	0.01^{f}	53.33^{e-i}	3.12^{d-h}
T-2	2.67^{e}	65.00^{b-f}	3.61^{a-e}
T-3	1.00^{f}	53.33^{e-i}	2.58e-j
T-4	1.00^{f}	60.00^{c-h}	4.27^{a-c}
T-5	0.33^{f}	56.67^{d-h}	2.57^{e-j}
T-6	2.67^{e}	78.33^{ab}	3.95^{a-d}
T-7	0.01^{f}	50.00^{f-k}	2.18^{h-m}
T-8	5.00^{a-d}	66.67^{b-f}	3.34^{b-g}
T-9	1.00^{f}	53.33^{e-i}	2.52^{e-k}
T-10	3.33^{c-e}	35.00^{kl}	1.45^{k-m}

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل آذین، اعداد صفر تا ۱۰: عصاره‌های آبی به ترتیب بر اساس سطح صفر تا ۱۰۰ درصد.

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 100 %, respectively.

** Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.



شکل ۱- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان بر وزن خشک (a) و طول گیاهچه سس (b) در پتری دیش

Fig. 1- Effects of sunflower aqueous extracts of organs on (a) dry weight and (b) seedling length of dodder in petri dish

* میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means, in each column, with the some letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

در بین اندام‌های آفتاب‌گردان، ساقه بیشترین تـأثیر را در کـاهش وزن خشک و طول گیاهچه سس ایجاد کرد؛ بطوری‌کـه در غلظـت-های ۶ تا ۱۰ درصد، مواد آللوشیمیایی حاصل از عصاره آبی این اندام، منجر بـه کـاهش ۱۰۰ درصـدی در ایـن دو صـفت شـدند. جاویـد و همکاران (Javaidet al., 2006) نیز کـاهش در طـول ریشـه اتاتاتـا (*Parthenum hysterophorus* L.) را در نتیجه مـواد آللوشـیمیایی

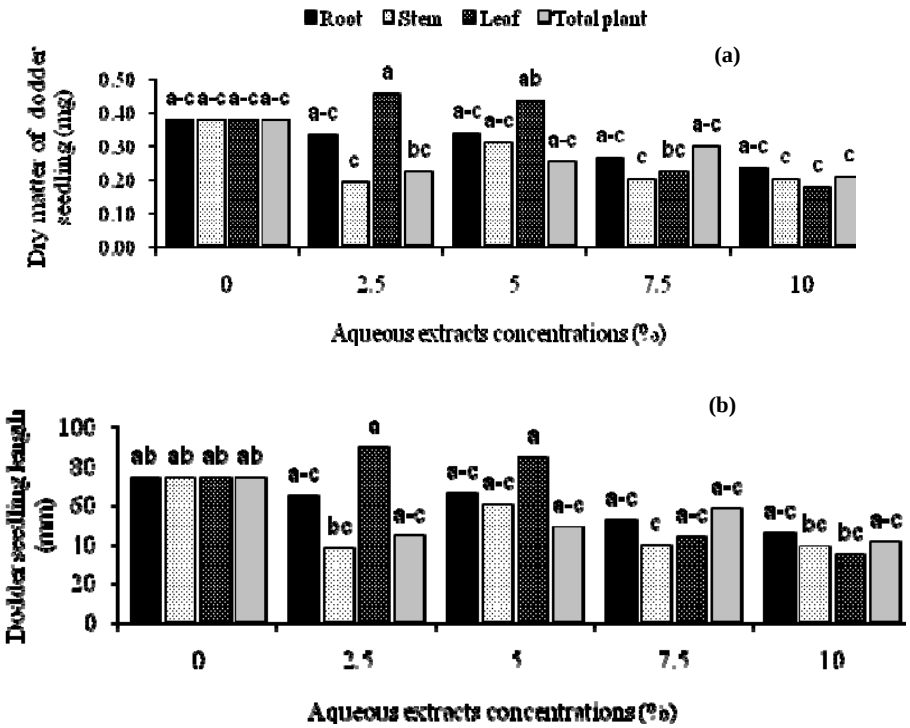
عصاره آبی ساقه و برگ آفتاب‌گردان مشاهده کردند.

عصاره‌های آبی اندام‌های آفتاب‌گردان اثر معنی‌داری را در افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، عصاره آبی هفت درصد ساقه و ۱۰ درصد برگ به‌ترتیب با۷۳۳ و۷۰۰ درصد افزایش در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد، دارای بیشترین تأثیر در افزایش این صفت بودند.

اثر عصاره‌های آبی اندام‌های آفتاب‌گردان درکاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی سس معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش در جوانه‌زنی ممکن است به دلیل تغییر فعالیت آنزیم‌هایی که بر روی انتقال ترکیبات ذخیره‌ای در طی جوانه‌زنی اثر می‌گذارند، باشد. در بین تیمارهای آزمایش، عصاره آبی ۹ و ۱۰ درصد ساقه به ترتیب با ۹۴ و ۹۶ درصد کاهش در درصد جوانه‌زنی و ۹۲ و ۹۸ کاهش در سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد، دارای بیشترین اثر معنی‌دار در کاهش این دو صفت بودند. اروجی و همکاران (Orouji et al., 2008) در بررسی‌های آزمایشگاهی خود، گزارش کردند که عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان موجب کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی تاج-خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) نسبت به شاهد شد. بوگاتک و همکاران (Bogatek et al., 2006) کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های خردل (*Sinapis alba* L.) را در نتیجه استفاده از عصاره آبی برگ آفتاب‌گردان مشاهده کردند. جاوید و همکاران (Javaid et al., 2006) نیز اثرات معنی‌دار غلظت‌های مختلف عصاره آبی ریشه و ساقه آفتاب‌گردان را در کاهش جوانه‌زنی *Parthenum hysterophorus* L. گزارش کردند. کاهش درصد جوانه‌زنی در نتیجه اعمال مواد آللوشیمیایی موجود در اندام‌های آفتاب‌گردان ممکن است به علت افزایش پراکسید شدن لیپیدهای غشای این گیاهان باشد که می‌تواند به دلیل افزایش زوال و نابودی غشای سلول این گیاهان، در نهایت منجر به مرگ این گیاهان شود (Bogatek et al., 2006).

آزمایش دوم

با وجود آن‌که در هیچ کدام از غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان، اثر معنی‌داری در کاهش وزن خشک و طول گیاهچه و نیز اثر معنی‌داری در افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد مشاهده نشد (شکل ۲ و جدول ۳)، اثر تمامی تیمارهای این آزمایش در کاهش درصد و سرعت سبز شدن سس معنی‌دار بود (جدول ۳).



شکل ۲- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان بر (a) وزن خشک و (b) طول گیاهچه سس در گلدان

Fig. 2- Effects of aqueous extracts of sunflower organs on (a) dry weight and (b) seedling length of dodder in pot

* میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

* Means, with the some letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang test

جدول ۳- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های آفتاب‌گردان بر صفات مورد مطالعه سس در گلدان

Table 3- Effect of aqueous extracts of sunflower organs on studied traits of dodder in pots.

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال Number of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعدادگیاهچه در روز) Emergence rate (seedling/day)
R-0*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}
R-2.5	0.01^{b}	43.33^{cd}	0.68^{c-e}
R-5	1.33^{a}	50.00^{c}	0.80^{bc}
R-7.5	0.33^{b}	43.33^{cd}	0.70^{c-e}
R-10	0.01^{b}	30.00^{cd}	0.43^{c-e}
S-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}
S-2.5	0.01^{b}	30.00^{cd}	0.42^{c-e}
S-5	0.33^{b}	33.33^{cd}	0.46^{c-e}
S-7.5	0.01^{b}	23.33^{d}	0.38^{de}
S-10	0.01^{b}	26.67^{d}	0.32e
L-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}
L-2.5	1.00^{ab}	50.00^{c}	0.78^{b-d}
L-5	0.67^{ab}	36.67^{cd}	0.49^{c-e}
L-7.5	0.67^{ab}	40.00^{cd}	0.65^{c-e}
L-10	0.01^{b}	30.00^{cd}	0.40^{de}
T-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}
T-2.5	0.01^{b}	70.00^{b}	1.08^{b}
T-5	0.33^{b}	36.67^{cd}	0.54^{c-e}
T-7.5	0.33^{b}	40.00^{cd}	0.55^{c-e}
T-10	0.33^{b}	33.33^{cd}	0.44^{c-e}

در بین اندام‌های آفتاب‌گردان، ساقه بیشترین تـأثیر را در کـاهش درصد و سرعت سبز شدن باعث شد. علت این امر می‌تواند این باشـد که گیاه آفتاب‌گردان در مرحله پر شـدن دانـه برداشـت شـد. احتمـال می‌رود در این مرحله به علت آن‌که گل‌ها به‌عنوان یک مقصـد قـوی مواد آللوشیمیایی عمل می‌کنند، سبب کاهش غلظت این مواد در اندام ریشه و حرکت بیشتر این مواد به سمت اندام‌های هـوایی مـی‌شـوند. همچنین در بین تیمارهای این آزمایش، عصاره آبی ۷/۵ و ۱۰ درصـد ساقه بـا ۷۵ و ۷۱ درصـد کـاهش در درصـد سـبز شـدن و ۸۳ و ۸۵ کاهش در سرعت سبز شدن نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر معنی‌دار را باعث شدند.

آزمایش سوم

دوره پوسیدگی کمتر از ۶۰ روز اثـر معنـی داری در کـاهش وزن خشک و طول گیاهچه سس نشان داد، ولی با افزایش دوره پوسیدگی از ۶۰ روز به بالا این اثر معنی‌دار نبود (شـکل ۳). بیشـترین تـأثیر در کاهش این صفت دراثر استفاده از اندام برگ مشاهده شد. به‌طوری‌که دراثر استفاده از دوره‌های صفر و ۴۵ روز پوسیدگی، مواد آللوشـیمیایی این اندام، وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس را ۱۰۰درصد نسـبت به شاهد کاهش دادنـد. اروجـی و همکـاران (Orouji et al., 2008) گزارش کردند که اضافه کردن بقایای تازه و پوسیده اندام‌های مختلف آفتاب‌گردان به خاک گلدان‌های تاج‌خروس و سلمه‌تره باعـث کـاهش وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع این دو علف هرز شد.

ضـیا حسـینی و همکـاران(Zia Hosseini et al., 2002) نیـز کاهش وزن خشک و ارتفاع پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) را در نتیجه کاربرد بقایای آفتاب‌گردان مشاهده کردند. با این وجود، بـه‌جـز دوره‌های صفر و ۹۰ روز پوسیدگی ساقه و ۶۰ روز پوسیدگی برگ که باعث افزایش ۱۳۳ درصدی این صفت نسبت به شـاهد شـدند و نیـز دوره‌های ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و ۶۰ و ۷۵ روز پوسیدگی گیاه کامل که تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، اثر سایر تیمارها در افزایش این صفت معنی‌دار نبود.

به‌جز تیمار ۹۰ روز پوسیدگی ریشه و گیاه کامـل، سـایر تیمارهـا، منجر به کاهش معنی‌دار درصد سبز شـدن سـس شـدند (جـدول ۴). همچنین اثر تمامی تیمارهای آزمایش در کاهش سـرعت سـبز شـدن سس معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین تیمارهای آزمایش، تیمـار صـفر، ۱۵ و ۴۵ روز پوسـیدگی سـاقه بـا کـاهش ۹۹ درصـدی در درصـد و سرعت سبز شدن نسبت به شاهد بیشترین تأثیر معنی‌دار را نشان داد. کاهش جوانه‌زنی به علت مواد آللوشیمیایی انـدام‌هـای آفتـاب‌گـردان ممکن است به علت اثرات منفی این مواد بـر لیپیـدها، انتقـال مجـدد مواد ذخیره‌ای و تولید انرژی در مرحله کاتابولیک جوانه‌زنی و در نتیجه عدم تأمین یـا تـأمین ناکـافی کربوهیـدرات‌هـا و اخـتلال در مرحلـه آنابولیک جوانه‌زنی باشد (Kupidlowska et al., 2006).

جدول ٤- اثرات دوره‌های پوسیدگی اندام‌های آفتاب‌گردان بر صفات مورد مطالعه سس
Table 4- Effects of decay durations of sunflower organs on studied traits of dodder

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال Number of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (گیاهچه در روز) Emergence rate (seedling/day)
R-C*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}
R-0	0.67^{ab}	46.67^{c-f}	0.71^{d-i}
R-15	0.01^{b}	50.00^{c-e}	0.98^{c-e}
R-30	0.01^{b}	26.67^{f-i}	0.38^{i-n}
R-45	0.01^{b}	60.00^{cd}	0.87^{d-f}
R-60	0.33^{ab}	63.33^{bc}	1.05^{cd}
R-75	0.01^{b}	63.33^{bc}	1.25^{bc}
R-90	0.01^{b}	93.33^{a}	1.41^{b}
S-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}
S-0	1.33^{a}	20.00^{h-j}	0.30^{j-n}
S-15	1.00^{ab}	33.33^{e-h}	0.44^{h-m}
S-30	0.33^{ab}	20.00^{h-j}	0.35^{j-n}
S-45	0.33^{ab}	10.00^{ij}	0.15^{l-n}
S-60	0.33^{ab}	40.00^{d-h}	0.45^{h-m}
S-75	1.00^{a}	43.33^{c-g}	0.54^{f-k}
S-90	1.33^{a}	63.33^{bc}	0.89^{de}
L-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}
L-0	0.33^{ab}	3.33^{j}	0.04^{n}
L-15	0.33^{ab}	3.33^{j}	0.04^{n}
L-30	0.33^{ab}	23.33^{g-j}	0.38^{i-n}
L-45	0.33^{ab}	3.33^{j}	0.03^{n}
L-60	1.33^{a}	43.33^{c-g}	0.50^{g-l}
L-75	0.33^{ab}	20.00^{h-j}	0.28^{k-n}
L-90	0.33^{ab}	50.00^{c-e}	0.77^{d-g}
T-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}
T-0	0.33^{ab}	43.33^{c-g}	0.80^{d-g}
T-15	0.67^{ab}	50.00^{c-e}	0.89^{de}
T-30	0.33^{ab}	10.00^{ij}	0.11^{mn}
T-45	0.33^{ab}	20.00^{h-j}	0.33^{j-n}
T-60	1.00^{a}	50.00^{c-e}	0.64^{e-j}
T-75	1.00^{a}	53.33^{c-e}	0.82^{d-g}
T-90	0.01^{b}	83.33^{ab}	1.22^{bc}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

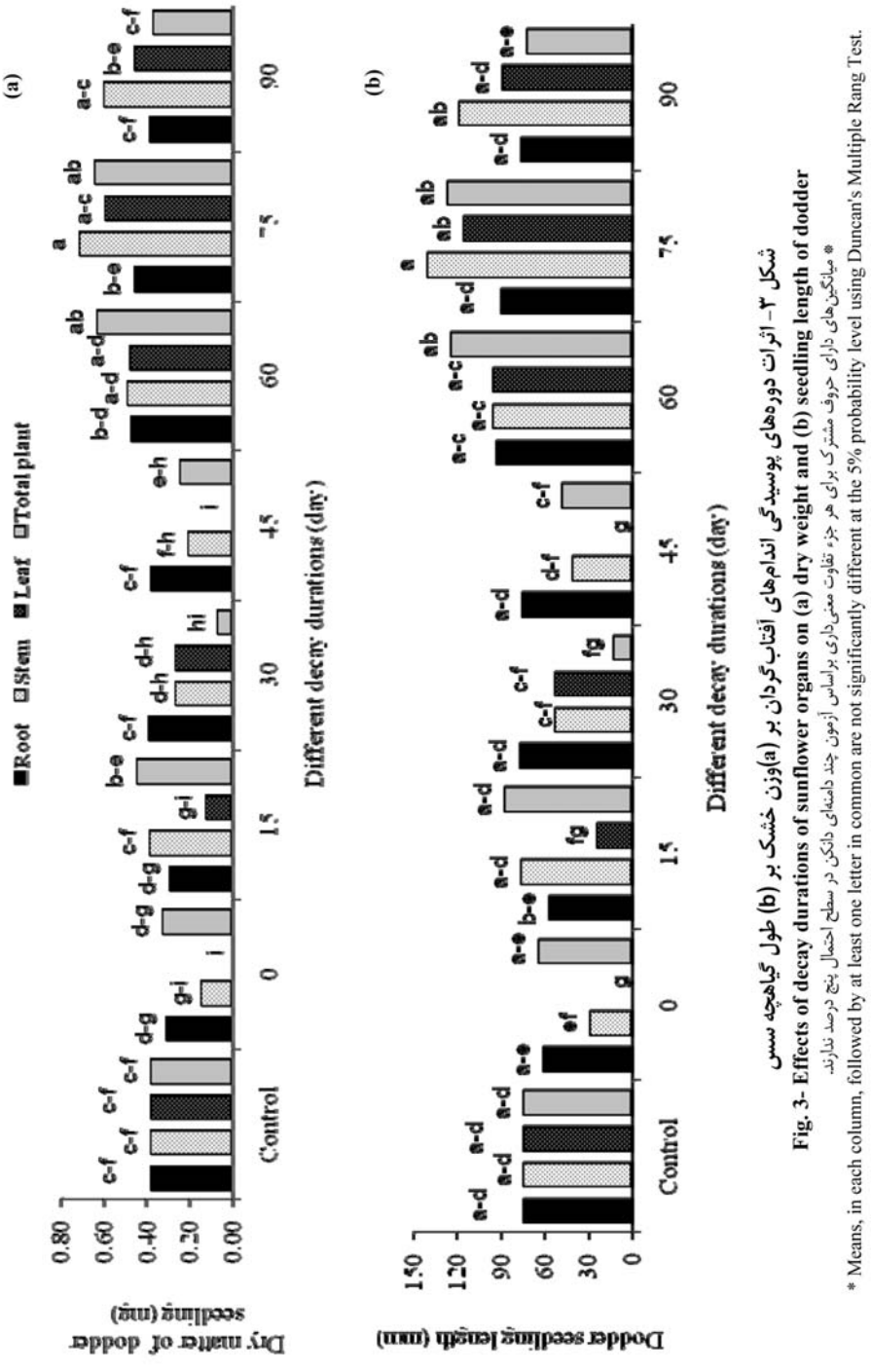
*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل آذین، اعداد صفر تا ۹۰: دوره‌های پوسیدگی، C: تیمار شاهد

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 90: decay duration, C: control treatment.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج هر سه آزمایش که شامل مطالعات اثرات عصاره-های آبی در محیط پتری‌دیش و گلدان و نیز دوره‌های پوسیدگی اندا-مهای این گیاه بود، مشخص گردید که برگ و ساقه آفتاب‌گردان در مقایسه با دیگر اندام‌ها، اثرات آللوپاتی بیشتری را بر صفات ذکر شده داشتند. همچنین مواد آللوشیمیایی حاصل از عصاره‌های آبی و دوره-های پوسیدگی اندام‌های آفتاب‌گردان، درصد و سرعت جوانه‌زنی و نیز سبز شدن سس را در مقایسه با سایر صفات مورد مطالعه این گیاه، بیشتر تحت تاثیر قرار دادند. بر این اساس به نظر می‌رسد که در محیط پتری‌دیش و یا خاک مواد آللوپاتی اثرات نسبتاً مشابهی را بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌های سس ایجاد کنند. با توجه به نتایج هر سه آزمایش می‌توان با تعیین دقیق مؤثرترین غلظت‌های عصاره آبی آفتاب‌گردان بر خصوصیات رشدی سس، توسعه علف‌کش زیستی را جهت مدیریت این علف هرز انگل امکان‌پذیر نمود.



شکل ۳- اثرات دوره‌های پوسیدگی اندام‌های آفتاب‌گردان بر (a)وزن خشک بر (b) طول گیاهچه سس

Fig. 3- Effects of decay durations of sunflower organs on (a) dry weight and (b) seedling length of dodder

* میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

منابع

Anjum, T., and Bajwa, R. 2005. A bioactive annuionone from sunflower leaves. Photochemistry 66: 1919- 1921.

Azania, A.A.P.M., Azania, C.A.M., Lives, P.L.C.A., Palaniraj, R., Kadian, H.S., Sati, S.C., Rawat, L.S., Dahiya, D.S., and Narwal, S.S. 2003.Allelopathic plants. 7. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Allelopathy Journal 11(1): 1-20.

Batish, D.R., Tung, P., Singh, H.P., and Kohli, R.K. 2002. Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. Journal of Agronomy and Crop Science 188(1): 19-24.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., and Gawroński, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biologia Plantarum 50(1): 156-158.

Hosseini, A., and Koocheki, A. 2008. Effects of priming on seed germination and germination rate of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 69-76. (In Persian with English Summary)

Jamil, M., Cheema, Z.A., Mushtaq, M.N., Farooq, M., and Cheema, M.A. 2009. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. Agronomy for Sustainable Development 29(3): 475-482.

Jarchow, M.E., and Cook. B.J. 2009. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typhaangus tifolia*. Plant Ecology 204: 113-124.

Javaid, A., Shafique, S., Bajwa, R., and Shafique, S. 2006. Effect of aqueous extracts of allelopathic crops on germination and growth of *Parthenium hysterophorus* L. South African Journal of Botany 72(4): 609-612.

Kupidłowska, E., Gniazdowska, A., Stępień, J., Corbineau, F., Vinel, D., Skoczowski, A., Janeczko, A., and Bogatek, R. 2006. Impact of sunflower (*Helianthus annuus* L.) extracts upon reserve mobilization and energy metabolism in germinating mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. Journal of Chemical Ecology 32: 2569-2583.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cucuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32(3): 165-179.

Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology 34(2): 339-347.

Mishra, J.S., Moorthy, B.T.S., Bhan, M., and Yaduraju, N.T. 2007. Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris* L.) and its management in niger (*Guizotia abyssinica* L.). Crop Protection 26: 625-629.

Morris, C., Grossl, P.R., and Call, C.A. 2009. Elemental allelopathy: processes, progress and pitfalls. Plant Ecology 202: 1-11.

Mushtaq, M.N., Cheema, Z.A., and Khaliq, A. 2010. Effects of mixture of allelopathic plant aqueous extracts on *Trianthem aportulacastrum* L. weed. Allelopathy Journal 25(1): 205-212.

Nadler- Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* L. To herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341- 347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25(1): 51-72.

Orouji, K., Khazaei, H.R., RashedMohasel, M.H., Ghorbani, R., and Azizi, M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on germination and initial growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and common lambsquarter (*Chenopodium album*). Journal of Plant Protection 22(2): 119-128. (In Persian with English Summary)

Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D., and Chung, I.M. 2005. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: An overview. Crop Protection 24: 197- 206.

Zia Hosseini, S.S., and Bararpour, M.T. 2002. Allelopathic effect of different rates and ages of sunflower plant (*Helianthus annuus* L.) residues on emergence and growth of corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Crop Science 4(2): 107-115. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۲۰-۱۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 11-20

بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد و تنوّع و تراکم علف‌های هرز

علیرضا کوچکی[۱]، فرنوش فلاح پور[۲*]، سرور خرم دل[۳] و لیلا جعفری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی گندم (*Triticum aestiveum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش چهار نوع کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا شامل یک ردیف گندم+ یک ردیف کلزا (۱:۱)، دو ردیف گندم + دو ردیف کلزا (۲:۲)، سه ردیف گندم + سه ردیف کلزا (۳:۳) و چهار ردیف گندم + چهار ردیف کلزا (۴:۴) و کشت خالص هر دو گیاه بود. نتایج نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر وزن خشک و شاخص تنوع شانون علف‌های هرز معنی دار بود. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک علف‌های هرز در تیمار گندم خالص و کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. علف هرز هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) و خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) به ترتیب با تراکم نسبی ۴۲/۸۶ و ۳/۵۷ درصد بیشترین و کمترین فراوانی نسبی را نسبت به سایر گونه-های علف هرز داشتند. الگوهای کشت خالص دارای بیشترین شاخص شانون بودند، به طوری‌که بیشترین و کمترین شاخص شانون در تمام مراحل نمونه‌برداری در کشت خالص گندم (۰/۸۶) و الگوی دو ردیفی(۰/۶۶) به‌دست آمد. بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در کشت خالص به‌دست آمد و در الگوهای مخلوط بیشترین عملکرد بیولوژیک (برای گندم و کلزا به ترتیب ۱۲۸۹۴/۴۷ و ۹۲۳۱/۰۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (برای گندم و کلزا به ترتیب ۴۲۳۰/۷۲ و ۳۳۳۳/۴۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار سه ردیفی مشاهده شد. بیشترین شاخص برداشت گندم در الگوی یک ردیفی و بیشترین شاخص برداشت کلزا در الگوی چهار ردیفی به ترتیب با ۵۸/۳۴ و ۵۳ درصد به‌دست آمد.کشت مخلوط با افزایش تنوع، باعث کاهش تعداد و وزن خشک علف‌های هرز گردید. به‌طور کلی، بهترین نتایج در الگوی سه ردیف گندم+ سه ردیف کلزا مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، شاخص شانون، فراوانی نسبی

مقدمه

در دنیای جدید روند کشت و کار محصولات زراعی به تدریج از اصول اکولوژیک خارج شده است و به سمت دیدگاه‌های صرفاً اقتصادی پیش می‌رود که این امر منجر به وارد آوردن خسارات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌های زراعی شده و پایداری آن‌ها را در معرض خطر قرار داده است (Carruthers et al., 2000). به همین دلیل در سال‌های اخیر از اهداف مهمی که در زمینه تحقیقات کشاورزی در بیشتر کشورها از جمله ایران دنبال می‌شود دستیابی به راهکارهایی جهت افزایش پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد. هدف اصلی در کشاورزی پایدار استفاده بهینه از نهاده‌های خارجی و به طور همزمان استفاده بهینه با کارایی مطلوب از منابع داخلی اکوسیستم می‌باشد (Ghanbari-Bonjar, 2000). لذا امروزه گرایش در جهت طراحی و مدیریت سیستم‌هایی است که بر فرآیندهای اکولوژیکی تکیه داشته و به منظور دستیابی به تولید مطلوب و کنترل آفات و علف‌های هرز وابستگی کمتری به مواد شیمیایی دارند (Awal et al., 2006). از جمله این روش‌های مدیریتی می‌توان به استفاده از کشت مخلوط اشاره کرد. استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط بر پایه مصرف کم منابع و نهاده‌های خارجی سال‌هاست که در مناطق مختلف جهان توسعه یافته است.

۱، ۲ و ۳ – به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- مربی گروه علوم باغبانی دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: farnoush.fallahpour@stu.um.ac.ir)

کشت مخلوط تولید دو یا چند محصول به‌طور همزمان در یک قطعه زمین می‌باشد. نتایج برخی مطالعات برتری کشت مخلوط را بر کشت خالص در بسیاری از موارد تأیید کرده‌اند (Sastawa et al., 2004; Ghanbari-Bonjar, 2000). نتایج تحقیقات مختلف (Berntsena et al., 2004; Keating & Carberry, 1993; Willey, 1990; Awal et al., 2006) در مورد کشت مخلوط نشان داده است که کارآیی بالاتر استفاده از نهاده‌ها اعم از نور، آب و مواد غذایی (Koocheki et al., 2010)، امکان کنترل علف‌های هرز (Carruthers et al., 1992)، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها (Parajulee et al., 1997) و افزایش تنوع زیستی (Nassiri, 2000; Altieri & Liebman, 1986) خصوصیات کارکردی منحصر به فردی را فراهم می‌سازد که باعث شده است تا این زراعت جایگاه خاصی را در طراحی بوم‌نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص دهد (Black & Ong, 2000). با این وجود، کنولی (Connolly, 2001) با بررسی پژوهش‌های انجام شده در مورد کشت‌های مخلوط طی یک دوره ۲۰ ساله، بیان داشتند که بخش عمده‌ای از این تحقیقات بر مقایسه عملکرد مخلوط با کشت خالص متمرکز شده و در نتیجه بررسی سایر مزایای اکولوژیکی این نوع نظام زراعی از نظر دور مانده است. ناتارجان و وایلی (Natarajan & Willey, 1979) با بررسی انواع نظام‌های کشت مخلوط بیان داشتند که در بسیاری از موارد، الگوهای مخلوط ردیفی از جنبه‌های مختلف کارایی فیزیولوژیک ایده‌آل‌ترین روش در بین سایر الگوهای کشت می‌باشند.

توانایی نظام‌های کشت مخلوط برای رقابت با علف‌های هرز و کنترل آنها به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان زراعی، ارقام انتخابی، تراکم گیاهی، سهم هر یک از گیاهان زراعی در کشت مخلوط، ترتیب و فاصله قرار گرفتن آنها از یکدیگر و حاصلخیزی خاک بستگی دارد (Shaygan et al., 2008). برخی تحقیقات نیز نشان داده است که مزیت اصلی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش تنوع گیاهان است که در نتیجه آن آشیانه‌های اکولوژیک بیشتری توسط گیاهان زراعی اشغال می‌شود. بدین ترتیب با کاهش آشیانه‌های خالی و کاهش منابع در دسترس جهت رشد علف‌های هرز تا حدود زیادی از قدرت تهاجم علف‌های هرز کاسته می‌شود (Koocheki et al., 2006). نتایج تحقیقی که طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹ روی سیستم‌های کشت مخلوط در کنیا نشان داد که کشت مخلوط در کنترل علف جادو (*Striga* sp.) مؤثر بود، به طوری‌که باعث بهبود ۴۰ تا ۱۲۰ درصدی تولید محصول شد (Oswald et al., 2002). علف‌های هرز از طریق رقابت برای جذب آب، عناصر غذایی و فضا باعث کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شوند. از آنجا که معمولاً بیشترین نیاز برای مواد غذایی بوسیله علف‌های هرز همزمان با نیاز گیاه زراعی اتفاق می‌افتد و همچنین تعدادی از علف‌های هرز در ایجاد کانوپی سریعتر از گیاهان زراعی عمل می‌کنند، بدین ترتیب، در رقابت برای جذب نور و سایر منابع محیطی موفق‌تر از گیاه زراعی بوده که این امر در نهایت منجر به کاهش عملکرد آنها می‌شود.

در میان گیاهان زراعی مختلف غلات از مهم‌ترین محصولات زراعی در سطح جهان می‌باشند که بطور متوسط در حدود ۵۵-۵۰ درصد کالری مصرفی انسان را تأمین می‌نمایند. در این بین گندم به دلیل قدرت سازگاری بالا و تنوع فرآورده‌های حاصله از اهمیت زیادی برخوردار است، به طوری‌که امروزه اولین محصول مهم غذایی جهان بشمار می‌آید. کشت کلزا نیز به عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در کشور به‌طور روز افزون در حال افزایش است (Najibniya, 2010). کلزا دارای ارقام بهاره و پاییزه می‌باشد که کلزای پاییزه بدلیل امکان استفاده بهتر از نزولات جوی، نیاز کمتر به آبیاری و همچنین عملکرد بالاتر، بسیار مورد توجه کشاورزان می‌باشد.

بدین ترتیب با توجه به مزایای مختلف کشت مخلوط، از آنجا که تحقیقات زیادی در مورد کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا در کشور انجام نشده است، لذا هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا و تعیین بهترین ترکیب مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی از لحاظ تراکم، زیست توده و تنوع علف‌های هرز و همچنین عملکرد دو گیاه زراعی در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد، تراکم و تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیایی درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در دو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی لومی بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار الگوی مخلوط ردیفی (یک ردیف گندم و یک ردیف کلزا (۱:۱)، دو ردیف گندم و دو ردیف کلزا (۲:۲)، سه ردیف گندم و سه ردیف کلزا (۳:۳) و چهار ردیف گندم و چهار ردیف کلزا (۴:۴)) و کشت خالص دو گیاه بود.

عملیات کاشت گندم و کلزا در هر دو سال به‌صورت همزمان و در نیمه آبان ماه بر روی ردیف‌هایی با طول سه متر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر انجام شد، بدین ترتیب ابعاد کرت‌ها ۶×۳ مترمربع بود. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر (گندم و کلزا به ترتیب ۴۰۰ و ۲۰ بوته در متر مربع) گیاهان در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا آخر پاییز و از ابتدای فروردین تا زمان رسیدگی به فاصله هر ۱۴ روز یکبار انجام شد.

به‌منظور مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم و

کلزا از نظر ترکیب، تراکم و زیست توده علف‌های هرز، نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز در پنج نوبت انجام گرفت. بدین منظور از کوادراتی به ابعاد ۰/۲۵×۰/۲۵ متر مربع برای نمونه‌برداری استفاده و در هر کرت از سه محل به صورت تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. تمام علف‌های هرز پس از شمارش به تفکیک گونه شناسایی شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری زیست‌توده علف‌های هرز، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. برای تعیین میزان تنوع علف‌های هرز از شاخص تنوع شانون (H') استفاده شد (Gliessman, 1997) (معادله۱).

$$H'=-\sum_{i=1}^{s}\frac{Ki}{K}Ln\frac{Ki}{K}$$

معادله (۱)

که در این معادله، H': شاخص تنوع گونه‌ای شانون و K: تعداد کل افراد جمعیت گونه i ام می‌باشد.

نیمی از هر کرت به نمونه‌برداری تخریبی اختصاص یافت و در پایان فصل رشد بوته‌های نیمهٔ دیگر کرت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد مورد استفاده قرار گرفتند. اجزای عملکرد اندازه‌گیری شده در رابطه با گندم شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه و برای کلزا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه جانبی و وزن هزار دانه بود.

برای ارزیابی کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا در مقایسه با کشت خالص، نسبت برابری زمین (LER)[1] برای عملکرد دانه طبق معادله (۲) محاسبه گردید (Gliessman, 1999).

$$LER=\sum\frac{Ypi}{Ymi}$$

معادله (۲)

که در این معادله، Ypi: میزان عملکرد دانه در کشت مخلوط و Ymi: میزان عملکرد دانه درکشت خالص می‌باشد.

تجزیه داده‌ها به صورت تجزیه مرکب و با استفاده از نرم‌افزار Minitab Ver. 13 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار MS Excel ver. 11 انجام شد.

نتایج و بحث

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر عملکرد و اجزای عملکرد

مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و گندم به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد بیولوژیکی و دانه گندم و کلزا معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بیشترین عملکرد بیولوژیکی برای گندم و کلزا در کشت خالص (به ترتیب با ۱۴۹۲۴/۸۶ و ۱۳۸۲۳/۹۷کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان آن در الگوی یک ردیفی (به ترتیب با ۵۲۳۲/۷۲ و ۳۴۵۷/۸۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. در بین الگوهای مختلف مخلوط نیز بالاترین عملکرد بیولوژیکی در الگوی سه ردیفی به ترتیب با ۱۲۸۹۴/۴۷ و ۹۲۳۱/۰۷ کیلوگرم در هکتار برای گندم (با۱۳/۶۰ درصد کاهش نسبت به کشت خالص) و کلزا (با۳۳/۲۲ درصد کاهش نسبت به کشت خالص) حاصل شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه نیز در هر دو گیاه به ترتیب در کشت خالص و کشت مخلوط یک ردیفی حاصل شد (جدول های ۱ و۲). مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2000) در بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ذکر کردند که بیشترین عملکرد دانه در کشت خالص لوبیا حاصل شد.

در الگوهای مختلف مخلوط بیشترین تعداد غلاف در بوتهٔ کلزا و تعداد دانه در غلاف در الگوی سه ردیفی بدست آمد. در بررسی وزن هزار دانه گندم تنها تیمار مخلوط یک ردیفی با سایر الگوهای مخلوط اختلاف معنی دار داشت. هانسن و شیبلز (Hansen & Shibles, 1978) نیز معتقدند که وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد و از طریق ژنتیکی کنترل می‌شود. بهدانی و راشد محصل (Behdani & Rashed-Mohassel, 2001) نیز با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد واریته‌های مختلف سویا (*Glycine max* L.) در کشت‌های مخلوط ردیفی مختلف دریافتند که واکنش ارقام در الگوهای مختلف متفاوت بود. صدرآبادی حقیقی (Sadrabadi-Haghighi, 1998) در بررسی کشت گندم و ماشک گل خوشه‌ای (*Vica villosa* Roth.) بیان داشت که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط در مورد عملکرد دانه وجود داشت. در تحقیقی دیگر نیز اشاره شده‌است که در کشت مخلوط ذرت و سویا بیشترین عملکرد دانه در کشت مخلوطی بدست آمد که در آن تراکم ذرت متوسط و تراکم سویا پایین بود (Gheshm & Tajbakhsh, 1990). شاخص برداشت نیز در الگوهای کشت مورد بررسی متفاوت بود، به طوری‌که بیشترین شاخص برداشت گندم و کلزا به ترتیب در الگوی کشت مخلوط یک ردیفی (۵۳ درصد) و چهار ردیفی (۵۸/۳۴ درصد) به‌دست آمد (جدول های۲ و ۳). به‌طور کلی، علت افزایش محصول در زراعت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر و کاراتر گیاهان از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور نسبت داد.

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم بر نسبت برابری زمین (LER) بر اساس عملکرد دانه

اثر الگوهای مختلف مخلوط بر نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود؛ به طوری‌که بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین برای عملکرد در الگوهای مختلف مخلوط در تیمار سه

1- Land equivalent ratio (LER)

ردیفی و یک ردیفی به‌دست آمد (شکل ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی با گندم

Table 1- Means comparison of yield and yield compounds of canola in different intercropping with wheat

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غلاف در بوته Pod Number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed Number per pod	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) HI (%)
1:1	3475.82 e*	1803.92 b	123.62 e	19.04 e	4.93 c	3.30 b	53.00 a
2:2	5616.10 d	2898.54 a	134.94 d	19.69 d	5.24 c	3.95 a	51.86 a
3:3	9231.07 b	3333.49 a	201.35 b	23.85 b	6.97 b	3.37 b	36.13 b
4:4	6323.32 c	2949.69 b	176.59 c	20.65 c	5.04 c	3.41 b	35.67 b
Monoculture	13823.97 a	3479.48 a	223.35 a	24.23 a	7.75 a	3.50 b	25.17 b

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

*Means per column followed by same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's Test.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گندم در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی با کلزا

Table 2- Means comparison of yield and yield compounds of wheat in different intercropping with canola

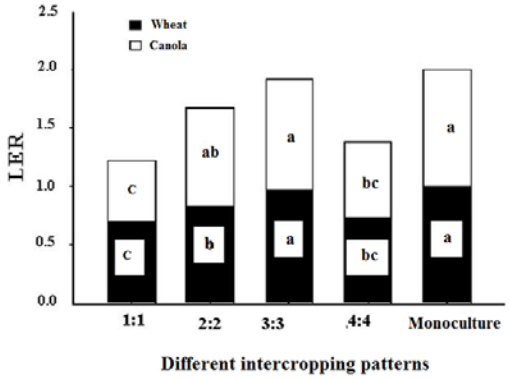
تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد سنبله در مترمربع No. of spike per m^{-2}	تعداد دانه در سنبله No. of seed per spike	وزن دانه در سنبله (گرم) Grain weight per spike (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) HI (%)
1:1	5232.72 e*	3051.54 c	320.14 d	17.36 e	0.93 c	53.81 a	29.27 b
2:2	10051.02 d	3632.56 b	349.79 c	20.68 c	0.94 c	45.73 b	28.97 b
3:3	12894.47 b	4230.72 a	394.88 b	23.57 b	1.08 b	45.74 b	36.17 b
4:4	11163.01 c	3233.92 c	312.60 d	18.89 d	0.95 c	50.51 ab	58.34 a
Monoculture	14924.86 a	4366.38 a	430.69 a	26.55 a	1.19 a	44.94 b	32.81 b

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

*Means per column followed by same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's Test.

البته در این مورد بین الگوهای سه و چهار ردیفی مخلوط و همچنین الگوهای سه و دو ردیفی مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تمام الگوهای کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا LER بزرگتر از یک داشتند که این امر نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای می‌باشد. بیشترین میزان LER برای الگوی سه ردیفی (۱/۹) و کمترین میزان آن در الگوی یک ردیفی (۱/۲) به‌دست آمد.

عملکرد نسبی گندم در تمام الگوهای کشت مخلوط بالاتر از کلزا بود (شکل ۱). بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم به دلیل تأثیر بیشتر از همراهی کلزا اثر مثبت پذیرفته است.



شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه

Fig. 1- Effect of different row intercropping patterns of wheat and canola on LER based on seed yield

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010a) طی آزمایشی روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus* L.) و مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) گزارش کردند که بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین به ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱/۲۱) و کمترین میزان آن در ترکیب سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۸۷) به‌دست آمد. در مطالعه‌ای دیگر کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010b) با بررسی چهار نوع کشت مخلوط تاخیری گندم و ذرت بیان داشتند که نسبت برابری زمین برای کارایی جذب نیتروژن در تمام کشت‌های مخلوط تأخیری بزرگتر از یک بود و بین ۲-۱/۴۹ قرار داشت.

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر تراکم نسبی علف‌های هرز

در نمونه‌گیری کرت‌های آزمایشی در دو سال متوالی در مجموع ۱۷ گونه علف هرز مشاهده شد که شامل تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S.Wats.)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.)، خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، شاهتره (*Fumaria* spp.)، غربیلک (*Lamium amplexicaule* L.)، گندمک (*Stellaria media* L.)، هفت‌بند (*Polygonum avicular* L.)، و واکاریا (*Vacaria* sp.) از علف‌های هرز یکساله پهن‌برگ، دم روباهی (*Setaria* sp.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.) از علف‌های هرز یکساله باریک‌برگ، علف خرچنگ (*Digitaria* sp.)، بارهنگ (*Plantago lanceolata* L.) و اویار سلام (*Cyperus rotundus* L.) از علف‌های هرز چندساله باریک‌برگ و پیچک صحرایی (*Covolvulus arvensis* L.) و شیر تیغی (*Sonchus oleraceus* L.) از علف‌های هرز چندساله پهن‌برگ بودند (جدول ۳).

نتایج نشان داد که در مرحله اول نمونه‌برداری سوروف با تراکم نسبی ۴۱/۳۸ درصد و سلمه‌تره با تراکم نسبی ۲۰/۶۹ درصد در بین تیمارهای مختلف بیشترین فراوانی را نسبت به سایر گونه‌ها داشتند. در انتهای فصل رشد نیز سوروف، پیچک، هفت‌بند و سلمه تره بیشترین تراکم را به خود اختصاص دادند. تعداد علف‌های هرز پهن‌برگ با ۱۱ گونه بیشتر از باریک‌برگ‌ها با شش گونه بود. از نظر چرخه زندگی نیز یکساله‌ها با ۱۲ گونه در مقایسه با چندساله‌ها با پنج گونه از تنوع بالاتری برخوردار بودند. از آنجا که علف‌های هرز یکساله دارای توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع بعد از تخریب می‌باشند و همچنین ویژگی‌های مشابهی با گیاهان زراعی یکساله دارند، لذا قابل انتظار است که فراوانی و تراکم نسبی این گونه‌ها در بوم نظام‌های زراعی به مراتب بالاتر از گونه‌های چندساله باشد (Lososova et al., 2008).

جدول ۳- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر تراکم نسبی گونه‌های علف هرز در مراحل مختلف نمونه برداری

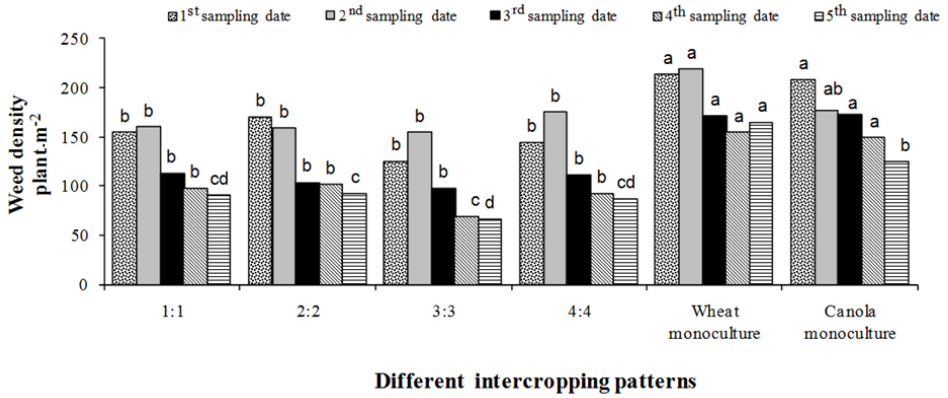
Table 1- Effect of different row intercropping patterns of wheat and canola on weed relative density in three sampling dates at different input intensity

کشت خالص Monoculture		الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی Different row intercropping patterns				سیکل زندگی Life cycle	گونه‌های علف هرز Weed species
کلزا Canola	گندم Wheat	4:4	3:3	2:2	1:1		
مرحله اول نمونه‌برداری The first sampling date							
17.95	-	-	18.75	18.75	20.69	AB*	*Chenopodium album* L.
20.51	-	-	-	6.25	10.34	PB	*Covolvulus arvensis* L.
-	15.00	11.11	18.75	3.12	-	PG	*Digitaria* sp.
25.64	30.00	29.63	18.75	28.12	41.38	AG	*Echinochloa crus-galli* L.
10.26	17.50	11.11	18.75	15.62	17.24	AB	*Fumaria* spp.
5.13	5.00	-	-	-	-	AB	*Lamium amplexicaule* L.
7.69	10.00	7.41	25.00	25.00	10.34	AB	*Polygonum avicular* L.
12.82	7.50	22.22	-	-	-	AB	*Stelaria media* L.
-	15.00	18.52	-	3.12	-	AB	*Vacaria* sp.
مرحله دوم نمونه‌برداری The second sampling date							
-	12.20	6.06	4.55	-	-	AG	*Avena sativa* L.
31.25	9.76	12.12	40.91	19.44	10.00	AB	*Chenopodium album* L.
9.38	-	6.06	-	30.56	6.67	AB	*Covolvulus arvensis* L.
3.13	2.44	12.12	9.09	22.22	13.33	PG	*Cyperus rotundus* L.
-	7.32	-	13.64	-	-	PB	*Descurainia sophia* L.
3.13	17.07	15.15	4.55	-	-	PG	*Digitaria sp.*
6.25	26.83	15.15	31.82	-	30.00	AG	*Echinochloa crus-galli* L.

12.50	4.88	–	–	–	20.00	AB	*Fumaria* spp.
6.25	–	–	–	–	–	PG	*Plantago lanceolata* L.
9.38	9.76	18.18	22.73	19.44	–	AB	*Polygonum avicular* L.
–	9.76	15.15	4.55	–	–	AG	*Setaria* sp.
18.75	–	–	–	8.33	–	PB	*Sonchus oleraceus* L.
–	–	–	–	–	–	AB	*Stelaria media* L.
			مرحله سوم نمونه‌برداری				
			The third sampling date				
7.69	3.57	–	–	30.00	–	AG	*Avena sativa* L.
–	3.57	19.05	23.08	15.79	10.00	AB	*Chenopodium album* L.
26.92	7.14	4.76	7.69	15.79	–	PB	*Covolvulus arvensis* L.
–	14.29	23.81	7.69	10.53	30.00	PG	*Cyperus rotundus* L.
–	3.57	–	–	–	–	AB	*Descurainia sophia* L.
11.54	17.86	–	–	5.26	–	PG	*Digitaria* sp.
–	32.14	33.33	23.08	26.32	25.00	AG	*Echinochloa crus-galli* L.
26.92	–	4.76	–	–	–	AB	*Fumaria* spp.
23.08	3.57	9.52	23.08	26.32	20.00	AB	*Polygonum avicular* L.
3.85	17.86	4.76	–	–	10.00	AB	*Setaria* sp.
–	–	–	7.69	–	5.00	PB	*Sonchus oleraceus* L.
–	–	–	7.69	–	–	AB	*Stelaria media* L.
			مرحله چهارم نمونه‌برداری				
			The fourth sampling date				
–	3.84	–	5.56	5.56	–	AB	*Amaranthus blitoides* S.Wats.
6.89	–	6.25	–	–	–	AG	*Avena sativa* L.
10.34	26.92	12.50	15.38	22.22	5.26	AB	*Chenopodium album* L.
3.45	19.23	12.50	–	–	10.53	PB	*Covolvulus arvensis* L.
6.89	19.23	25.00	7.69	5.56	21.05	PG	*Cyperus rotundus* L.
24.14	–	18.75	7.69	16.67	21.05	PG	*Digitaria* sp.
31.03	–	25.00	15.38	16.67	15.79	AG	*Echinochloa crus-galli* L.
–	–	–	7.69	–	–	AB	*Fumaria* spp.
–	–	6.25	–	–	–	PG	*Plantago lanceolata* L.
–	–	18.75	23.08	16.67	26.32	AB	*Polygonum avicular* L.
17.24	–	6.25	7.69	16.67	–	AB	*Setaria* sp.
–	–	–	7.69	–	–	PB	*Sonchus oleraceus* L.
–	30.77	–	7.69	–	–	AB	*Stelaria media* L.
			مرحله پنجم نمونه برداری				
			The fifth sampling date				
–	18.52	–	–	–	–	AB	*Amaranthus blitoides* S.Wats.
17.94	29.62	25.00	14.28	21.87	–	AB	*Chenopodium album* L.
7.41	–	–	–	–	–	AB	*Conyza canadensis* L.
20.51	22.22	–	14.28	3.12	14.29	PB	*Covolvulus arvensis* L.
–	3.70	6.25	–	–	–	PG	*Cyperus rotundus* L.
–	–	12.50	14.28	–	–	PG	*Digitaria* sp.
25.64	–	25.00	28.57	9.37	21.43	AG	*Echinochloa crus-galli* L.
10.26	–	–	–	–	–	AB	*Fumaria* spp.
7.69	–	–	–	–	–	PG	*Plantago lanceolata* L.
7.69	18.52	31.25	14.28	9.37	42.86	AB	*Polygonum avicular* L.
–	–	–	–	–	21.43	AB	*Setaria* sp.
–	–	–	14.28	–	–	PB	*Sonchus oleraceus* L.
12.82	–	–	–	–	–	AB	*Stelaria media* L.

* AB: یکساله پهن‌برگ، AG:یکساله باریک‌برگ، PB: چندساله پهن‌برگ و PG: چندساله باریک‌برگ

*AG: Annual grasses, AB: Annual broad leaves, PB: Perennial broad leaves and PG: Perennial grasses



شکل ۲- اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر تراکم علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 2- Effect of different row intercropping patterns of wheat and canola on density of weeds in different sampling dates

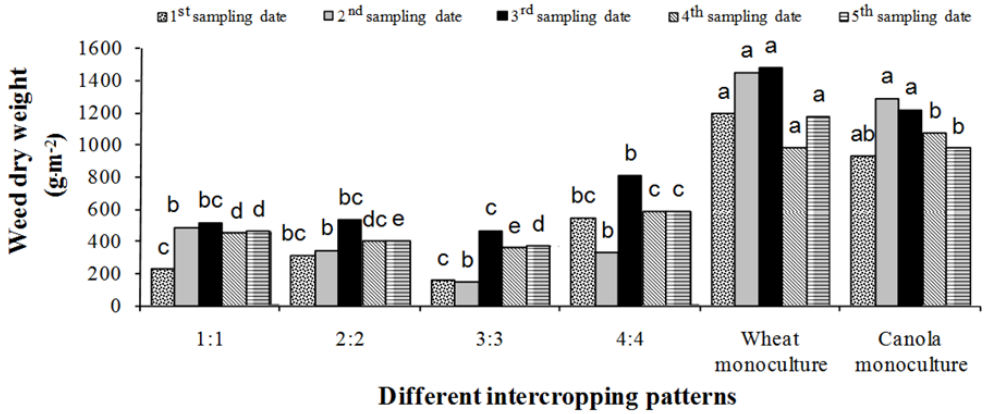
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر مرحله نمونه برداری، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means within a group of sampling date followed by same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's Test.

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر تراکم علف‌های هرز

اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی بر تراکم علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری در در دو سال اجرای آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است.

الگوهای ردیفی گندم و کلزا تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر تراکم علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری داشتند. در مرحله اول نمونه‌برداری کشت خالص گندم با ۲۱۳ بوته در متر مربع و الگوی سه ردیف گندم+ سه ردیف کلزا با ۸۵ بوته در متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین تراکم علف‌های هرز را به خود اختصاص دادند. الگوی کاشت سه ردیف گندم+ سه ردیف کلزا در مراحل دوم، سوم، چهارم و پنجم نمونه‌برداری به ترتیب با ۲۹، ۴۳، ۵۵ و ۵۶ درصد کاهش تراکم نسبت به کشت خالص گندم و ۱۲، ۴۳، ۵۴ و ۴۷ درصد کاهش تراکم نسبت به کشت خالص کلزا بیشترین تاثیر را در کنترل علف‌های هرز دارا بود (شکل ۲). این موضوع همراه با نتایج آزمایش کارایی مصرف نور که نشان‌دهنده بیشترین کارایی مصرف تشعشع در کشت مخلوط سه ردیفی بود (نتایج کارایی مصرف نور در این مقاله نشان داده نشده است) نشان داد که افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش پوشش گیاهی در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص علاوه بر آنکه باعث افزایش جذب نور شده است، کاهش تراکم علف‌های هرز را نیز به دنبال داشته‌است.



شکل ۳- اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 3- Effect of different row intercropping patterns of wheat and canola on weed dry weight in different sampling dates

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر مرحله نمونه برداری، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means within a group of sampling date followed by same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's Test.

چنین به نظر می‌رسد که وجود اثرات تسهیل‌کنندگی گندم و کلزا همچون جوانه‌زنی و رشد سریع‌تر گندم از یک طرف و وجود اثرات آللوپاتی کلزا (Boydston & Hang, 1995) از طرف دیگر، منجر به جلوگیری از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز در کشت ردیفی شد، اما با افزایش تعداد ردیف‌های مخلوط به چهار ردیف، اثرات مثبت دو گیاه بر یکدیگر کاهش یافت؛ به‌طوری‌که در کشت چهار ردیفی مخلوط گندم و کلزا علاوه بر کاهش کارایی مصرف تشعشع، افزایش تراکم علف‌های هرز نیز مشاهده شد (شکل ۲).

با توجه به افزایش تنوع گیاهان در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، لذا آشیانه‌های اکولوژیکی بیشتری توسط گیاهان زراعی اشغال شده که در نتیجه باعث کاهش منابع قابل دسترس برای رشد علف‌های هرز باقی شده و در نهایت کاهش تراکم گونه‌های علف هرز را به دنبال داشته است. آلفرد و همکاران (Alford et al., 2003) با بررسی اثر کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر کنترل علف‌های هرز نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و علت کاهش تراکم علف هرز را به ترکیب مکملی گیاهان زراعی در مخلوط مربوط دانستند. آنها بیان داشتند که کشت مخلوط به دلیل افزایش تنوع و به دنبال آن کاهش آشیانه‌های اکولوژیکی باعث افزایش توان رقابتی گیاهان با علف‌های هرز می‌شود. گومز و گورویچ (Gomez & Gurevitch, 1998) نیز با بررسی اثر کشت مخلوط ذرت و سویا بر کنترل علف‌های هرز دریافتند که کشت مخلوط این دو گیاه به دلیل پوشش بهتر و متراکم‌تر بر سطح زمین باعث افزایش قدرت رقابت گیاهان زراعی برای استفاده از نور، آب و سایر منابع محیطی در مقایسه با کشت خالص شده که در نهایت، باعث کاهش تنوّع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص شد. سنجانی و همکاران (Sanjani et al., 2009) گزارش کردند که کشت مخلوط افزایشی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) با سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) به طور معنی‌داری باعث کاهش تعداد و تراکم علف‌های هرز نسبت به کشت خالص شد. نتایج تحقیقات بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز روی اثر کشت مخلوط گندم و نخود (*Cicer arietinum* L.) بر کنترل علف‌های هرز نشان داد که کشت مخلوط این دو گیاه با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متری نظام مطلوبی برای رسیدن به عملکرد مناسب و حذف علف‌های هرز می‌باشد؛ به طوری‌که در این فاصله کاشت نسبت به سایر فواصل و الگوهای کاشت کمترین تراکم علف‌های هرز مشاهده شد.

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر وزن خشک علف‌های هرز

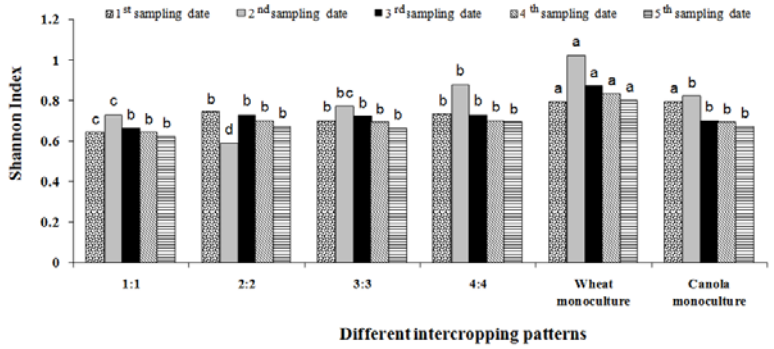
اثر الگوهای مختلف کشت بر وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود؛ به طوری‌که کشت مخلوط باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد (شکل ۳).

بیشترین و کمترین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول نمونه‌برداری به ترتیب در کشت خالص گندم با ۱۱۹۰/۰۱ گرم در متر مربع و الگوی کاشت سه ردیفی با ۱۵۵/۷۰ گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۳). بیشترین وکمترین وزن خشک علف‌های هرز در مراحل دوم، سوم،چهارم و پنجم نمونه‌برداری در کشت خالص گندم (به ترتیب با ۱۴۴۷/۶، ۱۴۷۴/۸، ۱۰۶۷ و ۱۱۷۱گرم در متر مربع) و الگوی سه ردیفی (به ترتیب با ۱۴۷/۴، ۴۶۹/۹، ۳۵۸ و ۳۷۰/۳۳ گرم در متر مربع) بدست آمد (شکل ۳). به طور کلی، الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز شد (شکل ۳) که با توجه به کاهش تراکم نسبی (جدول ۳) و تعداد علف‌های هرز (شکل ۲) در شرایط مخلوط در مقایسه با خالص، کاهش وزن خشک علف‌های هرز منطقی به نظر می‌رسد.

گزارش‌های متعددی تأثیر کشت مخلوط بر کنترل علف هرز را مثبت ارزیابی کرده‌اند. نتایج تحقیقات متعدد نشان دادند که کشت مخلوط گیاهان نسبت به خالص باعث کاهش معنی‌دار زیست تودهٔ علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد (Liebman & Dyck, 1993). نتایج بررسی‌های عزیزی (Azizi, 2009) نیز نشان داد که تغییر در ترکیب گونه‌های زراعی اثر معنی‌داری بر وزن خشک علف‌های هرز داشت و با افزایش تنوع گیاهی، وزن خشک علف‌های هرز کاهش یافت، به طوری‌که کمترین وزن خشک علف‌های هرز در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط مشاهده شد.

اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر تنوّع علف‌های هرز

اثر الگوهای کشت ردیفی گندم و کلزا بر شاخص شانون در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود. دامنه شاخص شانون در الگوهای مخلوط ردیفی (۱:۱)، (۲:۲)، (۳:۳) و (۴:۴) به ترتیب ۰/۷۳-۰/۶۲، ۰/۷۴-۰/۵۹، ۰/۷۷-۰/۶۶ و ۰/۸۸-۰/۶۹ بود. بدین ترتیب بیشترین و کمترین شاخص شانون به ترتیب برای کشت خالص گندم و الگوی دو ردیفی با ۰/۸۶ و ۰/۶۶ مشاهده شد (شکل ۴). چنین به نظر می‌رسد که با افزایش تنوّع، تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته که این امر منجر به کاهش تعداد و تنوّع علف‌های هرز شده که در نهایت کاهش شاخص شانون را به دنبال داشته است. بومان و همکاران (Baumann et al., 2000) نیز بیان داشتند که کشت مخلوط تره فرنگی (*Allium porrum* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.) بدلیل افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی باعث افزایش سرکوبی علف‌های هرز شد که در نهایت باعث کاهش تعداد علف‌های هرز گردید.



شکل ٤- اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر شاخص تنوّع شانون علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 4- Effect of different row intercropping patterns of wheat and canola on Shannon index of weeds in different sampling dates

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر مرحله نمونه برداری، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means within a group of sampling date followed by same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's Test.

نتیجه‌گیری

با افزایش تنوّع گیاهان در بوم نظام‌های زراعی به دلیل استفاده مؤثرتر از منابع، آشیان‌های اکولوژیکی کمتری در اختیار علف‌های هرز قرار می‌گیرد که این امر منجر به کاهش تعداد آن‌ها شد. نتایج این آزمایش نشان داد که تعداد، تراکم، زیست توده و تنوّع علف‌های هرز تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که کمترین فراوانی و زیست توده علف‌های هرز در الگوی کاشت سه ردیف گندم + سه ردیف کلزا مشاهده شد. بنابراین کنترل علف‌های هرز با بهره‌گیری از اصول مدیریت پایدار همچون استفاده از الگوها و روش‌های مختلف کشت مخلوط می‌تواند مد نظر قرار گیرد. از طرف دیگر، کشت خالص و مداوم گونه‌های مختلف زراعی در نظام‌های رایج و متکّی بر مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی برای کنترل علف‌های هرز، با کاهش تنوّع گونه‌ای و کارکردی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، عملیات کنترل و مدیریت گونه‌های غالب علف هرز را نیز با مشکل روبرو می‌سازد. بیشترین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه نیز پس از کشت خالص در الگوی سه ردیفی به‌دست آمد و با توجه به مشاهدات این آزمایش می‌توان الگوی سه ردیفی را الگوی مناسبی به منظور دستیابی به عملکرد مناسب به علاوه، دستیابی به مزایای کشت مخلوط پیشنهاد کرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهه به شماره ۱۳.پ، مورخ ۱۳۸۸/۱/۲۵ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Alford, C.M., Kral, J.M., and Miller, D.S. 2003. Intercropping irrigated corn with annual legumes for forage. Agronomy Journal 95(3): 520-525.

Altieri, M.A., and Liebman, M. 1986. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping systems. In: Francis, C.A. (Ed.), Multiple Cropping Systems. MacMillan, New York, p. 182–218.

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74–83.

Azizi, G. 2009. Evaluation of nutrient resource and crop diversity interaction on agrobiodiversity in different mixed cropping systems. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Mydia, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: advantage and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-333.

Baumann, D.T., Kropff, M.J., and Bastiaans, L. 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. Weed Research. 40: 359-374.

Behdani., M., and Rashed-Mohassel, M.H. 2002. Effective indices on soybean yield and components yield in intercropping. Agricultural Knowledge 12(2): 83-95. (In Persian with English Summary)

Berntsena, J., Hauggard-Nielsen, H., Olesen, J.E., Petersena, B.M., Jensenb, E.S., and Thomsen, A. 2004. Modelling

dry matter production and resource use in intercrops of pea and barley. Field Crops Research 88: 69–83.
Boydston, R.A., and Hang, A. 1995. Rapeseed (*Brassica napus*) Green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). Weed Technology 9: 669-675.
Carruthers, K., Fe, Q., Cloutier, D., and Smith, D.L. 1992. Intercropping corn with soybean, lupine and forages: weed control by intercrops combined with inter-row cultivation. European Journal of Agronomy 8: 225-238.
Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. European Journal of Agronomy 12: 103–115.
Connolly, J., Goma, H.C., and Rahim, K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. Agriculture, Ecosystems and Environment 87: 191–207.
Ghanbari-Bonjar, A. 2000. Wheat-bean intercropping as alow-input forage. PhD Thesis University of London.
Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357 pp.
Gomez, P., and Gurevitch, J. 1998. Weed responses in a corn – soybean intercrop. Applied Vegetation Science 1(2): 281-288.
Koocheki, A., and Khaje-Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 550 pp. (In Persian)
Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Azimi, R. 2010a. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Journal of Iranian Field Crop Research 11(3): 390-400. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand-Rezazadeh, Z., and Khorramdel, S. 2010b. Evaluation of nitrogen absorption and use efficiency in relay intercropping of winter wheat and maize. Journal of Iranian Field Crops Research 10(1): 327-334. (In Persian with English Summary)
Liebman, M., and Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecological Application Journal 3: 92-122.
Lososova, Z., Chytry, M., and Kuhn, I. 2008. Plant attributes determining the regional abundance of weeds on central European arable land. Journal of Biogeography 35: 177–187.
Mazaheri, D., Movahedi Dehnavi, M., Bankhsaz, A., Hosseinzadeh, A.H., and Ghannadha, M. R. 2000. The effect of intercropping of corn and bean on weed control. Journal of Research and Construction 13 (2): 47-51. (In Persian with English Summary)
Najibnia, S. 2010. Evaluation of radiation, water and nutrient absorption, use and productivity efficiencies in intercropping of canola, bean and corn. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
Nassiri-Mahallati, M. 2000. Modelling of Crop Growth Processes Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
Natarajan, M., and Willey, W.R. 1979. Growth studies in sorghum- pigeon pea intercropping with particular emphasis on canopy development and light interception. Proceeding of the International Workshop on Intercropping. Patancheru p. 180-187.
Parajulee, M.N., Montandon, R., and Slosser, J.E. 1997. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover.) in Texas cotton. International Journal of Pest Management 43: 227–232.
Sadrabadi-Haghighi, R. 1998. Evaluation of supplemental irrigation and intercropping of wheat with hairy vetch (*Vicia villosa*) in low input dry land system. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran. (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: 94-85. (In Persian with English Summary)
Sastawa, B.M., Lawan M., and Maina, Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23: 155–161.
Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. Agricultural Water Management 17: 215-231.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۳۰-۲۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 21-30

اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)

الهه مرادی مرجانه*، محمد بنایان اول[۲]، پرویز رضوانی مقدم[۳] و جواد شباهنگ[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عامل اصلی کود اوره، شامل سه سطح ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و عامل فرعی تراکم کاشت، شامل سه سطح ۲/۵، ۱/۲۵ و ۰/۶۲ بوته در مترمربع بود. نتایج آزمایش نشان داد که کود اوره تأثیر معنی‌داری بر عملکرد میوه و وزن هزار دانه نداشت، اما تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد کدوی تخم کاغذی داشت. در بین تراکم‌های مختلف، تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع موجب افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) عملکرد دانه و میوه شد. نتایج اثرات متقابل نشان داد میزان ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع منجر به دستیابی بیشترین عملکرد دانه شد. همچنین در تراکم ۱/۲۵ بوته در مترمربع بیشترین درصد روغن و عملکرد روغن به‌دست آمد. این نتایج حاکی از آن بود که میزان مطلوب کود اوره، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که منجر به دستیابی بیشترین عملکرد دانه و روغن کدوی تخم کاغذی شد و تراکم کاشت کمتر از یک بوته در مترمربع نقش چندانی در افزایش عملکرد کدوی تخم کاغذی نداشت.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد روغن، گیاه دارویی، میوه

مقدمه

در قرن حاضر تحقیقات گسترده‌ای در مورد گیاهان دارویی انجام پذیرفته و داروهایی با منشاء طبیعی افق‌های جدیدی را برای جامعه پزشکان، داروسازان و پژوهشگران گشوده است (Izadi et al., 2010). کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)یکی از گیاهان یکساله، علفی و دولپه از خانواده کدوئیان است (Younis et al., 2000). ریشه اصلی گیاه کدوی تخم کاغذی مستقیم، ساقه آن توخالی و خزنده، میوه گوشت‌دار و کروی شکل می‌باشد. گیاهی یک‌پایه است که گل‌های نر جدا از گل‌های ماده روی گیاه قرار می‌گیرند (Bernath, 1993).

دانه‌های کدوی تخم کاغذی از زمان قدیم در اریتره، سودان و اتیوپی برای معالجه ضد کرم کدو استفاده می‌شد، به‌طوری‌که دانه‌های خشک با معده خالی خورده می‌شدند (Younis et al., 2000). از مواد مؤثره موجود در دانه‌های آن داروهایی جهت معالجه تورم پروستات، سوزش مجاری ادراری، تنظیم دستگاه گوارش و تصلب شرائین تهیه می‌گردد (Moazen et al., 2007). کدوی تخم کاغذی به‌عنوان گیاه روغنی در مدیترانه برای تولید محصولات بیودیزل اقتصادی مطرح می‌باشد (Schinas et al., 2009).

برای حفظ عملکرد، لازم است وضعیت عناصر غذایی خاک از راه رعایت تناوب زراعی صحیح، افزودن کودهای آلی و یا کاربرد کودهای معدنی در حد مطلوب حفظ شود (Ashiono et al., 2005). سطوح مطلوب کود نیتروژن توسط فاکتورهای فعال محیطی، شرایط خاک و نیاز گیاه برای رشد کنترل می‌شوند (Zhang et al., 2009). نیتروژن یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده بسیاری از ترکیبات مهم از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده اولیه و ثانویه گیاهان است (Hopkins, 2004). کمبود نیتروژن، تولید ماده خشک، پروتئین خام و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Ashiono et al., 2005). قلی‌پوری و همکاران (Gholipoori et al., 2006) گزارش کردند که با افزایش

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار، استاد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Moradi.elahe@yahoo.com)

سطوح کود نیتروژن از صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متوسط وزن تر میوه، وزن هزار دانه، عملکرد میوه و دانه کدوی تخم کاغذی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در همین تحقیق حداکثر وزن تر میوه کدوی تخم کاغذی با میانگین ۲/۶۱ کیلوگرم، وزن هزار دانه با میانگین ۱۶۰/۳۶ گرم و در نتیجه بالاترین عملکرد میوه و دانه به ترتیب با میانگین ۱۲۷/۰۰ و ۱/۵۱ تن در هکتار در سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. محققان دیگر نیز نتایج مشابهی در کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن در کدوی تخم کاغذی به‌دست آوردند (Elfstrand & Lans, 2002). محققان دیگری در دو منطقه جداگانه در شرایط دیم و آبی، تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۸۴، ۱۶۸، ۲۵۲ و ۳۳۶ کیلوگرم در هکتار) بر روی عملکرد کدوی تخم کاغذی (*C. pepo* var machuata) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که در منطقه دیم با افزایش مقدار نیتروژن تا ۸۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد نسبت به شاهد تا ۲۹ درصد افزایش یافت و در منطقه آبی با افزایش مقدار نیتروژن تا ۲۵۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد نسبت به شاهد بیشتر از دو برابر شد و کاربرد کود نیتروژن به میزان ۳۳۶ کیلوگرم در هکتار، عملکرد را در هر دو منطقه کاهش‌داد (Swiader & Moor, 2002).

از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دانه، تراکم مطلوب بوته می‌باشد (Yazdi-Samady & Peyghmabary, 2002). نحوه توزیع و تراکم بوته‌ها در مزرعه بر جذب و بهره‌وری از عوامل محیطی مؤثر بر رشد و رقابت درون و برون بوته‌ای تأثیر گذاشته و از عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه است. با کاهش فاصله بین بوته‌ها، مزرعه سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب کامل تابش خورشیدی می‌رسد و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای ایجاد زیربنای لازم در تشکیل تعداد بیشتری اجزای عملکرد تولید شده و سرانجام عملکرد دانه بیشتر می‌گردد (Ayneband & Aghasi, 2007). هالیدی (Holliday, 1990) در مطالعات خود نتیجه گرفت که رابطه بین تولید بذر و تراکم بوته متفاوت است، با افزایش تراکم بوته‌ها عملکرد بذر تا حد نهایی خود افزایش یافته و در یک دامنه ثابت مانده و سپس با افزایش فشار جمعیت، حتی وقتی رطوبت و مواد غذایی عامل محدود کننده نیست عملکرد بذر به سرعت کاهش می‌یابد. در بررسی که روی کشت خالص و مخلوط خیار (*Cucumis sativus* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.) در سه فاصله بوته (۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) انجام‌شد، نتایج حاصل نشان داد که در کشت خالص خیار، بیشترین عملکرد مربوط به تیمار فاصله ۲۰ سانتی‌متر، با تراکم ۳/۳ بوته در متر مربع با میزان ۶۴/۶۵ تن در هکتار بود (Zeinali et al., 2010). بنابراین، نظر به این‌که کودهای شیمیایی نیتروژن نقش مهمی را در تولیدات گیاهی ایفاء می‌کند، بررسی میزان کاربرد آن برای هر محصول گیاهی از اهمیت بسزایی برخورداراست (Torbatinejad et al., 2002).

تنظیم فاصله گیاهان و تغییر تراکم بوته به‌عنوان یک ابزار قوی برای کنترل رقابت بین گیاهان یگ گونه به‌منظور تولید بیشترین مقدار مواد مؤثره می‌باشد (Hornok, 1986). بنابراین، در این تحقیق تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم کاشت روی عملکرد میوه، وزن دانه در میوه، تعداد میوه در مترمربع، تعداد دانه در میوه، عملکرد دانه و نیز درصد روغن گیاه دارویی- روغنی کدوی تخم کاغذی در شرایط آب و هوایی مشهد بررسی‌شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. محل اجرای آزمایش با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمار کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار تراکم کاشت در سه سطح ۲/۵، ۱/۲۵ و ۰/۶۲ بوته در متر مربع به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. طول هر کرت آزمایشی هشت متر و عرض آن شش متر در نظر گرفته شد. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از خاک انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی نمونه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Some chemical properties of the soil samples tested

نوع نمونه Soil texture	پتاسیم محلول در خاک (قسمت در میلیون) Soluble K in soil (ppm)	فسفر محلول در خاک (قسمت در میلیون) Soluble P in soil (ppm)	نیتروژن محلول در خاک (قسمت در میلیون) Soluble N in soil (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
	966	16.97	135.42	2.67	8.02

در اردیبهشت ماه عملیات زراعی شامل شخم، دو دیسک عمود برهم و تسطیح با لولر انجام‌گرفت. در هنگام آماده‌سازی زمین هیچ کودی به خاک داده نشد. با استفاده از فاروئرجوی و پشته‌هایی به عمق ۳۰ سانتی‌متر و عرض دو متر ایجاد گردید. کشت توسط کارگر و به روش کپه‌ای انجام‌شد. به‌منظور ایجاد تراکم‌های مورد نظر روی خطوط کاشت از خط‌کش‌های چوبی علامت‌گذاری شده در فواصل ۲۰، ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر به‌ترتیب در سطوح تراکم کاشت ۲/۵، ۱/۲۵ و ۰/۶۲ بوته در مترمربع استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و پس از آن در طی فصل رشد به‌صورت هفتگی آبیاری انجام شد. پس از سبزشدن گیاهچه‌ها عملیات تنک در مرحله ۴-۳ برگی، به‌منظور ایجاد تراکم مطلوب و مورد نظر هر تیمار انجام شد. در طول فصل رشد وجین علف‌های هرز با دست انجام شد. کوددهی در سه مرحله شامل سبزشدن، آغاز گلدهی و آغاز میوه‌دهی به‌صورت مساوی انجام شد. اولین نمونه‌برداری ۲۷ روز بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۵ روز یک‌بار و به‌طور تصادفی هر بار دو بوته برداشت‌شد. پس از هر بار نمونه‌برداری برگ ها، گل‌ها، غنچه‌ها و در مراحل آخر میوه‌های هر بوته جدا شده و پس از خشک شدن در آون، وزن خشک اندام‌ها به‌طور جداگانه تعیین شدند. لازم به ذکر است که سطح برگ‌های هر بوته بلافاصله بعد از برداشت و قبل از خشک شدن اندازه‌گیری شدند. سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، مدل LI-3100 ساخت کشور انگلیس و وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین‌شد. به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول از معادله ۱ استفاده شد (Zand et al., 2004):

معادله (۱)

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

CGR: سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع بر درجه‌روز-رشد)، T_1: زمان نمونه‌گیری اول، T_2: زمان نمونه‌گیری دوم، W_1: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری اول و W_2: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم.

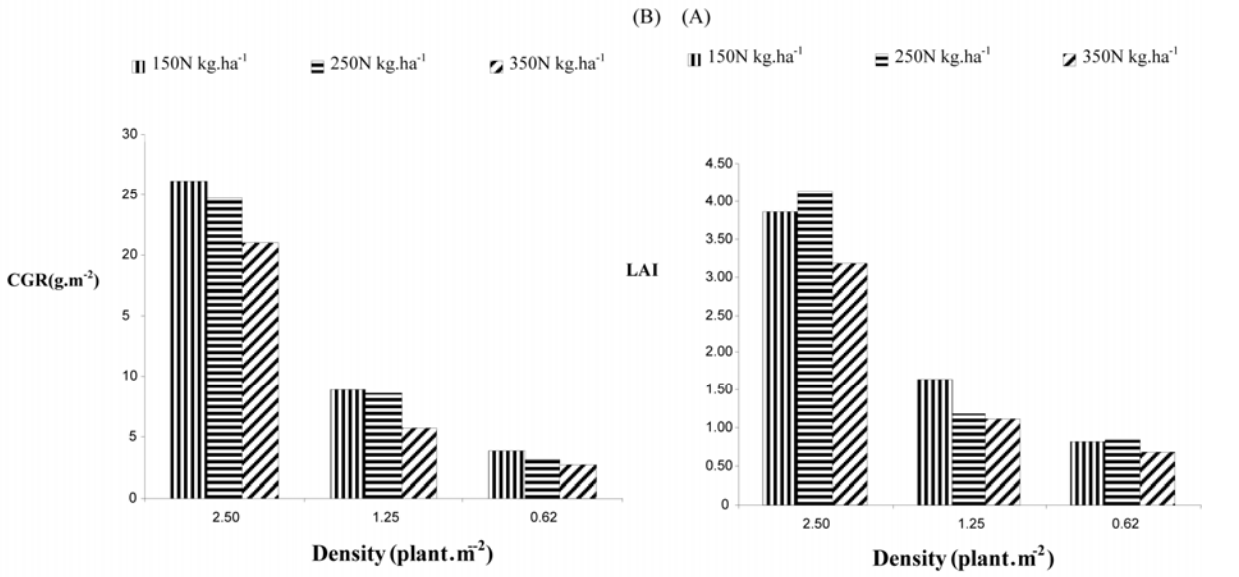
برای تعیین عملکرد محصول بعد از رسیدن کامل میوه‌ها در اواخر شهریور ماه، سه میوه به‌طور تصادفی از سه بوته در هرکرت برداشت شد. در این مرحله عملکرد و وزن میوه در بوته، وزن دانه و ۱۰۰۰ دانه، تعداد میوه و تعداد دانه در میوه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه‌ها با استفاده از روش استاندارد سوکسله و به کمک حلال هگزان تعیین‌شد. تجزیه آماری داده‌ها براساس آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزارهای SAS 9.1 و MSTATC انجام‌شد.

نتایج و بحث

عملکرد میوه

سطوح مختلف کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه نداشتند (جدول ۲)، این نتایج با نتایج محققان دیگر که تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (۶۷، ۱۱۲ و ۱۵۷ کیلوگرم در هکتار) را روی کدوی تخم کاغذی مورد بررسی قرار دادند، مطابقت دارد (Reiners & Riggs, 1997). از آن‌جا که این گیاه رشد نامحدود است و در اواخر فصل رشد اندام‌های رویشی و زایشی آن بر سر مواد فتوسنتزی با هم رقابت دارند، به‌نظر می‌رسد که اندام‌های رویشی توانسته‌اند مواد فتوسنتزی بیشتری را جذب‌کنند و بنابراین، کود نیتروژن در رشد رویشی گیاه مؤثرتر بوده است . سویدر (Sawider, 1985) با بررسی واکنش کدوی تخم کاغذی به مقادیر مختلف کود نیتروژن (۵۶، ۱۱۲، ۱۶۸ و ۲۲۴ کیلوگرم در هکتار) بیان داشت که بیشترین عملکرد میوه در شرایط آبی و دیم به‌ترتیب با کاربرد ۱۶۸ و ۱۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل می‌شود.

سطوح مختلف تراکم کاشت اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد میوه داشتند (جدول ۲). بالاترین عملکرد میوه با میانگین ۱۳۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تراکم ۲/۵ بوته در مترمربع و کمترین عملکرد میوه با میانگین ۷۹۳۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تراکم ۰/۶۲ بوته در متر مربع بود (جدول ۴). در تحقیقی که بر روی کدوی تخم کاغذی انجام شد، مشخص گردید که بیشترین عملکرد میوه (وزن تر میوه در واحد سطح) از تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌دست‌آمد و تراکم‌های ۱۶۰۰۰ و ۱۳۰۰۰ در گروه مشابهی قرار گرفتند (Moazen et al., 2007). کاهش تراکم در واحد سطح سبب می‌شود که از پتانسیل تولید حداکثر استفاده نشود و به‌نظر می‌رسد که در اوایل فصل رشد، در تراکم‌های پایین نسبت به تراکم‌های بالاتر، کدوی تخم کاغذی سطح زمین را سریعاً پوشش نداده و در نتیجه از ظرفیت تولیدی محیط به‌خوبی استفاده نمی‌کند (شکل ۱). به‌طور کلی، اگر تراکم از میزان بهینه کمتر باشد کاهش محصول را به‌دنبال خواهد داشت. اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر عملکرد میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲).



شکل ۱- (الف) میانگین حداکثر شاخص سطح برگ و (ب) سرعت رشد محصول در کدوی تخم کاغذی در سطوح مختلف تراکم

Fig. 1- (A) Average maximum leaf area index and (B) crop growth rate at different levels of density

وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه

سطوح مختلف کود نیتروژن اثر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر وزن دانه در میوه داشتند (جدول ۲). بیشترین وزن دانه در میوه با میانگین ۸۱/۹۲ گرم مربوط به سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و با افزایش سطوح کود نیتروژن وزن دانه در میوه کاهش یافت (جدول ۳). رقابت برای جذب نیتروژن و موادقندی می‌تواند عامل محدودکننده‌ای در تولید دانه باشد، برگ‌های در حال رشد برای به‌دست آوردن نیتروژن با یکدیگر رقابت می‌کنند و تشکیل دانه و رشد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Khald Barin & Eslam Zadeh, 2001). و مصرف نیتروژن زیاد می‌تواند موجب کاهش ذخیره کربوهیدرات در گیاه شود و بر عکس کاهش مقدار نیتروژن گیاه باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات در گیاه می‌شود (Lesani & Mojtahedi, 1997).

سطوح مختلف کود نیتروژن اثر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر وزن دانه در میوه داشتند (جدول ۲). بیشترین وزن دانه در میوه با میانگین ۸۱/۹۲ گرم مربوط به سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و با افزایش سطح کود نیتروژن وزن دانه در میوه کاهش یافت (جدول ۳). رقابت برای جذب نیتروژن و مواد قندی می‌تواند عامل محدودکننده‌ای در تولید دانه باشد، برگ‌های در حال رشد برای به‌دست آوردن نیتروژن با یکدیگر رقابت می‌کنند و تشکیل دانه و رشد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Khald Barin & Eslam Zadeh, 2001). مصرف نیتروژن زیاد می‌تواند موجب کاهش ذخیره کربوهیدرات در گیاه شود و بر عکس کاهش مقدار نیتروژن گیاه باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات در گیاه می‌شود (Lesani & Mojtahedi, 1997).

سطوح مختلف کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشتند (جدول ۲). در یک بررسی که با در نظر گرفتن سطوح کود دامی (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ تن در هکتار) بر روی گیاه کدوی تخم کاغذی انجام‌گرفت، وزن هزار دانه این گیاه واکنشی به سطوح مختلف کود دامی در هر دو سال آزمایش نشان نداد (Jahan et al., 2007).

اعمال تراکم‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۱) بر وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه داشتند (جدول ۲). بیشترین وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه به ترتیب با میانگین ۱۳۸/۳ و ۳۶۰/۵ گرم مربوط به تراکم ۲/۵ بوته در مترمربع بودند. با کاهش سطوح تراکم وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه کاهش‌یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش تراکم کاشت، سبب افزایش بهره‌وری از منابع محیطی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی و ماده خشک بیشتر درگیاه کدوی تخم کاغذی (شکل ۱) و در نهایت موجب افزایش وزن دانه در میوه و وزن هزار دانه شد. در یک بررسی که اثر تراکم‌های مختلف روی کدوی تخم کاغذی مورد ارزیابی قرارگرفتند، بیشترین وزن خشک دانه در بوته، در تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۹۱/۲ گرم وکمترین آن در تراکم ۱۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۵۶ گرم تولید شد (Moazen et al., 2007). اثرات متقابل تیمارهای کود نیتروژن و تراکم کاشت تنها بر وزن دانه در میوه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود و بر وزن هزار دانه بی‌تأثیر بود (جدول

۲). تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع بالاترین میانگین وزن دانه در میوه را با میزان ۱۸۴/۷ گرم داشتند و هر سه سطح کود نیتروژن در تراکم‌های ۱/۲۵ و ۰/۶۲ کمترین میانگین‌ها را داشتند و در گروه مشابهی قرار گرفتند (جدول ۵). بنابراین، در تراکم‌های پایین‌تر از ۲/۵ بوته در مترمربع اعمال سطوح مختلف کود نیتروژن نتوانست تأثیر مثبتی در افزایش وزن دانه در میوه داشته باشد.

تعداد میوه در مترمربع

تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و تراکم کاشت بر تعداد میوه در متر مربع معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). بیشترین تعداد میوه در متر مربع با میانگین ۷/۴۰ میوه در متر مربع مربوط به سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و سطوح کودی ۱۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در گروه مشابهی قرارگرفتند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که میزان ۲۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در توسعه اندام‌های سبز گیاهی مؤثرتر بود وگسترش سطح برگ‌ها باعث افزایش فتوسنتز و در نهایت تعداد میوه بیشتری شد. در بین سطوح تراکم کاشت بیشترین تعداد میوه در مترمربع با میانگین ۷/۶۴ مربوط به تراکم ۲/۵ بوته در متر مربع بود وکمترین تعداد میوه در متر مربع با میانگین ۴/۳۲ در تراکم ۰/۶۲ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۴). در یک بررسی که طی دو سال با در نظرگرفتن اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد درکدوی تخم کاغذی انجام‌گرفت، گزارش‌شد که بدون کاربرد نیتروژن، میانگین تعداد میوه در هر بوته کمتر از دو میوه بود، ولی با کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن میانگین تعداد میوه در هر بوته افزایش یافت (Gholipoori et al., 2006)، به‌دلیل آن‌که در تیره کدوئیان ابتدا یک میوه تشکیل می‌شود و رشد آن به‌عنوان مقصد فیزیولوژیک قوی عمل می‌کند، کمبود مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن سبب کاهش و یا مانع تشکیل میوه‌های دیگر می‌گردد (Robinson, 1993). در بررسی قلی‌پوری و همکاران (Gholipoori et al., 2006)، میانگین تعداد میوه در بوته در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم بود. اثرات متقابل تیمارهای کود نیتروژن و تراکم کاشت بر روی تعداد میوه در مترمربع ($p\leq۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین تعداد میوه در متر مربع را سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع با میانگین ۱۱/۴۱ میوه در مترمربع داشت (جدول ۵).

تعداد دانه در میوه

اعمال مقادیر مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر تعداد دانه در میوه داشتند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در میوه به‌ترتیب با میانگین ۴۶۶/۰۶ و ۴۶۵/۹۶ مربوط به سطوح کودی ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳) که نشان می‌دهد با افزایش سطوح کود نیتروژن تعداد دانه در میوه افزایش یافت. با توجه به نتایج قبلی که با افزایش سطوح کود نیتروژن وزن دانه در میوه کاهش یافت. چنین به‌نظر می‌رسد که سطوح بالای کود نیتروژن سبب شده است که تعداد دانه بیشترشود، اما وزن دانه‌ها کمترشود، زیرا احتمالاً تعداد بیشتر دانه‌ها نسبت به زمانی که تعداد آنها کمتر است، رقابت بیشتری را بر سر مواد فتوسنتزی در مقصد ایجاد می‌کند و به هر کدام از آنها مواد فتوسنتزی کمتری می‌رسد.

تیمار تراکم کاشت بر تعداد دانه در میوه تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در میوه در تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع با میزان ۷۳۸/۵ دانه در میوه حاصل شد و تیمار ۰/۶۲ بوته در مترمربع کمترین میانگین را با ۲۰۵/۴ دانه در میوه داشت (جدول ۴). با توجه به این‌که در تراکم کاشت ۲/۵ بوته در هکتار تعداد میوه در بوته کمتری حاصل شد، بنابراین تعداد دانه در میوه بیشتر بود. اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر تعداد دانه در میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

عملکرد دانه

اثر سطوح مختلف تیمار کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۵۳۸/۱۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳)، در این سطح کودی تعداد میوه در متر مربع و تعداد دانه در میوه بیشتری تولید شد و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافت.

تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۲). با کاهش تراکم کاشت عملکرد دانه کاهش یافت و بیشترین عملکرد دانه را تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع با میانگین ۹۸۷/۵۱ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول ۴). در یک تحقیق روی این گیاه از فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر استفاده کردند و بیشترین عملکرد دانه و میوه را به‌دست آوردند (Aroyi et al., 2000). بغدادی (Baghdadi, 2004) نیز اثر تراکم بوته را بر عملکرد دانه این گیاه مؤثر دانسته و بیشترین عملکرد دانه را به میزان ۶۵۰ کیلوگرم در هکتار از فاصله کاشت ۳۰۰ سانتی‌متر بین خطوط و ۵۵ سانتی‌متر روی خطوط کاشت گزارش‌کرد. تأثیر متقابل تیمارهای کود نیتروژن و تراکم کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه را سطوح کودی ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۱۹۷/۲۸ و ۱۰۱۵کیلوگرم در هکتار داشتند (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم کاشت برعملکرد کمی وکیفی، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی

Table 2- Analysis Variance of different nitrogen rates and plant density on Pumpkin qualitative and quantitative yields, yield components and seed oil

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد میوه Yield fruit	وزن دانه در میوه Seed weight per fruit	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-seed weight	تعداد میوه در متر مربع Number of fruit.m^{-2}	تعداد دانه در میوه Number of seeds/fruit	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index	درصد روغن دانه Percentage of seed oil	عملکرد روغن Yield oil
بلوک Replication	2	160890263	372.63	80.55	1.19	5114.74	18525.21	34.85	16.03	6337.04
نیتروژن Nitrogen	2	9330463 ^{ns}	1185.81 *	85.30 ^{ns}	16.65 **	20656.50 *	62780.74*	537.29 **	61.37 **	14058.22 *
خطای اصلی Main error	4	42058896	233.9	1363.98	1.48	17451.73	14790.15	52.89	20.64	2927.12
تراکم Density	2	43174782878 **	32868.28 **	195947.41 **	25.26 **	669896.51 **	1998892.29**	489.18 **	34.48 **	292750.27 **
نیتروژن× تراکم Nitrogen× density	4	150278277 ^{ns}	2053.66 **	587.89 ^{ns}	11.05 **	4022.02 ^{ns}	54533.07*	135*	17.25 *	10381.69 *
خطای فرعی Sub error	12	67364718	240.52	1217.06	1.26	5352.14	14958.16	33.15	4.61	2631.12
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		14.01	22.48	17.92	19.19	16.68	27.35	17.74	5.30	28.77

ns، * و **: به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

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

جدول ٤- اثرات سطوح مختلف تراکم کاشت بر عملکرد کمی ،کیفی اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی

Qualitative and quantitative effects of different levels of plant density on yield, yield components and pumpkin seed oil Table 4-

تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant.m^{-2})	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Yield fruit (kg.ha^{-1})	وزن دانه در میوه (گرم) Seed weight per fruit (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد میوه در مترمربع Number of fruit.m^{-2}	تعداد دانه در میوه Number of seeds.fruit^{-1}	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن دانه Percentage of seed oil	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Yield oil (kg.ha^{-1})
2.5	137500 ^{a}	138.3 ^{a*}	360.50 ^{a}	7.64 ^{a}	738.50 ^{a}	987.51 ^{a}	37.84 ^{a}	38.67 ^{b}	384.36 ^{a}
1.25	30278 ^{b}	41.12 ^{b}	145.41 ^{b}	5.58 ^{b}	371.13 ^{b}	232.80 ^{b}	35.43 ^{a}	42.56 ^{a}	101.23 ^{b}
0.62	7934 ^{c}	27.49 ^{b}	77.95 ^{c}	4.32 ^{c}	205.41 ^{c}	121.17 ^{b}	24.04 ^{b}	40.22 ^{b}	49.24 ^{b}

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

* Averages with common letters in each column have no significant difference based on Duncan's multiple range tests at five percent probability.

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی

Table 3- Qualitative and quantitative effects of different nitrogen levels fertilizer on yield, yield components and seed oil of pumpkin

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha^{-1})	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Yield fruit (kg.ha^{-1})	وزن دانه در میوه (گرم) Seed weight per fruit (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد میوه در مترمربع Number of fruit.m^{-2}	تعداد دانه در میوه Number of seeds/fruit	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن دانه Percentage of seed oil	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Yield oil (kg.ha^{-1})
150	59714 ^{a*}	81.92 ^{a}	197.55 ^{a}	4.86^{b}	383.03 ^{b}	429.46 ^{ab}	29.18 ^{b}	37.88 ^{c}	165.28 ^{b}
250	58238 ^{a}	60.05 ^{b}	194.89 ^{a}	7.40^{a}	466.06 ^{a}	538.12 ^{a}	41.26 ^{a}	43.11 ^{a}	222.66 ^{a}
350	57760 ^{a}	64.93 ^{b}	191.41 ^{a}	5.28^{b}	465.96 ^{a}	373.91 ^{b}	26.87 ^{b}	40.44 ^{b}	146.89 ^{b}

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

* Averages with common letters in each column have no significant difference based on Duncan's multiple range test at five percent probability.

به‌نظر می‌رسد که در تراکم ۲/۵ بوته در مترمربع به‌علت پوشش مناسبی که بوته‌های کدوی تخم کاغذی در سطح زمین ایجادکردند، تبخیر از سطح زمین بعد از هر بار آبیاری نسبت به تراکم‌های دیگر کاهش یافت و مدت زمان بیشتری رطوبت در اختیار بوته‌ها قرارگرفت. از آن‌جا که رطوبت بیشتر باعث جذب بهتر عناصرغذایی از جمله نیتروژن می‌شود و نیتروژن نیز باعث توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده و افزایش فتوسنتز می‌شود و همچنین دانه به‌عنوان مقصد مواد فتوسنتزی عمل می‌کند، بنابراین، در نهایت تراکم و میزان مطلوب کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه شد.

شاخص برداشت

سطوح مختلف تیمار کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) را بر شاخص برداشت داشتند (جدول ۲). بالاترین میانگین در سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با مقدار ۴۱/۲۶ درصد حاصل‌شد و سطوح کودی دیگر، ۱۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در گروه مشابهی قرارگرفتند (جدول ۳). به‌دلیل این‌که مصرف کود نیتروژن تا اندازه‌ای موجب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه زراعی می‌شود و پس از آن عملکرد اقتصادی ثابت مانده و یا حتی کم می‌شود (Fredrick & Camberato, 1995). در این بررسی نیز میزان کود نیتروژن ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مطلوب بود و بیش از آن تأثیر مفیدی بر شاخص برداشت و عملکرد اقتصادی گیاه کدوی تخم کاغذی نداشت. از طرف دیگر کاهش کود نیتروژن نیز باعث حصول عملکرد مطلوب نشد، زیرا کمبود نیتروژن سبب کاهش سطح برگ، کاهش تعداد دانه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Khani Nejad, 2010).

سطوح مختلف تراکم کاشت بر شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) داشتند (جدول ۲). شاخص برداشت بالاتر در تراکم‌های ۲/۵ و ۱/۲۵ بوته در مترمربع به ترتیب با میانگین‌های ۳۷/۸۴ و ۳۵/۴۳ حاصل شد (جدول ۴). اثرات متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۲). میانگین بالاتر مربوط به سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۱/۲۵ بوته در متر مربع با میزان ۴۴/۵۲ درصد بود (جدول ۵).

درصد روغن و عملکرد روغن

سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن ($p\leq۰/۰۱$) و عملکرد روغن ($p\leq۰/۰۵$) داشتند (جدول ۲). بیشترین درصد روغن و عملکرد روغن مربوط به سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۳/۱۱ درصد و ۲۲۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با توجه به این‌که قسمت عمده روغن دانه کدوی تخم کاغذی از اسیدهای چرب تشکیل شده است و کربن یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده ساختمان اسیدهای چرب می‌باشد. از طرف دیگر، نیتروژن یکی از عناصر مؤثر در افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه می‌باشد و فتوسنتز بیشتر یعنی کربن‌گیری بیشتر توسط برگ‌های گیاه، بنابراین میزان مناسب و مطلوب کود نیتروژن در نهایت می‌تواند باعث افزایش اسیدهای چرب و عملکرد روغن گیاه شود که در این آزمایش در سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن کدوی تخم کاغذی حاصل‌شد. در یک بررسی که در زمینه اثر تنش شوری و تغذیه نیتروژن بر پرولین آزادکدوی تخم کاغذی انجام شد، بیشترین درصد روغن در سطح کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Aroyi et al., 2000).

جدول ۵- اثرات متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم کاشت بر عملکرد کمی،کیفی عملکرد و درصد روغن دانه کدوی تخم کاغذی

Table 5 - The interaction between different levels of nitrogen fertilizer and planting density on yield quantityy and quality and yield of pumpkin seed oil

تیمار Treatments		وزن دانه در میوه (گرم) Seed weight per fruit (g)	تعداد میوه در متر مربع Number of fruit.m^{-2}	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن دانه Percentage of seed oil	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Yield oil (kg.ha^{-1})
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg.ha^{-1})	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant.m^{-2})						
	2.5	184.7 a*	5.46 bcd	1015 a	33.11 bc	38.33 cd	393.6 a
150	1.25	36.88 c	4.29 cd	157.21 c	34.33 bc	37 d	57.65 c
	0.62	24.23 c	4.83 bcd	116.20 c	20.10 de	38.33 cd	44.57 c
	2.5	104.8 b	11.41 a	1197.28 a	39.90 ab	40 bcd	478.2 a
250	1.25	41.44 c	5.94 bc	248.80 c	44.52 a	47.33 a	118.50 c
	0.62	38.88 c	4.84 bcd	168.26 c	37.35 ab	42 bc	71.35 c
	2.5	125.4 b	6.04 bc	750.29 b	40.50 ab	37.66 d	281.3 b
350	1.25	45.03 c	6.52 b	292.39 c	25.44 cd	43.33 b	127.60 c
	0.62	24.34 c	3.28 d	79.05 c	14.66 d	40.33 bcd	31.79 c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

* Averages with common letters in each column have no significant difference based on Duncan's multiple range tests at five percent probability.

سطوح تراکم تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن و عملکرد روغن ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۲). میانگین بالاتر در درصد روغن مربوط به سطح تراکم کاشت ۱/۲۵ بوته در مترمربع با مقدار ۴۲/۵۶ درصد و در عملکرد روغن مربوط به تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع با میزان ۳۸۴/۳۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). در یک بررسی که در سطوح مختلف تراکم بر روی کدوی تخم کاغذی اجرا شد، نتایج به‌دست آمده از ارزیابی میزان روغن دانه نشان داد که هیچ یک از تیمارها اثر قابل توجهی بر صفت مذکور نداشتند (Moazen et al., 2007) که با نتایج دیگر محققان هماهنگی داشت، میزان روغن دانه در سطوح تیماری بین ۴۳ تا ۴۵ درصد متغیر بود (Sajed et al., 2001). محققان دیگر نیز میزان روغن کدوی تخم کاغذی را ۴۴/۴۳ درصد اعلام‌کردند (Siyami et al., 2003). اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و تراکم کاشت بر درصد روغن و عملکرد روغن معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). سطوح ۲۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و تراکم کاشت ۱/۲۵ بوته در متر مربع بالاترین درصد روغن را با میانگین ۴۷/۳۳ درصد و سطوح ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تراکم کاشت ۲/۵ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد روغن را به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۷۸/۲ و ۳۹۳/۶ داشتند (جدول ۵). با توجه به اینکه در این آزمایش بیشترین عملکرد دانه در سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل‌شد و همچنین به‌دلیل درصد بالای روغن در دانه‌های کدوی تخم کاغذی در سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار ، عملکرد روغن در این سطح کودی افزایش یافت. نتایج تحقیقات سه ساله مارکویچ و همکاران (Murkovic et al., 1996) بر روی ۱۰۰ لاین کدوی تخم کاغذی، با هدف دستیابی به واریته‌هایی با عملکرد روغن زیاد و محتوای اسید لینولئیک بالا، نشان‌داد که محتوای روغن دانه و درصد اسید لینولئیک آنها به‌ترتیب از ۳۹/۵ درصد تا ۵۶/۵ درصد و از ۲۱ تا ۶۷/۴ درصد متغییر است. احمد و هاکو (Ahmed & Haque, 1986) در مصر تأثیر تراکم بوته را بر روی درصد روغن سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که با افزایش تراکم بوته عملکرد روغن افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌داد که در منطقه اکولوژیکی مورد آزمایش مصرف کود اوره تنها بر عملکرد میوه و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشت، در حالی‌که تراکم کاشت به‌طورکلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کدوی تخم کاغذی تأثیر معنی‌داری داشت لذا در شرایط مشابه تولید دانه‌های کدوی تخم کاغذی تنظیم تراکم کاشت و مصرف مناسب کود اوره از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین با توجه به افزایش روز افزون مصرف گیاهان دارویی خصوصا بکارگیری روغن دانه‌های کدوی تخم کاغذی در مداوای انواع بیماری‌ها توصیه می‌شود که در شرایط مشابه از تراکم کاشت ۲/۵ بوته در مترمربع و میزان کود اوره ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شود و به‌دلیل مسائل زیست محیطی و هزینه مصرف کود بهتر است از مصرف کود نیتروژن بیشتر جلوگیری نمود. به هر حال برای دستیابی به عملکرد کمی و کیفی مطلوب گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی بایستی در هر منطقه نسبت به تحقیقات به‌زراعی لازم اقدام نمود.

منابع

Ahmed, N.U., and Haque, K.R. 1986. Effect of row spacing and time of sowing on the yield of black cumin (*Nigella sativa* L.). Bangladesh Journal Agricultural 1: 21-24.

Aroyi, H., Kashi, A., and Omid Baigi, R. 2000. The effect of salinity and nitrogen nutrition on free proline and pumpkin oil. Seed and Plant Journal 16(3): 447-456.

Aroyi, H., Omid Baigi, R., and Kashi, A. 2000. Different levels of nitrogen on some pumpkin plants characteristics. Construction Research 48: 4-9.

Ashiono, G. B., Gatuiku, S., Mwangi, P., and Akuja, T.E. 2005. Effect of nitrogen and phosphorous application on growth and yield of dual-porpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench.), E1291, in the dry highlands of Kenya. Asian Journal of Plant Sciences 4(4): 379-382.

Ayneband, A., and Aghasi, V. 2007. Effects of different agronomic management on yield and yield components of mungbean. Iranian Journal of Agricultural Science 30: 71-84. (In Persian with English Summary)

Baghdadi, H. 2004. The effect of different levels of prices on production of organic manure and pumpkin. Iranian Journal of Agricultural Research 7(2): 281-287.

Bernath, J. 1993. Wild and Cultivated Medicinal Plants. Meson Publication Budapes pp.566.

Fredrick, J.R., and Camberato, J.J. 1995. Water and nitrogen effects on winter wheat in the south-eastern coastal plain. II. Physiological responses. Agronomy Journal 87(1): 527-533.

Gholipoori, A., Javanshir, A., Rahim Zadeh Khoie, F., Mohammdi, A., and Biat, H. 2006. The effect of different nitrogen level and prnuning of head on yield and yield component of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Journal Agricultural Science Natural Recourses 13(2): 32-41. (In Persian with English Summary)

Holliday, R. 1990. Plant population and yield. Field Crops Abststrac 13: 159-167.

Hopkins, W.G. 2004. Introduction to Plant Physiology (3rd edition.). John Wiely and Sons. New York pp. 557.

Hornok, L. 1986. Effect of environmental factors on growth yield and the active principles of some spice plants. Acta Horticulturae 188: 169-176.

Izadi, Z., Ahmadvand, G., Esna-Ashari, M., and Piri, K. 2010. The effect of nitrogen and Plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 824-836. (In Persian with English Summary)

Jahan, M., Koochki, A., Nasiry Mahllati., and Dehghan Poor, F. 2007. Effect of planting density on yield and seed pumpkin herb. Conference Proceedings of Medicinal Plants. 26-27 January Tehran University, Iran. (In Persian)

Khald Barin, B., and Eslam Zadeh, T. 2001. Mineral Nutrition of Organic Crops (Translated) Shiraz University Publications, Iran 500 pp. (In Persian)

Khani Nejad, S. 2010. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on physiological characteristics, forage yield, grain and row protein Kvshya (*Kochia scoparia* L.) with two levels of salinity in irrigation Ms Thesis, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Lesani, H., and Mojtahedi, M. 1997. Principles of Plant Physiology. Tehran University Publications, Iran 726 pp. (In Persian)

Moazen, S.H., Daneshian, J., ValadAbadi, S.A.R., and Baghdadi, H. 2007. Study of plant population and phosphate fertilization on some agronomic characters and seed and fruit yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iranian Journal of Medicinal and Agronomic Plants 22(4): 397-409. (In Persian with English Summary)

Murkovic, M., Hillebrand, A., Winker, H., and Pfannhauser, W. 1996. Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Z. Lebensm Unters. Forsch 202: 275-278.

Reiners, S., and Riggs, D.I.M. 1997. Plant Spacing and variety affect pumpkin yield and fruit size, but Supplemntal nitrogen does not. Horticulturae Science 32(6): 1037-1039.

Robinson, R.W. 1993. Genetic parthenocarpy in *Cucurbita pepo* L. Cucurbita Genetics Coperative Report 16: 55-57.

Sajed, M.A., Hosiany Moghadam, H., Yazdany, D., and Ahmadi Aval, P. 2001. Effect of Plastic cover on the soil, planting distances and the amount of phosphate fertilizer on growth and yield Vptas·h pumpkin seeds and oil. Proceedings of the National Seminar on Medicinal Plants of Iran, Tehran, 24-26 February p. 188. (In Persian)

Schinas, P., Karavalakis, G., Davaris, C., Anastopoulos, G., Karonis, D., Zannikos, F., Stournas, S., and Lois, E. 2009. Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil as an alternative feedstock for the production of biodiesel in Greece. Biomass and Bioenergy 33: 44-49.

Siyami, A., Haydari, R., and Dastpak, A. 2003. Measurement of oil and fatty acids in seeds of several varieties of *Cucurbita* L. Research and development 59: 16-19.

Swaider, J.M. 1985. Seasonal growth and composition and accumulation of N-P-K in dry land and irrigated pumpkin. Journal of Plant Nutrition 8(10): 909-919.

Swiader, J.M., and Moor, A. 2002. SPAD-chlorophyII response to nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition 25: 1089-1100.

Torbatinejad, N.M., Chaichi, M.R., and Sharifi, S. 2002. Effect of nitrogen level on yield and yield components of three forage sorghum cultivars in Gorgan. Journal Agricultural Science Natural Recourses 9(2): 205-220.

Yazdi-Samady, B., and Peyghmabary, A. 2000. Effect of planting date and plant density on characters of lentil in Karj conditions. Iranian Journal of Agricultural Science 31: 667-675. (In Persian)

Younis, Y.M.H., Ghirmay, S., and Al-Shihry, S.S. 2000. African *Cucurbita pepo* L.: properties of seed and variability in fatty acid composition of seed oil. Phytochemistry 54: 71-75.

Zand, A., Rahimian Mashhadi, H., Koocheki, A., khalghani, J., Moosavi, K. and Rafzani, K. 2004. Weed Ecology (Application Management). Jihad Daneshgahi, Mashhad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)

Zeinali, N., Kashi, A., and Fattahi Moghadam, M.R. 2010. Effect of density and planting pattern on yield and yield components of cucumber and celery in a dual culture. Iranian Journal of Horticultural Science 41(1): 55-61. (In Persian)

Zhang, K., Yang, D., Greenwood, D.J., Rahn, C.R., and Thorup-Kristensen, K. 2009. Development and critical evaluation of a generic 2-D agro-hydrological model (SMCR-N) for the responses of crop yield and nitrogen composition to nitrogen fertilizer. Agriculture Ecosystems and Environment 132: 160-172.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۴۱-۳۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 31-41

مطالعه توان رقابتی گیاهان آمارانت (*Amaranthus* spp.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط و روش‌های مدیریتی بقایای گیاهی

اکبر بهاری[۱]، امیر آینه بند[۲*] و اسفندیار فاتح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به‌منظور مطالعه کمّی توان رقابتی گیاهان آمارانت (*Amaranthus* spp.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط علوفه‌ای تحت تأثیر روش مدیریت بقایای گیاهی گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در دو مرحله (کشت گندم در پاییز و سپس کشت مخلوط آمارانت و ماش در تابستان) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. این پژوهش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده (عامل اصلی مدیریت بقایای گندم به سه روش حذف کامل، مخلوط کردن و آتش زدن و عامل فرعی نسبت‌های تراکمی گیاهان آمارانت و ماش به صورت صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش از هشت شاخص تعیین وضعیت رقابت‌کنندگی گیاهان استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط (۱۳۴۷/۶ گرم بر مترمربع) و مقدار شاخص نسبت برابری زمین (۱/۲۷) در تیمار مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ درصد هر یک از گیاهان به‌دست آمد. با آتش زدن بقایای گیاهی ضریب شلوغی افزایش، میزان تولید نسبی زمین و شدت نسبی رقابت کاهش یافته و همچنین بیش‌ترین تلفات واقعی عملکرد (۲/۶۳) نیز به‌دست آمد. با افزایش نسبت تراکمی، درجه تهاجمی آمارانت بسیار بیش‌تر از ماش افزایش یافت. به علاوه، در تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصل شد، آمارانت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب بود. در مجموع، نیز گیاه آمارانت بیش‌تر از ماش تحت تأثیر روش مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی قرار گرفته و توان رقابت‌کنندگی آن نیز بیش‌تری در مقایسه با ماش دشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد علوفه، نسبت برابری زمین، ضریب نسبی شلوغی، درجه تهاجمی

مقدمه

الگوی کشت مخلوط از جمله روش‌های تولید محصولات زراعی مبتنی بر دیدگاه‌های کشاورزی پایدار است که از گذشته تا به‌حال با شدت و ضعف در بسیاری از کشورهای جهان اجرا می‌گردد. کشت مخلوط غلات با بقولات از جمله سیستم‌های زراعی و قدیمی رایج می‌باشد که می‌تواند دو ویژگی بهبود در بهره‌وری تولید و پایداری آن در طی زمان را به‌واسطه بهبود در برخی خصوصیات اکوسیستم زراعی هم‌چون حفاظت خاک، کنترل بهتر علف‌های هرز، ثبات در عملکرد و افزایش کیفیت علوفه همراه با کمیت آن را بهبود دهد (Ghosh, 2004). در این راستا عواملی هم‌چون نوع گیاه زراعی، نوع رقم، نسبت تراکمی گیاهان، نحوه مدیریت بقایای گیاهی و واکنش رقابتی هر یک از گیاهان در مخلوط در رشد مناسب هر دو یا یکی از گونه‌های گیاهان زراعی مؤثر می‌باشند (Hauggaard- Nielsen et al., 2009). اظهار شده است که در الگوی کشت مخلوط، غلات به دلیل رشد ریشه سریع‌تر و عمیق‌تر و همچنین نیازمندی زیادتر به نیتروژن از درجه رقابت‌کنندگی بیشتری برای نیتروژن معدنی خاک در مقایسه با بقولات برخوردار می‌باشند (Lithourgidis et al., 2011). در این شرایط یک راه‌کار برای انتخاب گیاه بقولات با توان رقابت‌کنندگی مناسب با غلات در مخلوط، افزایش نسبت تراکمی آن‌ها بیشتر از غلات می‌باشد. در این رابطه گزارش شده است که در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) با افزایش نسبت تراکمی ماش، عملکرد کل علوفه و کیفیت آن بهبود یافت

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: aynehband@scu.ac.ir)

(Aynehband& Behroz, 2010). شایان ذکر است که بقولات در شرایط کشت مخلوط با غلات ضمن کاهش ریسک تولید، میزان استفاده از برخی نهاده‌های بیولوژیکی را در مقایسه با نهاده‌های شیمیایی (مانند نیتروژن بیولوژیکی و کاهش مصرف سموم شیمیایی) بهبود می‌بخشند (Mucheru-Muna et al., 2010). بنابراین، از آن‌جا که یکی از اهداف مهم اجرای چنین سیستم‌هایی، بیشینه کردن استفاده از منابع تولید می‌باشد، توجه به ترکیب گیاهان زراعی در مخلوط هم‌چون خصوصیات مورفولوژیکی، نحوه توسعه اندام های هوایی و زمینی در واحد زمان و مکان، میزان و کارایی استفاده از نهاده‌ها و عوامل تولید همگی در تعیین شدت و ضعف رقابت و در نتیجه غالب و یا مغلوب بودن هر یک از گیاهان در مخلوط مؤثر خواهند بود (Andersen, et al., 2007).

در حقیقت، فرایند رقابت بین گیاهان در مخلوط از جمله مهم‌ترین عواملی است که بر عملکرد نهایی و همچنین در مقایسه بین توان تولیدی سیستم‌های زراعی مؤثر خواهند بود. در حقیقت بهبود عملکرد زمانی روی می‌دهد که اجزای مخلوط برای برخی منابع تولید، رقابتی از نوع مثبت داشته باشند (Hauggaard- Nielsen & Jensen, 2001). لذا با آگاهی از وضعیت توان رقابتی هر یک از گیاهان در شرایط مخلوط و ارتباط آن با تغییرات عملکرد، کشت مخلوطی مناسب خواهد بود که در آن علی‌رغم وجود شرایط رقابتی، واکنش غالب یا مغلوب بودن گیاهان به گونه‌ای باشد که عملکرد نهایی مخلوط از عملکرد تک‌کشتی هر یک بیش‌تر باشد (Anil et al., 1998). در این ارتباط و برای بررسی رقابت و با هدف ارزیابی کمّی (و نه کیفی) رقابت در شرایط مخلوط، شاخص‌های مختلفی طراحی شده‌اند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها نسبت برابری زمین (LER)، ضریب شلوغی نسبی(K)، نسبت رقابت‌کنندگی (CR)، درجه تهاجمی بودن(A)، کاهش واقعی عملکرد (AYL)، مالی مخلوط(IA) و تولید نسبی زمین(RLO) می‌باشند (Weigelt & Jolliffe, 1998;Banik et al., 2000;Ghosh, 2004). این شاخص‌های محاسباتی در حقیقت به محقق در خلاصه‌سازی، تفسیر و نشان دادن نتایج ناشی از شرایط رقابتی گیاهان در مخلوط مانند شدت رقابت، اثرات رقابت و نتیجه نهایی رقابت کمک می‌نمایند (Dhima et al., 2007).

با توجه به این‌که گیاه آمارانت (*Amaranthus* spp.)، گیاه علوفه‌ای جدیدی در نواحی گرمسیری جنوب غربی کشور محسوب می‌شود، تحقیقات اندکی در خصوص الگوی کشت مخلوط این گیاه با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن مانند ماش (*Vigna radiata* L.) از دیدگاه توان تولید علوفه و هم‌چنین وضعیت رقابت‌کنندگی هر یک از گیاهان در مخلوط انجام گرفته است.

لذا هدف این پژوهش، بررسی کمّی توان رقابت‌کنندگی گیاهان آمارانت و ماش در الگوی کشت مخلوط به کمک شاخص‌های رقابت و اثر بقایای گیاهی بستر کشت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی خصوصیات رقابتی گیاهان آمارانت و ماش در الگوی کشت مخلوط علوفه‌ای، تحت تأثیر تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های مختلف تراکمی گیاهان آمارانت و ماش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. این مزرعه در جنوب‌غربی اهواز و در حاشیه غربی رود کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا واقع شده است. نتایج آزمون خاک قبل از اجرای طرح نشان داد که بافت خاک از نوع لومی شنی، هدایت الکتریکی خاک ۳/۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر و اسیدیته خاک برابر ۷/۸ بود. مواد آلی خاک ۰/۵۲ درصد، نیتروژن کل خاک ۰/۰۳۹ درصد، میزان پتاسیم قابل تبادل ۱۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان فسفر ۱۳ میلی-گرم بر کیلوگرم خاک بود. این آزمایش در دو مرحله انجام شد. مرحله اول شامل کشت پاییزه گیاه گندم رقم چمران (*Triticum aestivum* L.) در ۳۰ آبان ماه با تراکم بذر به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار بود. کود مصرفی در گندم به میزان۵۰- ۷۵- ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار (N- P- K) بوده و در اواسط اردیبهشت ماه سال۱۳۹۰ نیز برداشت گندم انجام گرفت. مرحله دوم شامل اعمال تیمارهای مدیریت بقایا و سپس اجرای کشت مخلوط آمارانت–ماش به صورت تیمار فرعی (نسبت‌های تراکمی) در اوایل تابستان بود. این آزمایش به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. روش‌های مدیریت بقایای گیاهی به عنوان تیمار اصلی و شامل سه روش حذف کامل بقایا، مخلوط کردن ۳۰ درصد بقایا و آتش زدن بقایای گندم بود. به لحاظ کمی ۳۰ درصد بقایای گندم معادل کاربرد ۱۶۰ گرم بقایای گندم در هر مترمربع بود. تیمار فرعی شامل نسبت‌های مختلف تراکمی گیاهان آمارانت و ماش بر حسب درصد بود. به‌صورتی‌که تراکم بهینه هر گیاه معادل ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. سپس در پنج سطح نسبت تراکمی به صورت صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بودند. اجرای الگوی مخلوط به روش جایگزینی و به‌صورت الگوی کشت مخلوط ردیفی (یک در میان) صورت گرفت و هر بوته آمارانت معادل دو بوته ماش (نسبت گیاهی ۲ به ۱) در نظر گرفته شد. مبنای عملیات زراعی بر اساس خصوصیات گیاه آمارانت تعیین شدند. بر این اساس فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی-متر و فاصله روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر بود. تراکم بوته‌های آمارانت ۱۲ بوته در مترمربع، زمان کاشت ۱۴ تیر ماه و زمان برداشت هشتم مهر ماه بود. به لحاظ فنولوژیکی بوته‌های آمارانت در زمان برداشت در مرحله ۲۰ تا ۴۰ درصد گلدهی و بوته‌های ماش در اوایل غلاف‌دهی بودند. رقم آمارانت مرکادو و رقم ماش گوهر بود. مقدار کود مصرفی بر مبنای ۳۰-۳۰-۵۰ و به صورت کود اوره، سوپر فسفات تریپل و

سولفات پتاسیم بود. کلیه عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت، آبیاری و مدیریت علف‌های هرز مطابق عرف منطقه صورت گرفت. در این آزمایش از هیچ نوع سموم شیمیایی علف‌کش و آفت‌کش استفاده نگردید. هر پلات شامل ششردیف به ابعاد ۴×۳ متر معادل ۱۲ متر مربع بود.در زمان برداشت کمیت علوفه از سطحی معادل دو مترمربع از هر پلات برداشت شد و پس از خشک کردن در آون، وزن خشک علوفه تعیین گردید. برای محاسبه سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و هم‌چنین بررسی اثرات رقابتی بین گیاهان آمارانت و ماش در شرایط مخلوط از شاخص‌های مختلف رقابت به شرح زیر استفاده شد (Weigelt & Jolliffe, 1998; Banik, et al., 2000; Ghosh, 2004; Dhimaet al., 2007).

۱- نسبت برابری زمین[1] (LER):

$$LER = LER_a + LER_b$$
$$LER_a = Y_{ab} / Y_a$$
$$LER_b = Y_{ba} / Y_b$$

در این معادله، Y: عملکرد علوفه هر یک از گیاهان، a: گیاه آمارانت و b: گیاه ماش که عملکردها میانگین عملکردهای سه تکرار بود.

۲- شدت نسبی رقابت[2] (RCI):

$$RCI_a = ((Y_a - Y_{ab}) / Y_a) \times 100$$
$$RCI_b = ((Y_b - Y_{ba}) / Y_b) \times 100$$

۳- نسبت رقابت کنندگی[3] (CR):

$$CR_a = (LER_a / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$$
$$CR_b = (LER_b / LER_a) \times (Z_{ab} / Z_{ba})$$

٤- ضریب شلوغینسبی[4](K):

$$K = (K_a \times K_b)$$
$$K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) /((Y_a - Y_{ab}) \times Z_{ab})$$
$$K_b = (Y_{ba} \times Z_{ab}) / ((Y_b - Y_{ba}) \times Z_{ba})$$

در این معادله، Z: نسبت تراکمی گیاهان در مخلوط می‌باشد.

۵- درجه تهاجمی[5] (A):

$$A_a = (Y_{ab} / Y_a \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_b \times Z_{ba})$$
$$A_b = (Y_{ba} / Y_b \times Z_{ba}) - (Y_{ab} / Y_a \times Z_{ab})$$

٦- تولید نسبی زمین[6](RLO):

$$RLO = (Y_{ab} + Y_{ba}) / (Y_a + Y_b)$$

۷- کاهش واقعی عملکرد[7](AYL):

$$AYL = AYL_a + AYL_b$$
$$AYL_a = ((Y_{ab} / X_{ab}) / (Y_a / X_a) - 1$$
$$AYL_b = ((Y_{ba} / X_{ba}) / (Y_b / X_b) - 1$$

در این فرمول Xنسبت تراکمی هر یک از گیاهان در مخلوط است.

۸- سودمندی مالی مخلوط[8] (IA):

$$IA_a = AYL_a \times P_a$$
$$IA_b = AYL_b \times P_b$$

در این معادله، P: ارزش اقتصادی (قیمت محصول هر یک از گیاهان) می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS (Version 9.1) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه و نمودارها با نرم-افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

نتایج برهم‌کنش مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی بر عملکرد علوفه گیاهان آمارانت و ماش نشان داد که در شرایط تک‌کشتی آمارانت، حذف بقایا بیش‌ترین (۱۲۶۷/۲۳ گرم در مترمربع) و آتش زدن بقایا کم‌ترین (۹۱۶/۶۲ گرم در مترمربع) عملکرد علوفه را تولید کرده است؛ درحالی‌که در خصوص ماش شرایط برعکس می‌باشد (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شرایط رقابت در الگوهای مخلوط، عملکرد گیاهان آمارانت و ماش نسبت به شرایط تک‌کشتی (عدم رقابت) کاهش یافته است. البته میزان این کاهش با تغییر نسبت تراکمی هر یک از گیاهان متفاوت می‌باشد. همچنین بیش‌ترین عملکرد مخلوط این دو گیاه در شرایط مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ +۵۰ درصد به‌دست آمده (۱۳۴۷/۶ گرم در مترمربع) که البته تفاوت معنی‌داری با علوفه تولید شده در همین نسبت تراکمی ولی در شرایط حذف بقایا ندارد (۱۳۰۴/۸۸ گرم در مترمربع). از سوی دیگر، به‌طور میانگین بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط به ترتیب در تیمارهای مخلوط کردن، آتش زدن و حذف کامل بقایا به‌دست آمده است. همچنین در کلیه تیمارهای مخلوط، عملکرد علوفه آمارانت بیش‌تر از ماش بود (که بخش عمده‌ای از آن ناشی از بیش‌تر بودن وزن خشک ساقه‌های آمارانت بود)، لذا گیاه غالب به لحاظ تولید علوفه در شرایط مخلوط محسوب می‌گردد. کاهش در وزن خشک بقولات زمانی که غلات رقابت‌کننده قوی‌تری ازآن‌ها بودند و یا زمانی که نسبت تراکمی بقولات زیاد بود، گزارش شده است (Herbet et al., 1984). در برخی منابع نیز گزارش شده که عملکرد مخلوط بقولات و غلات حد واسط و یا حتی کمتر از عملکرد تک‌کشتی آن‌ها بود که علت آن رقابت شدید بین دوگونه گیاهی در مخلوط بیان شده است (Lithourgidis et al., 2011). البته اظهار شده در شرایطی که عملکرد تک‌کشتی غلات بیش‌تر از

1- Land equivalent ratio (LER)
2- Relative competition intensity(RCI)
3- Competitive ratio (CR)
4- Relative crowding coefficient (K)
5- Aggressively (A)
6- Relative land output (RLO)
7- Actual yield loss (AYL)
8- Intercropping advantage(IA)

کشت مخلوط آن‌ها با بقولات باشد، اجرای مخلوط در کوتاه مدت ممکن است سودمندی اقتصادی بیش‌تری نسبت به تک‌کشتی نداشته باشد. اما در بلند مدت، اجرای مخلوط هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ عوامل زراعی بر تک‌کشتی غلات برتری خواهد داشت (Hauggaard-Nielsen et al., 2009).

شدت نسبی رقابت (RCI)

نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار این شاخص برای آمارانت به ترتیب در روش‌های حذف بقایا، مخلوط کردن و آتش زدن بقایا به‌دست آمد (جدول ۱). این تأثیر برای ماش برعکس بود. به گونه که بیش‌ترین میزان این شاخص بین نسبت‌های مختلف تراکمی به ترتیب در روش‌های آتش زدن، مخلوط کردن و حذف بقایا بدست آمده است. به عبارت دیگر، با بررسی سه روش مدیریت بقایا مشخص می‌شود که به‌طور میانگین (میانگین سه نسبت تراکمی کشت مخلوط) مقدار این شاخص برای آمارانت در روش حذف بقایا بیشتر از دو روش دیگرست؛ در حالی‌که برای ماش، همین شرایط پس از آتش زدن بقایا به‌دست آمده است. در مجموع نیز میانگین این شاخص در کلیه روش‌های مدیریت بقایا برای ماش بیشتر از آمارانت است (بجز روش حذف بقایا با نسبت تراکمی ۲۵ درصد ماش و ۷۵ درصد آمارانت). به علاوه نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که گیاه آمارانت در نسبت تراکمی ۵۰ درصد برای هر سه روش مدیریت بقایا، کم‌ترین مقدار این شاخص را داراست. در حالی‌که در گیاه ماش این وضعیت وجود ندارد. به‌طوری که مقدار این شاخص در دو روش حذف بقایا و مخلوط کردن بقایا در نسبت تراکمی ۵۰ درصد بیشتر از دو حالت تراکمی دیگر است. در مجموع بهترین میزان تولید آمارانت در شرایط مخلوط نسبت به تک‌کشتی در نسبت تراکمی ۷۵ درصد آمارانت و در روش حذف بقایا (۴۴/۸۱) که تقریباً نصف میزان حداکثر این شاخص برای ماش در نسبت تراکمی ۷۵ درصد و در شرایط آتش زدن بقایای گندم است (۸۱/۱۳). این شاخص در حقیقت محاسبه مستقیم نسبت تولید در تک‌کشتی و مخلوط یا به عبارتی، درصد تولید در تک‌کشتی در برابر مخلوط است. گزارش شده‌است که با تغییر در نسبت تراکمی گیاهان در مخلوط توان رقابتی آن‌ها نیز تغییر یافت که این مسئله بر میزان تولید محصول هر یک از گیاهان نیز تأثیر گذار بود (Banik et al., 2000). در حقیقت سودمندی عملکرد زمانی روی می‌دهد که اجزای کشت مخلوط رقابت جزئی آن‌هم برای برخی منابع محیطی با یکدیگر داشته باشند. این حالت در شرایطی است که رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای بوده و این تغییر در نوع رقابت با تغییر در نسبت‌های تراکمی به‌دست می‌آید (Andersen et al., 2007). بنابراین، گونه‌های گیاهی مناسب برای کشت مخلوط بایستی اثرات مکملی را در مخلوط تقویت نمایند. در این حالت اگرچه عملکرد گیاهان در مخلوط نسبت به تک‌کشتی تغییر می‌یابد اما با انتخاب نسبت تراکمی مناسب، میزان افت عملکرد کاهش خواهد یافت (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). به علاوه اشاره شد، زمانی‌که گیاهان غیر بقولات همراه با بقولات بدون توجه به نوع ترکیب آن‌ها در کشت مخلوط قرار گرفتند، سودمندی گیاهان غیربقولات در رابطه با وضعییت عملکرد آن‌ها نسبت به شرایط تک‌کشتی اساساً تحت تأثیر میزان تأثیر اثرات مکملی بقولات به‌ویژه در رابطه با نیتروژن بود (Yilmaz et al., 2008).

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج این آزمایش نشان داد که در کلیه تیمارهای آزمایش (مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی) مقدار این شاخص بیش‌تر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای این الگوی کشت مخلوط است (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار این شاخص (۱/۲۷) در نسبت تراکمی ۵۰ درصد آمارانت و ۵۰ درصد ماش و در روش مخلوط کردن بقایا که علت اصلی آن بالا بودن مقدار LER جزیی آمارانت (۰/۹۱) می‌باشد.

نکته دیگر، تیماری که بیش‌ترین عملکرد علوفه را داشته (۱۳۴۷/۶ گرم در مترمربع، جدول ۱)، به طور مشابه نیز بالاترین کمیت نسبت برابری زمین را دارا می‌باشد. هر چند مقدار این شاخص برای مثال، در نسبت تراکمی ۲۵ درصد ماش و ۷۵ درصد آمارانت و در شرایط مخلوط کردن بقایا (۱/۲۶) تفاوت معنی‌داری با تیمار فوق ندارد ولی به لحاظ عملکرد علوفه از کمیت پایین‌تری برخوردار می‌باشد (۱۲۸۸/۷۴ گرم بر مترمربع، جدول ۱). از این معیار برای بیان میزان تولید هر یک از گیاهان در مخلوط در واحد سطح در مقایسه با شرایط تک‌کشتی آن‌ها استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، این شاخص کارایی کشت مخلوط را در استفاده از منابع محیطی در مقایسه با تک‌کشتی نشان می‌دهد. زمانی که مقدار آن بیش‌تر از یک باشد، کشت گیاهان در الگوی مخلوط بهتر از تک‌کشتی است. در مقابل کمتر از یک بودن این شاخص حاکی از عدم سودمندی اجرای مخلوط در مقایسه با تککشتی گونه‌های گیاهی است (Dhima et al., 2007). گزارش شده است که اجرای کشت مخلوط غلات و بقولات در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و کاربرد آن به ترتیب حدود ۲۰ درصد و ۱۰–۵ درصد کارایی استفاده از نیتروژن خاک را بهبود داد (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). این بهبود همچنین در شرایطی که LER جزیی و کل بقولات با کاربرد نیتروژن کاهش یافت نیز مشاهده شد، زیرا کاربرد کود نیتروژن توان رقابتی و خصوصیات رشد و نموی گیاهان در مخلوط را تغییر داد (Andersen, et al., 2007). به هرحال بهبود شاخص LER در شرایط مخلوط غلات و بقولات نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها در منابع دیگر نیز گزارش شده است (Aynehband & Behroz, 2010).

جدول ۱- عملکرد علوفه و شدت نسبی رقابت برای هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 1- Forage yield and relative competition intensity (RCI) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی (٪) Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	عملکرد علوفه (گرم بر متر مربع) Forage yield ($g.m^{-2}$) آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	شدت نسبی رقابت (RCI) Relative competition intensity آمارانت Amaranth	ماش Mungbean
حذف بقایا Removal residue	100:0	1267.23	---	1267.23b	100	---
	75:25	699.36	319.92	1019.28c	44.81	34.72
	50:50	1163.1	141.78	1304.88a	8.21	71.07
	25:75	1075.26	206.97	1282.23b	15.14	57.77
	0:100	---	490.14	490.14e	---	100
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	1152	---	1152c	100	---
	75:25	837.18	451.56	1288.74b	27.32	45.5
	50:50	1048.56	299.04	1347.6a	8.97	63.91
	25:75	878.94	335.16	1214.1bc	23.7	59.55
	0:100	---	828.6	828.6c	---	100
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	916.62	---	916.62d	100	---
	75:25	636.39	342.96	961.32d	30.57	65.04
	50:50	851.7	377.02	1188.72c	7.08	61.57
	25:75	902.24	185.1	1187.34c	-9.34	81.13
	0:100	---	981.06	981.06d	---	100
حذف بقایا Removal residue		979.24a*	289.70b	1202.13b	22.72a	54.52b
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue		921.56b	361.92a	1283.48a	19.99a	56.32b
آتش زدن بقایا Burning residue		830.11c	301.69b	1112.46c	9.43b	69.24a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

برای مثال، گزارش شده است که افزایش نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط غلات با بقولات بیش‌تر به خاطر افزایش نسبت برابری جزیی در ذرت (غلات) بوده و عملکرد دانه و ماده خشک لوبیا (حبوبات) رابطه مستقیم و معنی‌داری با تراکم لوبیا و نیز رابطه منفی و معنی‌داری با تراکم ذرت (غلات) داشت. بنابراین، عملکرد لوبیا از یک سو با افزایش تراکم لوبیا افزایش و از سوی دیگر با افزایش تراکم ذرت کاهش یافت که این امر احتمالاً به دلیل سایه‌اندازی ذرت بوده است، زیرا ارتفاع بیش‌تر ذرت در مخلوط به واسطه سایه‌اندازی بر لوبیا تأثیر منفی داشت. این مسئله علاوه بر کاهش عملکرد لوبیا باعث ایجاد محدودیت در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و تولید مواد فتوسنتزی نیز شد (Koocheki et al., 2009).

نسبت رقابت‌کنندگی (CR): نتایج این شاخص نشان می‌دهد که در شرایط حذف و آتش زدن بقایای گیاهی، هر چه نسبت تراکمی آمارانت کاهش یافته (از ۷۵ درصد به ۲۵ درصد) توان رقابت‌کنندگی آن‌ها افزایش یافته است، ولی این روند در روش مخلوط کردن بقایا دیده نمی‌شود (جدول ۲). از جمله دلایل این تفاوت می‌توان به این نکته اشاره داشت که در شرایط حذف و آتش زدن بقایای گیاهی، بوته آمارانت از سرعت رشد نسبی اولیه بهتری در اوایل سبز شدن نسبت به شرایط مخلوط کردن بقایای گیاهی برخوردار بودند. به هر حال بیش‌ترین توان رقابت‌کنندگی آمارانت در شرایط آتش زدن بقایا و در نسبت تراکمی ۲۵ درصد (۱۲/۰۹) و کم‌ترین مقدار آن نیز در شرایط حذف بقایا و در نسبت تراکمی ۷۵ درصد (۰/۲۸) دیده می‌شود. این شاخص در گیاه ماش نیز در دو حالت حذف و آتش زدن بقایا روند کاهشی داشته که در واقع بر خلاف وضعیت رقابت‌کنندگی در آمارانت است. نکته قابل توجه این است در تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصل شده به لحاظ شاخص رقابت‌کنندگی،آمارانت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب است (۲/۵ در مقایسه با ۰/۴). این شاخص برای ارزیابی رقابت بین دو گونه مختلف بوده و در حقیقت معیار مطلوبی از توان رقابت‌کنندگی گیاهان زراعی است که به سادگی از حاصل ضرب تقسیم LER جزیی هر یک از گیاهان در مخلوط در نسبت تراکمی آن‌ها بدست می‌آید.

جدول ۲- نسبت برابری زمین و نسبت رقابت‌کنندگی برای هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 2- Land equivalent ratio (LER) and competitive ratio (CR) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی (٪) Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	نسبت برابری زمین (LER) Land equivalent ratio (LER) آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	نسبت رقابت‌کنندگی (CR) Competitive ratio (CR) آمارانت Amaranth	ماش Mungbean
حذف بقایا Removal residue	100:0	1	---	1 c	---	---
	75:25	0.55	0.65	1.20 ab	0.28	3.57
	50:50	0.91	0.28	1.19 ab	3.25	0.3
	25:75	0.84	0.42	1.26 a	6	0.16
	0:100	---	1	1 c	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	1	---	1c	---	---
	75:25	0.72	0.54	1.26 a	0.44	2.27
	50:50	0.91	0.36	1.27 a	2.5	0.4
	25:75	0.76	0.4	1.16c	0.9	1.11
	0:100	---	1	1 c	---	---
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	1	---	1c	---	---
	75:25	0.69	0.34	1.03 c	2.01	0.49
	50:50	0.92	0.34	1.26 a	2.7	0.37
	25:75	0.98	0.18	1.16 b	12.09	0.08
	0:100	---	1	1c	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		0.76b*	0.45a	1.21a	3.17b	1.34a
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		0.79b	0.43a	1.23a	1.28c	1.26a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		0/88a	0.28b	1.15b	5.6a	0.31b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

گزارش شده است که در کشت مخلوط غلات و بقولات معمولاً بقولات بیشتر از غلات تحت تأثیر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند. این تأثیر پذیری بویژه برای بقولاتی با ارتفاع کمتر نسبت به غلات بیشتر خواهد بود. به علاوه زمانی که بقولات اثرات منفی زیادی بر عملکرد غلات درمخلوط داشتند این اثرات منفی با افزایش نسبت تراکمی بقولات تشدید یافت. در مقابل دو برابر شدن تراکم غلات باعث افزایش توان رقابتی آن‌ها در مخلوط با بقولات شد، اما میزان کاهش در عملکرد ناشی از رقابت درون‌گونه در مقایسه با کاهش به علت تراکم کم، زیاد نبود. به هر حال، بخشی از کاهش عملکرد غلات در این شرایط به علت تولید دانه‌های تأثیر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند. این تأثیر پذیری بویژه برای بقولاتی با ارتفاع کمتر نسبت به غلات بیشتر خواهد بود. به علاوه زمانی که بقولات اثرات منفی زیادی بر عملکرد غلات درمخلوط داشتند این اثرات منفی با افزایش نسبت تراکمی بقولات تشدید یافت. در مقابل دو برابر شدن تراکم غلات باعث افزایش توان رقابتی آن‌ها در مخلوط با بقولات شد، اما میزان کاهش در عملکرد ناشی از رقابت درون گونه در مقایسه با کاهش به علت تراکم کم، زیاد نبود. به هر حال، بخشی از کاهش عملکرد غلات در این شرایط به علت تولید دانه‌های تأثیر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند. این تأثیر پذیری بویژه برای بقولاتی با ارتفاع کمتر نسبت به غلات بیشتر خواهد بود. به علاوه زمانی که بقولات اثرات منفی زیادی بر عملکرد غلات درمخلوط داشتند این اثرات منفی با افزایش نسبت تراکمی بقولات تشدید یافت. در مقابل دو برابر شدن تراکم غلات باعث افزایش توان رقابتی آن‌ها در مخلوط با بقولات شد، اما میزان کاهش در عملکرد ناشی از رقابت درون گونه در مقایسه با کاهش به علت تراکم کم، زیاد نبود. به هر حال، بخشی از کاهش عملکرد غلات در این شرایط به علت تولید دانه‌های کوچکتر در مقایسه با شرایط با رقابت کمتر بود، زیرا در این شرایط مخلوط گیاهان بقولات فشار رقابتی زیادی در نیمه دوم سیکل زندگی، یعنی زمانی که دانه‌ها در حال تشکیل هستند بر غلات وارد خواهند کرد (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). در شرایط دیم نیز گزارش شده است زمانی که ارتفاع بقولات کمتر از غلات بود، توان رقابتی گیاهان غلات بیش‌تر از بقولات بوده لذا حضور بقولات تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن هزار دانه غلات نداشت (Oseni, 2010).

ضریب شلوغی نسبی (K): در این آزمایش بیش‌ترین مقدار ضریب شلوغی نسبی (۸/۱۲) در شرایط آتش زدن بقایای گیاهی و نسبت تراکمی ۵۰+۵۰ درصد حاصل شده است (جدول ۳). در همین شرایط ضریب K در آمارانت و ماش به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر از یک است. بررسی جزیی‌تر این شاخص نشان می‌دهد که به طور میانگین آتش زدن بقایای گیاهی در مقایسه با دو روش دیگر باعث کاهش این شاخص در آمارانت شده است. از آن جا که در شرایط مخلوط

کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰+۵۰ درصد بیش‌ترین عملکرد علوفه بدست آمده، مشخص می‌شود در این شرایط ضریب نسبی شلوغی (K) برای آمارانت بسیار بیشتر از ماش می‌باشد. نکته جالب اینکه در هر سه روش مدیریت بقایا مقدار این شاخص در نسبت ۵۰+۵۰ درصد در آمارانت بیش‌تر از ماش است، ولی در نسبت ۷۵ درصد آمارانت + ۲۵ درصد ماش این شاخص در ماش بیش‌تر از آمارانت شده است که نشان می‌دهد با تغییر نسبت تراکمی بوته‌ها، الگوی سایه‌انداز مخلوط نیز تغییر کرده که نتیجه آن تأثیر بر آرایش هندسی سایه انداز مخلوط خواهد بود. این شاخص معیاری از غالبیت نسبی یک گونه بر گونه دیگر در مخلوط می‌باشد. در گونه‌های که مقدار K بیش‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که این گونه گیاهی بسیار رقابت کننده است. مساوی بودن این شاخص با یک نیز حاکی از عدم رقابت‌کنندگی یک گونه گیاهی است. چنانچه مقدار این شاخص کمتر از یک باشد به این مفهوم است که آن گونه گیاهی در مخلوط با کارایی پایینی از منابع محیطی استفاده کرده که نتیجه‌اش کاهش عملکرد آن گیاه خواهد بود (Banik et al., 2000). گزارش شده با افزایش نسبت تراکمی غلات بویژه در شرایطی که گیاهان غلات در مقایسه با بقولات ارتفاع و جثه بزرگتری داشته باشند، شلوغی بیش از حد کانوپی در رابطه با رقابت به نفع غلات خواهد بود (Yilmaz et al., 2008). در پژوهشی دیگر بیان شده که ضریب شلوغی نسبی کانوپی (K) برای سورگوم بیش‌تر از لوبیا چشم بلبلی بود که این وضعییت نشان‌دهنده غالبیت سورگوم در مخلوط با لوبیا چشم بلبلی می‌باشد (Oseni, 2010). برتری ضریب شلوغی نسبی غلات در مخلوط با بقولات برای کشت مخلوط گندم و دال عدس نیز گزارش شده است (Banik, et al., 2006). بطور مشابه نیز مقدار ضریب k غلات در مقایسه با بقولات در شرایطی که ماشک علوفه با تریتیکاله، جو و یولاف کشت شده بود، نیز گزارش شد. البته در برخی نسبت‌های تراکمی مقدار این ضریب بین الگوهای مخلوط تفاوت معنی‌داری نداشته که نشان‌دهنده این است که اجرای این نسبت‌های تراکمی به لحاظ عملکرد نهایی سودمند یا زیان‌آور نخواهد بود (Dhima et al., 2007).

درجه تهاجمی (A): نتایج این آزمایش در خصوص شاخص درجه تهاجمی نشان می‌دهد که با تغییر در نسیت تراکمی بوته‌ها و همچنین روش مدیریت بقایا کمیت این شاخص نیز تغییر یافته است (جدول ۳). برای مثال، در شرایط آتش زدن بقایا، در کلیه نسبت‌های تراکمی مقدار این شاخص برای آمارانت مثبت و برای ماش منفی است؛ در حالی‌که در دو روش دیگر مدیریت بقایا با تغییر در نسبت تراکمی، غالب یا مغلوب بودن گیاهان نیز تغییر یافته است. برای نمونه، در شرایط مخلوط کردن بقایا و با کاهش نسبت تراکمی آمارانت از ۷۵ به ۲۵ درصد، وضعیت این گیاه از گونه غالب (A=۰/۴) به گونه مغلوب (A=۰/۱۱) تغییر یافته است. به هر حال، بیش‌ترین شرایط غالبیت برای گیاهان آمارانت و ماش به ترتیب در شرایط آتش زدن بقایا و در نسبت تراکمی ۷۵ درصد تراکمی (۰/۴۴) و مخلوط کردن بقایا در نسبت تراکمی ۷۵ درصد تراکمی (۰/۱۱) بدست آمده است. همچنین در اکثر تیمارهای این آزمایش، گیاه آمارانت از درجه تهاجمی بیشتری در مقایسه با ماش برخوردار می‌باشد. این شاخص اغلب بیانگر این است که افزایش عملکرد نسبی یک گیاه در شرایط مخلوط به چه میزان بیش‌تر از گیاه دیگر می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص مساوی صفر باشد نشان می‌دهد که هر دو گیاه توان رقابتی یکسانی دارند. مثبت یا منفی بودن این شاخص به ترتیب بیانگر غالب یا مغلوب بودن گونه گیاهی مورد نظر در مخلوط خواهد بود. در این ارتباط اظهار شده است که در مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی صرف‌نظر از الگوی کشت با توجه به کمیت شاخص درجه تهاجمی، سورگوم گیاه غالب و لوبیا چشم بلبلی گیاه مغلوب بود. بخش زیادی از این غالبیت به علت ارتفاع زیادتر و سرعت رشد اولیه بیش‌تر سورگوم بود، اما در کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، حبوبات در تراکم‌های بالا از درجه تهاجمی بیشتری نسبت به غلات (برنج) برخوردار بودند که بخشی از آن به خاطر مشابه بودن ارتفاع دو گیاه بوجود آمد (Oroka et al., 2007). نتایج مشابهی در خصوص برتری غلات (ذرت، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) و ارزن مرواریدی (*Pennisitum americanum* L.)) به لحاظ شاخص درجه تهاجمی در کشت مخلوط غلات و بادام زمینی گزارش شده است (Ghosh, 2004). همچنین در کشت مخلوط خردل با بقولات گزارش شده که گیاه خردل در کلیه نسبت‌های تراکمی مخلوط به واسطه ارتفاع بیش‌تر و نحوه گسترش اندام‌های هوایی در سایه‌انداز گیاهی از درجه تهاجمی بیش‌تری نسبت به دال عدس برخوردار بوده، لذا گیاه غالب در مخلوط بود (Banik, et al., 2006).

تولید نسبی زمین (RLO): با بررسی نتایج این شاخص مشخص می‌شود که بدون توجه به نسبت تراکمی گیاهان، آتش زدن بقایای گیاهی کم‌ترین میزان تولید نسبت به تک‌کشتی را داشته است (جدول ۳). البته تفاوتی بین دو روش مخلوط کردن و حذف بقایا به لحاظ آماری دیده نمی‌شود. به هر حال، بیش‌ترین (۰/۷۴) و کم‌ترین (۰/۵۱) مقدار این شاخص در نسبت ۵۰ +۵۰ درصد هر دو گیاه با حذف بقایا و نسبت ۷۵ درصد آمارانت و ۲۵ درصد ماش در روش آتش زدن بدست آمده است. از آنجا که این شاخص بیانگر این است که کل تولید مخلوط چه درصدی از مجموع تولید هر دو گیاه در تک‌کشتی می‌باشد، بنابراین، مشخص می‌شود تیماری که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط را داشته است (۱۳۴۷/۶) (جدول ۱)، زمانی که با شرایط تک‌کشتی زیرکشت مشترک (نسبت برابری زمین) و مجموع تولید تک‌کشتی (تولید نسبی زمین) مقایسه شود، بیشترین مقدار را ندارد. این مسئله به تعبیری نشان‌دهنده تأثیر رقابت بر وضعیت هر یک از گیاهان در مخلوط می‌باشد. به گونه‌ای که در بعضی موارد

بخش زیادی از کل عملکرد مخلوط عمدتاً ناشی از عملکرد یکی از گیاهان بوده است (مقایسه شاخص تولید نسبی زمین با شاخص نسبت رقابت‌کنندگی CR و شاخص تهاجمی A در تیمارهای مختلف). بطور کلی، این شاخص برای مقایسه بهره‌وری بین کشت مخلوط و تک‌کشتی است. با این پیش فرض که سطح زمین و جمعیت کل جامعه گیاهی در مخلوط و تک‌کشتی مشابه هستند. در واقع این شاخص تفسیری از پدیده تداخل نبوده بلکه روشی ساده برای کمّی کردن بهره‌وری مخلوط می‌باشد. نتایج آزمایشی حاکی از این است که کمیت این شاخص به نوع گیاهان در مخلوط و هم‌چنین توان رقابت‌کنندگی آن‌ها برای استفاده از منابع محیطی در تولید زیست توده بستگی داشته و با تغییر در نسبت‌های تراکمی و درجه رقابت‌کنندگی نیز تغییر خواهد کرد. البته اظهار شده است که از این شاخص نمی‌توان بطور مستقیم فرآیند و یا وضعیت رقابت را در یک مخلوط محاسبه نمود. هر چند که می‌تواند نشان‌دهنده نتیجه نهایی رقابت از طریق میزان تولید ماده خشک در طول دوره رشد و نمو گیاه زراعی و همچنین بیانگر تلفیقی از اثرات عوامل محیطی و زراعی مؤثر بر تولید باشد (Weigelt & Jolliffe, 2003).

کاهش واقعی عملکرد (AYL): در کلیه تیمارهای مورد آزمایش، مقدار این شاخص مثبت است که نشان‌دهنده سودمندی اجرای این مخلوط البته بر اساس تک بوته می‌باشد (جدول ۴)، زیرا سودمندی کل مخلوط بر اساس تولید در واحد سطح که بر مبنای LER بیان شده بود نیز همواره بیش‌تر از یک بود (جدول ۳). به هر حال بیش‌ترین (۲/۶۳) و کم‌ترین (۰/۳۲) مقدار این شاخص در تیمار آتش زدن بقایا است که می‌توان آن را به تعبیری ناشی از بی‌ثباتی کل بوم‌نظام در نتیجه آتش زدن بقایای گیاهی دانست. در مقابل، مقدار این شاخص در روش حذف بقایا بیش‌تر از سایر موارد است. بررسی شاخص عملکرد واقعی جزیی برای هر یک از گیاهان نیز نشان می‌دهد که صرف‌نظر از نسبت تراکمی، به طور میانگین برای آمارانت و ماش به ترتیب در شرایط آتش زدن بقایا (۱/۳۸) و مخلوط کردن بقایا (۰/۶۳) بیش‌ترین مقدار را داشته است، اما چنانچه تیمار نسبت تراکمی را در نظر بگیریم با افزایش سهم تراکمی از ۲۵ به ۷۵ درصد، مقدار این شاخص کاهش یافته که نشان می‌دهد هر دو گیاه آمارانت و ماش به افزایش تراکم بوته حساس می‌باشند.

جدول ۳- ضریب شلوغی نسبی و درجه تهاجمی و تولید نسبی زمین هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 3- Crowding coefficient (K) and aggressively (A) and relative land output (RLO) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	ضریب شلوغی Crowding coefficient (K)			درجه تهاجمی Aggressively (A)		تولید نسبی زمین Relative land output (RLO)
		آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	
حذف بقایا Removal residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.41	5.63	2.3e	0.25	-0.25	0.58
	50:50	11.17	0.4	4.54c	0.31	-0.31	0.74
	25:75	16.8	0.24	4.09c	-0.1	0.1	0.71
	0:100	---	---	---	---	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.88	3.6	3.17d	0.4	-0.4	0.65
	50:50	10.13	0.56	5.72b	0.26	-0.26	0.68
	25:75	9.65	0.22	2.12e	-0.11	0.11	0.62
	0:100	---	---	---	---	---	---
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.75	1.61	1.2f	2.01	0.44	-0.44
	50:50	13.11	0.62	8.12a	2.7	0.26	-0.26
	25:75	-35.12	0.07	-2.72j	12.09	0.12	-0.12
	0:100	---	---	---	---	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		9.46a*	2.09a	3.64a	0.15b	-0.15b	0.67a
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		6.88b	1.46b	3.67a	0.18b	-0.18b	0.65a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		-7.08c	0.76c	2.2b	5.6a	0.27a	-0.27b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند

*Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

به تعبیری دیگر این دو گیاه به تشدید رقابت درون گونه حساس می‌باشند، زیرا کاهش این شاخص (البته در برخی موارد منفی نیز شده است) نشان‌دهنده کاهش تولید به ازای تک بوته و یابه عبارتی وزن تک بوته‌ها است. در حقیقت، شاخص تلفات واقعی عملکرد بر مبنای عملکرد تک بوته محاسبه شده و اطلاعات دقیقی در مقایسه با سایر شاخص‌ها در رابطه با رقابت درون و بین گونه برای گیاهان زراعی در مخلوط و همچنین رفتار هر یک از گونه‌ها در شرایط مخلوط ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، این شاخص نسبت کاهش یا افزایش عملکرد مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی است. به علاوه، کاهش عملکرد واقعی جزیی نشان‌دهنده میزان افزایش یا کاهش عملکرد هر یک از گونه‌های گیاهی در زمانی است که شرایط مخلوط آنها با شرایط تک‌کشتی مقایسه شود. مقدار این شاخص مثبت یا منفی بوده که نشان‌دهنده سودمندی یا نامطلوب بودن کشت مخلوط در زمانی است که هدف اصلی آن مقایسه عملکرد بر مبنای تک بوته است (Ghosh, 2004). در این ارتباط بیان شده است که شاخص AYL در مقایسه با سایر شاخص‌ها اطلاع دقیق‌تری برای رقابت درون و بین گونه گیاهان در مخلوط بدست می‌دهد (Banik et al., 2006). بنابراین، کمّی کردن افت عملکرد یک گیاه به علت حضور گونه گیاهی دیگر و یا در نتیجه تغییر نسبت تراکمی آن را نمی‌توان بخوبی با معیار LER جزیی بدست آورد؛ در حالی که مقدار AYL جزیی این تغییر در عملکرد را به خوبی بیان می‌کند .این پژوهش‌گران هم‌چنین اظهار داشتند که در مخلوط‌های ماشک با گیاهان جو و یولاف، غلات گونه‌ی غالب در مخلوط بودند، زیرا AYL جزیی غلات بیش‌تر از AYL جزیی ماشک بود (Dhima et al., 2007).

سودمندی مالی مخلوط (IA): نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که هر دو عامل کمیت تولید و قیمت محصول تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفته و در سودمندی مخلوط مؤثر بوده‌اند. بیش‌ترین (۱۶۹/۲) و کم‌ترین (۲۱/۵۸) مقدار این شاخص در شرایط آتش زدن بقایا و به ترتیب با نسبت تراکمی ۲۵ درصد آمارانت و ۷۵ درصد ماش و نسبت تراکمی ۷۵ درصد ماش و ۲۵ درصد آمارانت بدست آمد (جدول۴).

از آنجا که قیمت جهانی این دو گیاه تفاوت آن‌چنانی ندارند، لذا مهم‌ترین عامل مؤثر در سودمندی مخلوط، کمیت تولید هر یک از گیاهان در مخلوط خواهد بود. نکته قابل ذکر این است که تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط را تولید کرده‌اند، بیش‌ترین سودمندی مخلوط را نداشته‌اند. البته نبایستی این مسئله به اشتباه تفسیر شود، زیرا معیار محاسبه این شاخص، استفاده از شاخص کاهش واقعی عملکرد (AYL) می‌باشد که مقدار این شاخص با تغییر تراکم نسبی تغییر خواهد کرد. البته به طور میانگین مقدار شاخص سودمندی کشت مخلوط در کلیه نسبت‌های تراکمی، در تیمار مخلوط کردن بقایا بیش‌تر از سایر روش‌های مدیریت بقایا بود. این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط مخلوط کردن بقایا، تک بوته‌های گیاهان از رشد بهتری برخوردار بوده که این مسئله در ادامه باعث بهتر شدن عملکرد کل علوفه مخلوط در این روش مدیریت بقایا شده است. واقعیت این است که شاخص سودمندی مالی مخلوط در حقیقت حاصل ضرب کمیت تولید در قیمت روز محصول است. بنابراین، سودمندی مخلوط را هم به لحاظ کمیت تولید و هم به لحاظ ارزش اقتصادی گیاهان زراعی بکار گرفته شده در مخلوط، بیان می‌نماید. به عبارت دیگر، ممکن است یک محصول از کمیت تولید پایین ولی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار باشد و بالعکس (Ghosh, 2004). گزارش شده است در آزمایشی برای بسیاری از الگوهای مخلوط غلات و بقولات، شاخص IA مثبت بود که نشان‌دهنده سودمندی عملکرد مخلوط در برابر تک‌کشتی گیاهان است. این پژوهش‌گران معتقدند که بخش زیادی از سودمندی اقتصادی مخلوط بر اساس شاخص IA به قیمت فروش محصولات و بخش دیگری از آن به خصوصیات رشد و نمو و عملکرد آن‌ها بستگی داشته است (که البته این ویژگی‌ها با شاخص‌های دیگری نیز هم‌چون LER و AYL نیز مشخص می‌شوند) (Lithourgidis et al. 2011). نتایج مشابهی نیز در مخلوط ماشک با غلات (گندم، یولاف و ترتیکاله) نیز گزارش شده است (Dhima et al., 2007). این پژوهش‌گران البته اظهار داشتند که علاوه بر مسایل اقتصادی، بخشی از تفاوت‌ها در مخلوط‌های مورد بررسی برای این شاخص ناشی از میزان درجه تهاجمی غلات و هم‌چنین برخی عوامل رشد و نموی مؤثر این گیاهان در مخلوط با بقولات (مانند خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و نیازهای متفاوت آن‌ها به عناصر غذایی) بود. برای مثال، در غلاتی با ارتفاع زیادتر از بقولات (گندم و جو در مقایسه با ماشک) و یا در شرایطی که نسبت تراکمی غلات در مخلوط بیش‌تر از بقولات باشد به واسطه تأثیر بر جذب نور توسط بقولات به واسطه سایه‌اندازی غلات بر بقولات، کارایی مکانیسم تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات کاهش یافته که در ادامه موجب گره‌بندی ضعیف، کاهش رشد و توان بقولات در مخلوط می‌شود. در مقابل تشدید درجه تهاجمی غلات در این الگوی مخلوط باعث می‌شود که میزان بهره برداری از منابع محیطی توسط غلات در مقایسه با بقولات افزایش یابد. این مسئله چنان‌چه با تفاوت قیمت محصول اقتصادی، محصول نهایی غلات و بقولات همراه گردد، در نتیجه بر میزان سود اقتصادی مخلوط (میزان شاخص IA) تأثیرگذار خواهد بود (Yilmaz et al., 2008).

جدول ٤- کاهش واقعی عملکرد (AYL) و سودمندی مالی مخلوط (IA) هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table4- Actual yield loss (AYL) and Intercropping Advantage (IA) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios.

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	کاهش واقعی عملکرد Actual yield loss (AYL)			سودمندی مالی مخلوط Intercropping Advantage (IA)		
		آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total
حذف بقایا Removal residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	−0.26	1.61	1.35b	-16.9	77.72	60.82c
	50:50	0.83	-0.42	0.41f	53.95	-28.14	25.81d
	25:75	2.39	-0.43	1.95c	155.35	-28.81	126.54b
	0:100	---	---	---	---	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	---	---	---	---	---	--
	75:25	-0.03	1.17	1.2c	-1.95	78.39	76.44c
	50:50	0.82	0.27	1.09d	53.3	18.09	71.39c
	25:75	2.05	0.46	1.59c	133.25	-30.82	102.43b
	0:100	---	---	---	---	---	--
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	-0.07	0.39	0.32f	-4.55	26.13	21.58d
	50:50	0.85	-0.23	0.62e	55.25	-15.41	39.84d
	25:75	3.37	-0.74	2.63a	219.05	-49.58	169.2a
	0:100	---	---	---	---	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		0.98b	0.25b	3.71a	64.13b	6.92b	71.05c
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		0.94b	0.63a	1.29b	61.53b	21.88a	83.42a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		1.38a	-0.19c	1.19c	89.91a	-12.96c	76.87b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد کـه بـیش‌تـرین عملکـرد علوفه ی مخلوط در تیمارهای مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ درصد بدست آمد. هر چند که بیش‌ترین مقدار نسـبت برابـری زمـین (LER) را نداشت. به علاوه، بیش‌ترین سودمندی مخلوط نیز در روش مخلوط کردن بقایا بدست آمد. با آتش زدن بقایای گیـاهی نواسـانات ضریب شلوغی (K) افزایش، میزان تولید نسبی زمین (RLO) و شدت نسبی رقابت (RCI) کاهش یافته و همچنین بیش‌ترین تلفات واقعـی عملکرد نیز(AYL) بدست آمـد. بـا افـزایش نسـبت تراکمـی، درجـه تهاجمی (A) آمارانت بیش‌تر از ماش افزایش یافت. بیش‌ترین و کـم-ترین توان رقابت‌کنندگی (CR) آمارانت در شرایط آتـش زدن بقایـا و حذف بقایا بدست آمد که برای ماش این شرایط برعکس بود. میـزان واکنش گیاهان آمارانت و مـاش بـه روش مـدیریت بقایـا در شـرایط تک‌کشتی بسیار بیش‌تر از شرایط مخلـوط بـود، امـا بـه هـر حـال در تیمارهای که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصـل شـد، آمارانـت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب بود. در مجموع نیز گیاه آمارانت بیش‌تر از ماش تحت تأثیر روش مدیریت بقایـا و نسـبت‌هـای تراکمـی قـرار گرفته و توان رقابت‌کنندگی آن نیز نواسانات بیش‌تری در مقایسـه بـا ماش دارا بود.

منابع

Andersen, M.K., Hauggaard- Nielsen, J.W., and Jensen, E.S. 2007. Competitive dynamics in two- and three- component intercrops. Journal of Applied Ecology 44: 454-551.

Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass Forage Sciences 53: 301-317.

Aynehband, A., and Behrooz, M. 2011. Evaluation of cereal- legume and cereal-pseudocereal intercropping systems through forage productivity and competition ability. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10(4): 675-683.

Aynehband, A., Behrooz, M., and Afshar, A.H. 2010. Study of intercropping agroecosystem productivity influenced by different crops and planting ratios. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 7(2):163-169.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325–332.

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. Journal of Agronomy and Crop Science 185: 9–14.

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: 249–256.

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.

Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluation pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre- Hellou, G., Crozat,Y., Dahlmann, C., Dibet, A., Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64-71.

Herbert, S.J., Putnam, D.H., Poos-Floyd, M.I., Vargas, A., and Creighton, J.F. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. Agronomy Journal 76: 507-510.

Koocheki A., Lalehgani B., and Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 614-605. (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.

Mucheru-Muna, M., Pypers, P., Mugendi, D., Kungu, J., Mugwe, J., Merckx, R., and Vanlauwe, B. 2010. A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. Field Crops Research 115: 132-139.

Oroka, F.O., and Omoregie, A.U. 2007. Competition in rice-cowpea intercrops as affected by nitrogen fertilization and plant population. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz) 64: 621-629.

Oseni, T.O. 2010. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. Journal of Agricultural Science 2(3): 229-234.

Papastylianou, I. 1990. Response of pure stands and mixtures of cereals and legumes to nitrogen fertilization and residual effects on subsequent barley. Journal of Agricultural Sciences 115: 15–22.

Weigelt, A., and Jolliffe, P. 2003. Essay review Indices of plant competition. Journal of Ecology 91: 707–720.

Yilmaz, F., 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.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۵۰-۴۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 42-50

بررسی اثرات کودهای اوره و ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گل ختمی (*Altheae officinalis* L.)

امیر علی صادقی[1*]، کیومرث بخش کلارستاقی[2] و کمال حاج محمدنیا قالی‌باف[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ختمی (*Altheae officinalis* L.)، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از سه سطح کاربرد ورمی‌کمپوست (صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار) و پنج سطح کاربرد کود شیمیایی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مصرف متداول (معادل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار)) تعیین شدند. نتایج نشان داد که اعمال کود ورمی‌کمپوست نقش معنی‌داری در افزایش سطح برگ، وزن گل در بوته و عملکرد دانه گل ختمی داشت. به‌طوری‌که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، وزن گل در بوته و عملکرد دانه گل ختمی به ترتیب تا بیش از دو و سه برابر افزایش یافت. همچنین کاربرد کود اوره نیز در افزایش معنی‌دار وزن گل، عملکرد دانه، موسیلاژ و روغن ختمی مؤثر بود. با این وجود اثرات متقابل ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی اوره، کاربرد ورمی‌کمپوست بتواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل ختمی داشته باشد و از این رو بتواند در کاهش مشکلات ناشی از مصرف زیاد کود شیمیایی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، عملکرد روغن، عملکرد موسیلاژ، گیاه دارویی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی در ایران بوده که علاوه بر تأمین مصارف داخلی، در افزایش درآمدزایی نیز مورد توجه می‌باشند. امروزه گرایش برای کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی به روش تولید پایدار متمرکز شده است (Craher& Gardner, 2005; Malik et al., 2011).

ختمی (*Altheae officinalis* L.) از جمله گیاهان دارویی متعلق به خانواده پنیرک (Malvaceae) بوده که در نقاط مختلفی از ایران به‌ویژه خراسان رویش دارد. ریشه ختمی به‌عنوان منبع مهم موسیلاژ بیش از دو هزار سال است که برای درمان گلو درد، سرفه و ناراحتی‌های معده کاربرد دارد (SalehiSurmaghi, 2011).

به‌کارگیری انواع کودهای آلی و یا شیمیایی به‌منظور حصول عملکرد بالا در محصولات زراعی لازم است (Guarda et al., 2004; Zhengchao et al., 2013) با این وجود، استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی به سبب تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصولات زراعی شود (Liu et al., 2010). با توجه به اثرات زیست محیطی و افزایش هزینه‌های تحمیلی ناشی از کاربرد نهاده‌های شیمیایی، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهان از منابع جایگزین مانند کودهای ورمی‌کمپوست می‌تواند ضمن افزایش عملکرد، نقش مؤثری در کاهش مشکلات ذکر شده داشته باشد (Kizilkaya, 2008).

استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست به جای کودهای شیمیایی می‌توانند نقش بسیار مهمی را در افزایش عملکرد و کاهش مشکلات زیست محیطی ایفاء کنند (Fageria & Baligar, 2005). ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی[4] بر ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند (Sangwan et al., 2008). ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده که باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک و نگهداری طولانی مدت عناصر غذایی بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (Padmaathiamma et al., 2008). گزارش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadeghi20@yahoo.com)

4- Eisenia fetida

شده است که ورمی‌کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است (Raja Sekar & Karmegam, 2010). گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al., 2007) اثر ورمی‌کمپوست را بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بررسی و گزارش کردند که ارتفاع گیاه ۸۵ روز پس از نشاکاری به‌طور معنی‌داری در تیمار ورمی-کمپوست بیشتر از شاهد بود. نقش کودهای دامی و یا کمپوست حاصل از آن در بهبود کارایی نیتروژن را می‌توان به بازچرخش عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک نسبت داد (Rodrigues et al., 2006).

تأثیر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی نیز گزارش شده است. در این ارتباط، درزی و همکاران (Darzi et al., 2011) بیان کردند که استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه و نیز غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) داشت. عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2011) نیز به اثرات مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش ارتفاع، عملکرد گل و نیز عملکرد اسانس بابونه (*Matricaria recutita* L.) اشاره کردند.

با توجه به تأثیرات مثبت کاربرد کود ورمی کمپوست، این آزمایش به‌منظور بررسی و مقایسه کاربرد سطوح کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و نیز استفاده تلفیقی آن‌ها بر شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه ختمی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. سه سطح کاربرد ورمی‌کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و پنج سطح اعمال کود اوره (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار متداول) به‌ترتیب عامل اول و دوم آزمایش بودند. تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود.

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در سال قبل به‌صورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج این آنالیز در جدول ۱ ارائه شده است. این خاک دارای ماده آلی، فسفر و نیتروژن پایینی بود. پایین بودن فسفر می‌تواند به دلیل اسیدیته نسبتاً بالای خاک باشد.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذر ماه و دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته در اوایل فروردین ماه بود. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد ۵×۲ (۱۰ مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر، فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر بود. کود آلی ورمی‌کمپوست براساس تیمارهای تعریف شده در یک مرحله قبل از کاشت استفاده شد. نتایج حاصل از آنالیز بسترهای کاشت در جدول ۲ نشان داده شده است.

اعمال کود اوره در سه مرحله (قبل از کاشت و به صورت سرک در مراحل چهار برگی و نیز قبل از شروع رشد زایشی) انجام شد. عملیات کاشت در ۱۱ فروردین ماه انجام شد. بذرهای ختمی با تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف به صورت کپه‌ای کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

بافت Texture	نیتروژن (٪) N (%)	کربن آلی (٪) OC (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی سیلتی Silty loam	0.08	0.59	325	14	1.35	8.15

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of used vermicompost in experiment

نسبت کربن به نیتروژن C/N	نیتروژن (٪) N	کربن آلی (٪) OC	پتاسیم (٪) K	فسفر (٪) P	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
8.04	1.45	11.65	1.2	1.16	5.2	6.7

آخرین آبیاری نیز دو هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. در طول اجرای آزمایش نیز از هیچ گونه علف‌کش و آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد.

نیمی از هر کرت به نمونه‌برداری تخریبی در طی دوره رشد جهت اندازه‌گیری سطح برگ، وزن‌تر و خشک بوته‌ها و وزن گل در بوته و نیمه دوم به اندازه‌گیری‌های آخر فصل اختصاص داده شد. سطح برگ

و وزن بوته‌ها در شش مرحله در طول فصل رشد (۱۶ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت، ۱۴ خرداد، ۲۹ خرداد همزمان با شروع گل‌دهی، ۱۵ تیر و ۱۲ مرداد) صورت گرفت.

عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها در اول شهریور انجام شد. قبل از برداشت تعداد دو بوته به طور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه از هر کرت برداشت شد و بر اساس آن اجزای عملکرد که شامل ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن کپسول در بوته، وزن دانه در کپسول و در نهایت، وزن هزار دانه بود، تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه گیری شد. با تعیین عملکرد دانه، درصد موسیلاژ و روغن بذرهای ختمی نیز تعیین شد. درصد و میزان موسیلاژ موجود در بذرهای ختمی از مقدار یک گرم بذر به‌دست آمد (Salehi Surmaghi, 2011). جهت تعیین درصد و میزان روغن موجود در بذرها از مقدار پنج گرم بذر آسیاب شده با استفاده از دستگاه سوکسله اتوماتیک بهره‌گیری شد (Salehi Surmaghi, 2011).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بررسی شاخص‌های رشدی

براساس نتایج تجزیه واریانس، بجز در مرحله اول و دوم نمونه-برداری، در سایر مراحل تیمارهای کودی و مقادیر کود شیمیایی نقش معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی گیاه ختمی شامل وزن‌تر، وزن خشک و سطح برگ داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مراحل سوم تا ششم نمونه‌گیری، با افزایش کاربرد کود شیمیایی در هر سه سطح کود ورمی‌کمپوست، وزن‌تر، وزن خشک و سطح برگ گل ختمی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد کود شیمیایی نیز افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌دار منجر به بهبود شاخص‌های ذکر شده گردید. در این ارتباط، سینگ و بیسین (Sing & Beisin, 1998) نیز اثر مثبت کمپوست را روی افزایش وزن خشک و تولید برخی گیاهان دارویی از جمله اسفرزه و منداب گزارش کردند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) زیست توده تر، وزن خشک و سطح برگ گل ختمی در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Table 3- Variance analysis (mean of squares) of fresh biomass, dry matter and leaf area of marshmallow at different sampling stages

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بوته Fresh weight of plant						وزن خشک بوته Dry weight of plant					
		مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage	مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
بلوک Block	2	0.027 ns	0.27 ns	1.68 ns	58.288 *	5.49 ns	530.86 ns	0.001 ns	0.34 ns	0.20 ns	2.28 ns	10.46 ns	14.46 ns
ورمی کمپوست Vermicompost	2	0.074 ns	0.01 ns	2799.92 **	7511.78 **	21816.02**	519784.86 **	0.005 ns	0.57 ns	7.32 **	527.05 **	1064.63 **	1769.62**
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	0.026 ns	0.83 ns	340.85 **	1573.59 **	3814.94**	55846.800**	0.002 ns	0.17 ns	3.87 **	65.07 **	149.95 **	185.14 **
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	0.061 ns	0.77 ns	23.38 **	162.727 **	1404.661**	9464.61 **	0.002 ns	0.19 ns	2.99 **	10.57 **	40.08 **	72.07 **
خطا Error	28	0.030	0.18	3.45	20.098	22.82	770.27	0.0004	0.56	0.72	1.30	7.09	9.13

ادامه جدول ۳- Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سطح برگ بوته Leaf area of plant					
		مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
بلوک Block	2	9.04 ns	9.42 ns	16055.55 **	3204.60 ns	46842.73 **	79371.02 **
ورمی کمپوست Vermicompost	2	7.82 ns	9.01 ns	876567.21 **	2044202.86 **	1213102.36 **	1623594.75 **
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	11.04 ns	5.69 ns	120023.88 **	592289.63 **	444740.62 **	603992.85 **
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	4.59 ns	9.22 ns	9305.24 **	191935.53 **	12079.03 *	51836.76 **
خطا Error	28	3.83	8.09	919.32	1409.83 **	6172.05	12500.16

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and no significant, respectively.

به‌طور کلی، نقش مؤثر کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند به علت فراهمی متعادل عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، منبع انرژی برای فعالیت هر چه بیشتر باکتری‌های مفید خاک (Mohammady Aria et al., 2010)، بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی و اسیدیته (Foroughifar & Poor Kasmani, 2002; Biswas&Narayanasamy, 2006) باشد.

عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۵). با این وجود،هیچ یک از شاخص‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ختمی تحت تأثیر اثرات متقابل ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی قرار نگرفت (جدول ۵). نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گل در بوته شد (جدول ۶). همچنین در بین سطوح ورمی‌کمپوست مصرف ۱۰ تن در هکتار بیشترین تأثیر معنی‌دار را در افزایش شاخص‌های ذکر شده داشت (جدول ۶). همچنین با افزایش کاربرد سطوح کود شیمیایی نیز ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گل در بوته به‌طور معنی‌دار رو به افزایش گذاشت. این امر نیز می‌تواند به دلیل عادت رشدی نامحدود گل ختمی و توانایی بالای این گیاه در جذب عناصر از خاک باشد. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز به اثرات مثبت کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست در افزایش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی و فرعی در رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) اشاره کردند. اثرات مثبت کود های کمپوست و ورمی‌کمپوست ممکن است به دلیل افزایش مواد آلی و نیز تأمین عناصر پر مصرف و کم مصرف در خاک باشد.

مشابه شاخص‌های تعداد و وزن گل در بوته، تعداد و وزن کپسول در بوته گل ختمی نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح کاربرد کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی قرار گرفت (جدول ۵)؛ به‌طوری‌که با افزایش سطوح کاربرد کودها، تعداد و وزن کپسول در بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). با توجه به ارتباط مستقیم بین تعداد گل‌های تشکیل شده در هر بوته با تعداد کپسول‌های آن، مجموعه عواملی که منجر به افزایش تعداد و وزن گل در بوته شود، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کپسول‌های آن داشته باشد.

نتایج آزمایش همچنین حاکی از آن بود که بین سطوح ورمی-کمپوست از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۶)؛ به‌طوری‌که بیشترین افزایش در شاخص‌های ذکر شده در نتیجه کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود ورمی-کمپوست مشاهده شد (جدول ۶). همچنین نتایج نشانگر آن بود که افزایش اعمال کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک گل ختمی در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر ارائه شده است. براساس نتایج ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) اعمال سطوح مربوط به نیتروژن تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) داشت. نتایج عزیزی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2008) نیز حاکی از تأثیر مثبت کود اوره در افزایش عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بود.

جدول ٤- اثرات متقابل سطوح ورمی کمپوست و مقادیر کود شیمیایی بر زیست توده تر، وزن خشک و سطح برگ بوته گل ختمی

Table 4- Interaction effects of vermicompost and chemical fertilizer levels on fresh, dry matter and leaf area of marshmallow in experiment

سطوح ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)				وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant (g)			
		مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
0	0	30.00 l *	85.60 h	204.67 h	622.64 i	17.97 b-e	21.60 i	62.30 e	82.30 f
	25	34.40 h	92.33 h	212.67 g	758.33 h	17.63 b-e	22.77 hi	65.40 e	85.40 f
	50	38.60 g	105.03 g	219.69 g	799.33 h	16.51 e	22.83 hi	76.97 d	86.97 f
	75	43.20 f	115.06 f	288.53 cd	906.51 g	18.87 a-d	25.37 fg	77.93 cd	97.93 e
	100	46.30 f	128.53 de	266.61 f	930.00 fg	17.43 de	24.53 gh	78.30 cd	108.30 d
50	0	51.50 e	116.87 f	274.36 ef	966.29 ef	16.63 e	23.57 ghi	76.76 d	109.76 d
	25	46.30 f	122.37 ef	310.33 b	966.41 ef	17.60 b-e	25.47 fg	82.23 bc	111.23 cd
	50	58.33 d	134.67 cd	326.00 a	1002.40de	18.77 a-d	26.77 f	86.56 ab	119.56 b
	75	62.00 c	142.93 b	318.45 ab	1036.00 cd	19.93 a	28.70 e	83.90 ab	121.90 b
	100	58.06 d	127.80 de	282.35 cd	1052.88 c	17.43 de	35.20 bc	86.70 ab	119.70 b
10	0	57.77 d	131.63 d	292.00 c	1149.04 b	19.17 ab	31.23 d	87.71 a	110.71 d
	25	59.00 cd	140.93 bc	282.66 de	1072.02 c	19.13 abc	34.45 c	88.06 a	112.06 cd
	50	70.30 ab	146.67 b	314.00 b	1120.34 b	17.53 cde	35.61 bc	88.41 a	116.41 bc
	75	67.70 b	163.20 a	324.24 a	1248.12 a	19.20 ab	36.56 ab	88.49 a	119.49 b
	100	73.10 a	167.80 a	318.66 ab	1286.60 a	20.17 a	37.93 a	88.44 a	129.44 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصدارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

ادامه جدول ٤

Table 4- Continued

سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)	مساحت برگ بوته (سانتی‌متر مربع) Leaf area of plant (cm^2)			
		مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth Stage	مرحله ششم Sixth stage
0	0	629.33 f *	1238.63 g	2517.04 f	2349.34 h
	25	765.00 e	1322.04 f	2885.29 e	2930.19 g
	50	765.00 e	1998.33 c	3011.04 de	3005.04 fg
	75	949.61 d	2056.00 c	3057.31 d	3109.67 efg
	100	942.73 d	2022.00 c	3153.09 d	3110.01 efg
50	0	952.79 d	1230.35 g	3048.61 d	3080.36 efg
	25	993.00 d	1576.62 e	3339.37 c	3404.34 cd
	50	1129.00 c	1609.14 e	3525.05 ab	3504.63 c
	75	1260.00 b	1676.37 d	3533.32 ab	3580.62 bc
	100	1271.64 b	2317.94 b	3652.37 a	3751.07 ab
10	0	1145.04 c	2307.34 b	3111.69 d	3174.19 ef
	25	1336.16 a	2319.29 b	3421.14 bc	3607.02 bc
	50	1356.24 a	2319.36 b	3358.06 c	3261.03 de
	75	1354.31 a	2364.64 ab	3609.73a	3497.01 c
	100	1365.63 a	2404.08 a	3572.21 a	3846.14 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصددارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

جدول ٥- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی

Table 5- Variance analysis (mean of square) of yield and yield components of marshmallow

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branch/ plant	تعداد گل در بوته Number of flower/ plant	وزن گل در بوته Flower weight/ plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsule/ plant	وزن کپسول در بوته Capsule weight/ plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight
بلوک Block	2	1907.97 **	635.47 **	8304.080**	739.76 **	799.23 ns	76.61 **	0.52 ns
ورمی کمپوست Vermicompost	2	5032.63 **	1703.22 **	30320.04 **	6303.07 **	7581.14**	1270.83 **	0.80 ns
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	442.50 **	148.24**	3437.52 **	461.52 **	427.26**	96.33 **	0.63 ns
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	18.28 ns	4.961 ns	121.00 ns	19.61	11.51 ns	1.683 ns	0.89 ns
خطا Error	28	50.85	10.67	133.90	14.78	25.93	1.79	0.74

** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

** and ns: significant at the 0.01 level of probability and no significant, respectively.

ادامه جدول ٥

Table 5- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد موسیلاژ Mucilage percentage	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	2	1170978.13 **	1440.16 **	0.65 **	423.91 **	1.22 ns	20172.11 **
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	4946738.16 **	8306.04 **	3.48 **	2046.06 **	29.15 **	102253.49 **
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	351443.20 **	479.13 **	0.24 **	150.71 **	28.83 **	189.60 ns
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	9188.80 ns	27.10 ns	0.007 ns	22.09 ns	0.29 ns	31.45 ns
خطا Error	28	9813.61	17.89	0.01	2.83	0.38	96.29

** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

** and ns: significant at the 0.01 probability level and no significant, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گل خطمی تحت تأثیر کاربرد سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی

Table 6- Means comparisons of yield and yield components of marshmallow affected by vermicompost and chemical fertilizer

سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branch/plant	تعداد گل Number of flower (no.plant^{-1})	وزن گل (گرم در بوته) Flower weight (g. plant^{-1})	تعداد کپسول در بوته Capsule (no.plant^{-1})	وزن کپسول (گرم در بوته) Capsule weight (g.plant-1)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t.ha^{-1})	محتوی موسیلاژ (٪) Mucilage content (%)	عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار) Mucilage yield (kg.ha^{-1})	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
0	92.45 c *	15.53 c	117.47 c	38.60 c	21.20 c	15.80 c	11.42 a	483.20 c	49.44 c	0.53 c	2.67 c	10.37 c	47.89 c
5	113.47 b	26.67 b	167.47 b	63.93 b	46.00 b	25.33 b	11.76 a	947.20 b	69.08 b	1.06 b	10.29 b	11.70 b	107.31 b
10	134.10 a	40.07 a	214.00 a	81.53 a	67.33 a	34.53 a	11.38 a	1730.80 a	99.87 a	1.58 a	27.64 a	13.15 a	224.09 a
سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)													
0	104.61 d	22.00 d	140.89 d	52.56 d	35.11 d	20.89 e	11.14 a	829.33 d	64.81 d	104.61 d	22.00 d	13.98 a	120.31 b
25	108.48 cd	25.22 c	155.78 c	57.22 c	41.55 c	23.43 d	11.48 a	936.00 c	68.53 cd	108.47 cd	25.22 c	12.73 b	124.30 ab
50	113.22 bc	28.11 bc	164.78 c	60.65 c	46.11 bc	25.31 c	11.89 a	1012.00 c	71.44 bc	113.22 bc	28.11 bc	11.92 c	125.56 ab
70	119.00 ab	29.00 b	179.33 b	65.21 b	48.11 b	27.30 b	11.54 a	1154.67 b	75.28 b	119.00 ab	29.00 b	10.72 d	130.53 ab
100	121.38 a	32.78 a	190.78 a	71.19 a	53.33 a	29.21 a	11.54 a	1336.67 a	83.89 a	121.38 a	32.78 a	9.34 e	131.41 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

درصد و عملکرد موسیلاژ و روغن در گیاه ختمی نیز به‌طور معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) تحت تأثیر کاربرد سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی قرار گرفت. در بین سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست، بیشترین افزایش در عملکرد موسیلاژ و روغن در سطح ۱۰ تن در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). همچنین با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیز درصد و عملکرد موسیلاژ و نیز عملکرد روغن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با این وجود افزایش کاربرد کود شیمیایی در گیاه ختمی منجر به کاهش معنی‌دار درصد روغن شد (جدول ۶). این امر می‌تواند نشان‌دهنده واکنش منفی مقدار اسیدهای چرب در گیاه ختمی به کاربرد کودهای شیمیایی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از نقش مؤثر فراهمی کاربرد ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی بود. همچنین در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی، افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست نقش مؤثری در بهبود شاخص‌های رشدی گل ختمی داشت. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی اوره، کاربرد ورمی‌کمپوست بتواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل ختمی داشته باشد و از این‌رو، جایگزینی برای این کود شیمیایی در نظر گرفته شود. علاوه بر این، به دلیل پایین بودن ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، می‌توان با مدیریت صحیح در استفاده از کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا به صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی بتوان ضمن افزایش عملکرد کمی، بهبود شاخص‌های کیفی گیاه ختمی را امکان پذیر نمود. همچنین با مدیریت این شیوه کودی می‌توان گام مهمی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در زراعت گل ختمی برداشت.

منابع

1- Azizi, K., and Kahrizi, D. 2008. Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. Asian Journal of Plant Sciences 7: 710–716.
2- Biswas, D.R, and Narayanasamy, G. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology 97: 2243–2251.
3- Craher, L.L., and Gardner, Z. 2005. Trends in Medicinal Plant Production. University of Massachusetts, Department of Plant, Soil and Insect Sciences 19 pp.
4- Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertlizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculumvulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 25: 1-19. (In Persian with English Summary)
5- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2009. The effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphaticbiofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 24: 396–413. (In Persian with English Summary)
6- Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy 88: 97-185.
7- Foroughifar, H., and Poor−Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 336 pp. (In Persian)
8- Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181–192.
9- Gutierrez, F.A., Santiago, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud, M., Llaven, M.A.O., Rincon, R., and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). Bioresource Technology 98: 2781-2786.
10- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150–156.
11- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., and Fan, T. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. Geoderma 158: 173–180.
12- Malik, A.A., Suryapani, S., and Ahmad, J. 2011. Chemical Vs organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants 1: 5-13.
13- Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Berenji, A.R., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. Effect of *Thiobacillus*, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresource Technology 101: 551–554.
14- Mollafilabi, A., Rashed, M.H., Moodi, H., and Kafi, M. 2010. Effect of plant density and nitrogen on yield and

yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Acta Horticulturae 85: 115–126.
15- Moradi, H., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, N., and Kafi, M. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield component and essential oil of *Foeniculum vulgare* L. (fennel). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625- 635. (In Persian with English Summary)
16- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology 99: 1672-1681.
17- 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 *Rhizobiumleguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.
18- Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328–335.
19- SalehiSurmaghi, 2011.Medicinal Plants and Phytotheraphy. World of Nutrition Press 400 pp. (In Persian)
20- Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology 99: 2442-2448.
21- Sing A., and Beisin S.S. 1998. Effectiveness of compost towards increasing productivity of some medicinal plants in skeletal soil. Advances in Forestry Research in India 18: 64-83.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۵۹-۵۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 51-59

ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد با*تیوباسیلوس* بر عملکرد کیفی و خصوصیات مورفولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

فخرالسادات نوربخش[۱]، محمدعلی بهدانی[۲*]، مجید جامی الاحمدی[۲] و سهراب محمودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

با توجه به قلیائیت بالای بیشتر خاک‌های ایران و عدم دسترسی کافی گیاهان به برخی عناصر غذایی در این شرایط، مصرف گوگرد یکی از راهکارهای افزایش دسترسیبه عناصر غذایی غیرقابل حل به ویژه در خاک‌های آهکی و قلیایی محسوب می‌شود. البته شرط بهره‌برداری از توان بالقوه گوگرد، حضور ریزجانداران اکسیدکننده به ویژه باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. این آزمایش با هدف بررسی عملکرد کیفی و خصوصیات مرفولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کودهای گوگردی و *تیوباسیلوس* در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها دو فاکتور کود گوگرد آلی گرانوله در چهار سطح (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* در چهار سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به ازای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی) بودند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع و قطر ساقه اصلی و خصوصیات کیفی شامل محتوی پروتئین و روغن دانه و غلظت گوگرد و فسفر برگ گلرنگ بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده کود گوگرد و کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* و اثر متقابل آنهابر درصد روغن و پروتئین بذر، غلظت فسفر برگ، غلظت گوگرد برگ و ارتفاع و قطر ساقه اصلی گلرنگ معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بالاترین درصد پروتئین بذر مربوط به تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد برابر با ۲۰/۴ درصد بود و کمترین درصد پروتئین بذر برابر با ۱۷/۱ درصد مربوط به شاهد بود. کمترین درصد روغن (۱۸/۷ درصد) برای شاهد مشاهده شد و تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین افزایش درصد روغن بذر را به میزان ۲۶ درصد نسبت به شاهد به خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع و قطر ساقه اصلی گلرنگ برای تیمار کاربرد ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*مشاهده شد. بنابراین، با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که می‌توان مصرف تلفیقی گوگرد به همراه تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* را به عنوان راهکاری اکولوژیک در راستای دستیابی به افزایش رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ، به ویژه در خاک‌های با قلیائیت بالا، مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: فراهمی عناصر غذایی، کود بیولوژیک، گیاه روغنی، میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده

مقدمه

جمعیت جهان از شش میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ میلادی به هشت میلیارد، در سال ۲۰۲۰ میلادی و به ۹/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (Lal, 2000). این افزایش جمعیت، تأمین مواد غذایی و منابع انرژی انسان را از طریق منابع پر انرژی (از جمله دانه-های روغنی) ضروری می‌سازد. به دلیل تنوع آب و هوایی در ایران، امکان کشت بسیاری از دانه‌های روغنی وجود دارد. در این رابطه کشت گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) که از نظر کیفیت روغن دانه و دارویی مهم هستند، دارای اهمیت است (Naraki, 1998). از آنجا که مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل مؤثر کاهش کمیت و کیفیت دانه‌های روغنی است، لذا مصرف بهینه کود بسیار ضروری می‌باشد (ChakerAlhosseini, 2006).

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد استفاده برای گیاهان می-باشدکه بیش از ۱۷۰ سال است به عنوان عنصر غذایی ضروری و پرمصرف گیاه شناخته شده و از این لحاظ، در ردیف پنجم پس از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قرار می‌گیرد (Salardini, 1995). کمبود این عنصر در گیاه عملکرد را در نتیجه تغذیه نامناسب کاهش می‌دهد و از ارزش کیفی محصولات مانند درصد پروتئین و روغن نیز می‌کاهد (Ghorbani Nasr Abadi, 2002). مواداهار (Mudahar,

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

1986) دریافت که مشارکت گوگرد در ساختمان اسیدهای آمینه‌ای چون لیستین و سیستئین باعث افزایش کیفیت پروتئین می‌گردد. کمبود این اسید آمینه‌های گوگرددار مهم‌ترین عامل محدودکننده ارزش بیولوژیکی پروتئین‌ها است. البته بایستی به این نکته توجه گردد که شرط اصلی اثربخشی گوگرد، سرعت مناسب اکسایش آن در خاک است؛ به نحوی‌که بتواند در طی دوره رویشی گیاه، علاوه بر تأمین سولفات، با خاصیت اسیدزایی و کاهش pH، در مقیاس ریزجایگاه‌های ریزوسفری، قابلیت فراهمی سایر عناصر غذایی مانند فسفر و آهن را نیز بهبود بخشد (Tabatabai, 1986). از آنجا که اکسایش گوگرد فرآیندی عمدتاً بیولوژیک محسوب می‌شود (Tate, 2000)، تحقق این شرط مستلزم وجود جمعیت بالایی از ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد عنصری است که باکتری‌های جنس *تیوباسیلوس*[1] از مؤثرترین انواع آنها هستند (Ghorbani Nasr Abadi, 2002).

روش اصلی تغذیه این باکتری‌ها، شیمیولیتوتروفی است که از واکنش اکسایش گوگرد، انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های حیاتی را کسب می‌کنند. اسید سولفوریک حاصل از اکسایش گوگرد، موجب افزایش حلالیت ترکیبات فسفاتی نامحلول می‌گردد (Oldeman, 1998). برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که باکتری *تیوباسیلوس*با اکسید کردن گوگرد در خاک، اسید سولفوریک تولید کرده که موجب افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مانند اکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها می‌گردد. گزارش شده است که اکسایش گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های *تیوباسیلوس* حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح‌نشده بود (BesharatiKelayeh, 1998). درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) در آزمایشی روی ذرت (*Zea mays* L.) بیان کردند اسیدیته خاک در تیمار گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس*، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، ولی اثر متقابل گوگرد و باکتری *تیوباسیلوس* بر اسیدیته خاک معنی‌دار بود.

کاهش اسیدیته خاک حتی به‌طور موضعی یکی از روش‌های مؤثر مقابله با کمبود فسفر و ریز مغذی‌ها در خاک‌های آهکی و قلیایی به شمار می‌رود. معتمد (Motamed, 2006) دریافت که حداکثر عملکرد کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) (درصد پروتئین) مربوط به تیمار سطح بالای گوگرد یعنی ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد کشاورزی در ۲۰ هکتار بود. با توجه به فراوانی گوگرد و اثرات مفید آن بر گیاه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین وجود فنآوری‌های لازم برای تولید انبوه *تیوباسیلوس* و تأثیر مثبت آن در اصلاح خاک‌های قلیا و افزایش اکسیداسیون گوگرد در خاک، این تحقیق به منظور بررسی اثرات مصرف توأم کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* و گوگرد آلی گرانوله بر برخی خصوصیات رویشی و کیفی گیاه دانه روغنی گلرنگ در شرایط آب و هوایی بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی برخی خصوصیات رویشی و کیفی گیاه دانه روغنی گلرنگ بهاره تحت تأثیر توأم تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* و مصرف گوگرد آلی گرانوله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مصرف کود گوگرد آلی گرانوله در چهار سطح (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب معادل باصفر، ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۵۵ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار) و تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به ازای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله) انجام شد.

به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد (جدول ۱).

کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر مبنای ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۷ کیلوگرم در هکتار K_2O و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 (به ترتیب از ۱۹۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) در نظر گرفته شد. تمام کود فسفره و پتاسه و یک سوم کود نیتروژن قبل از کاشت به خاک اضافه شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول پنج متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. عملیات کاشت بذر گلرنگ (ژنوتیپ IL_{111}) به‌صورت جوی- پشته‌ای با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و با فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر با دست در نیمه دوم فروردین ماه انجام شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب برابر با ۱/۵ و ۳ متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری به‌منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با دور هفت روز یکبار به شیوه سیفونی تا پایان فصل رشد انجام شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها انتهای کرت‌ها بسته شد و آبیاری کرت‌ها و بلوک-ها به صورت جداگانه انجام گرفت. همچنین برای هر بلوک جوی فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد تا آب خروجی احتمالی از کرت-های حاوی تیمار کودی وارد دیگر کرت‌ها نگردد. کود گوگرد آلی گرانوله بر اساس مساحت هر کرت بر طبق تیمارهای تعیین شده به صورت جداگانه آماده شد و همزمان با مرحله تنک و قبل از مرحله ساقه‌دهی به خاک اضافه گردید.

1- *Thiobacillus*

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical properties

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	محتوی کربن آلی (٪) Organic carbon content (%)	محتوی نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	محتوی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Content ($mg.kg^{-1}$)		سولفات محلول (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Soluble SO_4^{-2} ($meq.l^{-1}$)	محتوی (درصد) Content (%)		
				فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K^+		رس Clay	سیلت Silt	شن Sand
3.86	7.94	0.04	0.009	4	248	0.5	21	19	60

کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* نیز مطابق با سطوح تعیین شده به صورت جداگانه آماده شد و همزمان با مصرف کود گوگرد آلی گرانوله، در شیارهای کوچکی به عمق هشت سانتی‌متر و با فاصله پنج سانتی‌متر از خطوط کاشت در تیمارهای مورد نظر جایگذاری و سپس روی آن با خاک پوشانیده شد.

عملیات برداشت دستی با حذف اثرات حاشیه‌ای (۰/۵ متر از طرفین)، انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و اندازه‌گیری‌های کمی و کیفی شامل ارتفاع و قطر ساقه اصلی و درصد روغن و پروتئین صورت گرفت. بقیه گیاهان برای ارزیابی صفات کیفی برداشت گردیدند.

جدول ۲- تغییرات اسیدیته و محتوی فسفر خاک در تیمارهای آزمایش پس از برداشت گلرنگ تحت تأثیر کودهای گوگردی و *تیوباسیلوس*

Table 2- pH and phosphorus content of soil after harvesting safflower affected by sulfur and *Thiobacillus*fertilizers

تیمار Treatment	اسیدیته pH	محتوی فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus content ($mg.kg^{-1}$)
شاهد Control (C)	8	3.65
گوگرد Sulfur (S)	7.4	2.4
گوگرد+*تیوباسیلوس* S+*Thiobacillus*	6.9	2.9

ارتفاع بوته از محل طوقه تا زیر طبق اصلی و ارتفاع اولین انشعاب از سطح خاک نیزاندازه‌گیری و ثبت شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس در قسمت پایین، وسط و بالای ساقه اصلی اندازه‌گیری گردید و میانگین آنها به‌عنوان قطر ساقه در نظر گرفته شد. محتوی روغن دانه، از روش استخراج با حلال آلی هگزان و با استفاده از دستگاه سوکسله مدل ۲۰۵۰ اندازه‌گیری شد (AOCS, 1993). اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه با استفاده از روش کجلدال انجام شد. اندازه‌گیری محتوی گوگرد و فسفر برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر انجام شد(Cottenie, 1980). همچنین پس از برداشت گلرنگ نیز نمونه‌های خاک از تیمارهای مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند. از آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد کود گوگرد و تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* و اثر متقابل آنها بر درصد روغن بذر، درصد پروتئین بذر، غلظت فسفر برگ، غلظت گوگرد برگ، ارتفاع و قطر ساقه اصلی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جداول ۳ و ۴).

بالاترین درصد پروتئین بذر مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد برابر با ۲۰/۴ درصد بود. البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سطح سوم گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت (جدول ۴). افزایش درصد پروتئین بذر تحت شرایط استفاده از گوگرد به تأثیر این عنصر ضروری در ساختار بعضی از اسیدهای آمینه مانند متیونین، سیستین و سیستئین بر می‌گردد (Khoshghoftar Manesh & Siadat, 2002). کمترین درصد پروتئین بذر برابر با ۱۷/۱ درصد مربوط به شاهد بود. البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سطح دوم *تیوباسیلوس* نداشت. میزان افزایش این صفت در تیمارهای دو و سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* نسبت به شاهد به ترتیب برابر با ۱۰ و۱۲ درصد بود (جدول ۵). از آنجا که تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) به نظر می‌رسد که اکسین ترشح شده از باکتری *تیوباسیلوس*، میزان تنفس سلولی را افزایش داده که این امر به دلیل پروتئین‌سازی در سلول، افزایش محتوی پروتئین را به دنبال داشته است.

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کیفی گلرنگ تحت تأثیر تیمارهای گوگرد و بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*
Table 3- Results of analysis of variance (mean squares) of safflower quality characters, as affected by sulfur and bio-sulfur containing *Thiobacillus*

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	محتوی پروتئین دانه Seed protein content	محتوی روغن بذر Seed oil content	محتوی گوگرد برگ Leaf sulfur content	محتوی فسفر برگ Leaf phosphorus content
گوگرد Sulfur (S)	3	86.76832**	107.8863**	0.003938**	0.029036**
تیوباسیلوس *Thiobacillus*(T)	3	47.49585**	21.6731**	0.000744**	0.003308**
T×S	9	12.62053**	1.45575*	0.00015**	0.001693**
کل Total	47	1575.541	9.007657	0.004899	0.035031
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.67	5.66	6.7	2.21

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

بیشترین درصد افزایش پروتئین بذر برای تیمار۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۳۰ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ۶).

احتمالاً با افزایش سطوح کود گوگرد و *تیوباسیلوس*، جذب فسفر افزایش یافته که در نتیجه به دلیل فراهمی فسفرلازم برای ساخت ATP، انجام تنفس سلولی و افزایش میزان پروتئین را به دنبال داشته است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر گوگرد بر خصوصیات کیفی برگ و دانه و خصوصیات رشدی گلرنگ
Table 4- Mean comparison for effect of sulfur on safflower qualitative characteristics of leaf and seed and growth traits

مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur level ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	غلظت گوگرد برگ (درصد) Leaf sulfur concentration (%)	غلظت فسفر برگ Leaf sulfur concentration (%)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)
0	17.05c*	18.74c	0.214c	0.133c	40.90c	4.16b
300	19.26b	24.17 b	0.230b	0.166b	48.08b	6.62a
400	20.31a	24.30b	0.235a	0.202a	51.94a	6.62a
500	20.37a	25.41a	0.236a	0.202a	52.12a	6.66a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).
* Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تلقیح با بیوسولفور بر خصوصیات کیفی برگ و دانه و خصوصیات رشدی گلرنگ
Table 5- Mean comparison for effect of bio-sulfur inoculation on safflower qualitative characteristics of leaf and seed and growth traits

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* (کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	غلظت گوگرد برگ (درصد) Leaf sulfur concentration (%)	غلظت فسفر برگ Leaf sulfur concentration (%)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی-متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)
0	18.29c*	21.66d	0.225c	0.168b	45.16b	5.5c
1	18.65c	22.49 c	0.225c	0.167b	45.61b	5.58 bc
2	19.16b	23.78b	0.230b	0.183a	50.9a	5.79b
3	20.89a	24.69a	0.235a	0.185a	51.38a	7.20a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).
* Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر درصد پروتئین دانه گلرنگ

Table 6- Mean comparison for interaction effect of sulfur levels and bio-sulfur inoculation on protein content of safflower seed

مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)	مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)			
	0	1	2	3
0	15.56 i*	17.21 hi	17.1 hi	17.33 h
300	18.28 g	18.58 fg	19.4 cde	20.79 b
400	19.18 ef	19.31de f	20.10 bc	22.66 a
500	19.16 ef	19.51 cde	20.04 cd	22.77 a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letter are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

نتایج مندرج در جدول ۴ نشان می‌دهد که کمترین درصد روغن (۱۸/۷ درصد)مربوط به شاهد می‌باشد و تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین افزایش درصد روغن بذر را به میزان ۲۶ درصد نسبت به شاهد به خود اختصاص داده است و بین تیمارهای ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.احمد و عابدین (Ahmad &Abdin, 2000) دریافتند که در بذر کلزا (*Brassica napus* L.) تجمع روغن با افزایش فعالیت استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز مطابق بود. فعالیت این آنزیم استیل کوآنزیم آ را برای ورود به چرخه کربس تولید می‌کند (Kafi et al., 2009). از آنجا که کاربرد گوگرد سبب افزایش غلظت پروتئین می‌گردد، بنابراین، غلظت این آنزیم در پاسخ به افزایش مصرف کود گوگرد افزایش یافته است. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن این مطلب که کود گوگرد سبب افزایش میزان فتوسنتز می‌شود (Terry, 1976)،به نظر می‌رسد که مصرف گوگرد مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این آنزیم را افزایش داده که این امر منجر به بهبود درصد روغن و سایر مواد مرتبط با این آنزیم شده است. بالاترین درصد روغن برای تیمار سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* مشاهده شد که ۱۵درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کمترین مقدار آن مربوط به شاهد بود (جدول ۵). بیشترین افزایش درصد روغن بذر برای تیمار۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۴۰ درصد نسبت به شاهد بدست آمد و کمترین میزان برای شاهد به‌دست آمد (جدول ۷). این نتیجه برخلاف نتایج مطالعه نورقلی پور (NourGholi Pour, 2006) بود. این محقق اظهار نمود که کاربرد کود فسفات، گوگرد و باکتری *تیوباسیلوس* اختلاف معنی‌داری را از لحاظ درصد روغن دانه در مقایسه با تیمارهای مختلف ایجاد نکرد. با توجه به نقش فسفر به‌عنوان یکی از عناصر ضروری، به نظر می‌رسد که مصرف آن از طریق تأثیر بر ساختمان لیپیدها به خصوص فسفو لیپیدها درصد روغن بذر را افزایش داده است.

مصرف گوگرد، بهبود غلظت این عنصر را در عصاره برگ گلرنگ به ترتیب برابر با ۱۰و ۱۲ درصد افزایش نسبت به شاهد برای سطوح سوم و چهارم منجر گردید (جدول ۴). غلظت گوگرد برگ گیاه گلرنگ در سطح یک کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس*با سطح شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به سطوح دو و سه کیلوگرم در هکتار غلظت گوگرد برگ به ترتیب برابر با ۹ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد به طور معنی‌داری بهبود یافت (جدول ۵). در مطالعه‌ای بشارتی و همکاران (Besharati et al., 2003) روی ذرت اظهار نمودند که بیشترین غلظت گوگرد برگ برای تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌دست آمد. درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بیان کردند که اسید لاکتیک و پس از آن اسید مالیک، سوکسینیک و استیک به‌عنوان مؤثرترین اسیدهای مترشحه از باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشند که می‌توانند اسیدیته خاک را علی‌رغم خاصیت بافری آن تغییر دهند. به این ترتیب، مصرف گوگرد همراه با باکتری‌های *تیوباسیلوس* با کاهش موضعی pH اطراف منطقه ریزوسفر ریشه موجب بهبود حلالیت عناصر تثبیت‌شده در خاک‌های آهکی شده که در نتیجه افزایش جذب عناصر توسط گیاه را به دنبال دارد(Besharati, 2001). به نظر می‌رسد که تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* با کاهش اسیدیته خاک، جذب گوگرد را از خاک را افزایش داده است که در نتیجه غلظت گوگرد در بافت برگ افزایش یافته است. بیشترین غلظت گوگرد برگ برای تیمارهای ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* برابر با۱۶ درصد نسبت به شاهد بدست آمد و کمترین غلظت گوگرد برگ در شاهد حاصل شد (جدول ۸). تیمارهای ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین میزان افزایش غلظت فسفر برگ گلرنگ را به میزان ۳۴ درصد نسبت به شاهد دارا بودند که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین مقدار درصد فسفر برگ در بین تیمارهای مصرف کود گوگرد، در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده شد که به میزان ۱۹ درصد بیش از شاهد بود (جدول ۴). بشارتی و همکاران (Besharati et al., 2003) بیان کردند که کاربرد گوگرد بر عملکرد، فسفر و آهن جذب شده توسط ذرت تأثیر معنی‌داری نداشت، اما بر میزان روی تأثیر معنی‌داری داشت. بشارتی (Besharati,

2001) در مطالعه‌ای دیگر اظهار نمود که اکسایش گوگرد در خاک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر حلالیت فسفات و فسفر قابل جذب گیاه دارد که در نتیجه با افزایش حلالیت این عناصر افزایش فراهمی آنها را برای گیاه بدنبال دارد. کوچک زاده (Koochekzadeh, 2003) بیان کرد که فسفر آزاد شده از خاک فسفات با اسید سولفوریک تولید شده طی فرآیند اکسایش گوگرد رابطه مستقیم دارد. بیشترین مقدار افزایش غلظت فسفر برگ در تیمارهای دو و سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد بدست آمد که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۵). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که باکتری *تیوباسیلوس*با ترشح مواد محرک رشد (PGPR)[1] می‌تواند اثرات مفیدی بر قابلیت جذب فسفر در خاک به همراه داشته باشد. چنین به نظر می‌رسد که*تیوباسیلوس*ها از طریق ترشح اسیدهای آلی با روش-های متنوعی مثل اسیدی کردن محیط و کلاته کردن یون‌های مزاحم و یون فسفات بر حلالیت و پویایی فسفر معدنی خاک و با ترشح آنزیم‌هایی مثل فسفاتاز بر حلالیت فسفر آلی در خاک مؤثر هستند (Doroudian et al., 2010).بیشترین درصد افزایش فسفر برگ در تیمارهای۴۰۰ و ۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان۴۰ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد و کمترین غلظت فسفر برگ در شاهد مشاهده گردید (جدول ۹). در آزمایش درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بر گیاه ذرت اثر متقابل گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس*، کمپوست و آپاتیت بر میزان فسفر قابل جذب در خاک معنی‌دار گردید، به طوری‌که تیمار گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس* و کمپوست بیشترین فسفر قابل جذب خاک را به خود اختصاص دادند. دیالمی و محبی (Dialami&Mohebbi, 2010) بیان کردند که کاربردگوگرد به همراه مایه تلقیح *تیوباسیلوس* و کود دامی باعث اختلاف معنی‌داری در غلظت فسفر، پتاسیم، منگنز و روی در برگ نخل خرما (*Phoenix dactyliferal* L.) نسبت به شاهد گردید و تیمار گوگرد پودری به میزان ۱۰ درصد کود دامی به همراه مایه تلقیح *تیوباسیلوس* بیشترین غلظت فسفر برگ را نسبت به شاهد داشت. تیمارهای کودی ۳۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به ترتیب با افزایش ۱۴ و۲۱ درصدی ارتفاع نسبت به شاهد، کمترین و بیشترین افزایش ارتفاع ساقه گلرنگ را دارا بودند. با افزایش میزان کود، مقدار ارتفاع نیز افزایش یافت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز بیشتر از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود هر چند که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری میان تیمار ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد وجود نداشت (جدول ۴). کاهش فتوسنتز و در پی آن کاهش منابع مورد نیاز رشد و تقسیم سلول، شاید عمده‌ترین دلیل افت شدید سرعت تقسیم سلولی در محدودیت سولفور باشد (Cao et al., 2001). بیشترین میزان ارتفاع در تیمار سه کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس*که با تیمار دو کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* در یک کلاس آماری قرار داشتبه میزان ۱۲درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. کمترین ارتفاع ساقه برای تیمار یک کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*بدست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). دورودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بیان کردندکه تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. از آنجا که اکسین نقش مؤثری بر بهبود طویل شدن سلول دارد، چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به تأثیر تولید این باکتری‌ها بر اکسین مربوط باشد که در نتیجه افزایش ارتفاع ساقه را به دنبال داشته است. بیشترین میزان ارتفاع گیاه، در تیمارهای۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم درهکتار گوگرد به همراه سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۲۷ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۱۰). افزایش ارتفاع بوته در نتیجه افزایش فسفر قابل دسترس توسط گیاه را نیز می‌توان این-چنین توجیه نمود که عنصر فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای دارد، میزان جذب آب و عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن را افزایش داده است که این امر موجب بهبود ارتفاع ساقه شده است (Dordas, 2009). از طرف دیگر، برخی تحقیقات نشان داده است که فسفر باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود که به تبع آن رشد و نمو بخش رویشی گیاه نیز افزایش می‌یابد (NourMohammadi et al., 2001). صحرایی (Sahrayee, 2009) دریافت که کاربرد برگی کود فسفر در ابتدای ساقه‌دهی، ارتفاع بوته، ارتفاع سنبله از سطح زمین و طول میان‌گره آخر گندم را به طور معنی‌داری بهبود داد.

بیشترین قطر ساقه اصلی گلرنگ در تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به میزان ۳۷ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد که با ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن برای شاهد برابر با ۴/۱ میلی‌متر حاصل شد (جدول ۴). با مصرف سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس*، بیشترین مقدار افزایش قطر ساقه اصلی به میزان ۲۳ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). علاوه بر این،چنین به نظر می‌رسد که ترشح اکسین از باکتری‌های *تیوباسیلوس* و به تبع آن افزایش تشکیل آوندهای چوبی منجر به افزایش قطر ساقه شده است. بیشترین میزان افزایش قطر ساقه برابر با ۵۱ درصد مربوط به تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و سه کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس* بود (جدول ۱۱).

1- Plant growth promoting rhizobacteria

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر محتوی گوگرد برگ گلرنگ

Table 7- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon sulfur content of safflower leaf

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار)
3	2	1	0	Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
0.216f	0.215f	0.214f	0.210g*	0
0.235c	0.232d	0.226e	0.226e	300
0.244a	0.237bc	0.231d	0.231d	400
0.244a	0.238b	0.231d	0.233d	500

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر محتوی روغن دانه گلرنگ

Table 8- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon oil content of safflower leaf

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار)
3	2	1	0	Sulfur level ($kg.ha^{-1}$)
19.43 d	19.16 d	18.53 de	18.72 e*	0
25.58 b	25.05 b	23.17 c	22.91 c	300
25.64 b	25.36 b	23.3 c	22.92 c	400
28.11 a	25.57 b	24.98 b	23.00 c	500

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر غلظت فسفر برگ گلرنگ

Table 9- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon phosphorus concentration of safflower leaf

مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار)
3	2	1	0	Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
0.135f	0.135f	0.132f	0.133f	0
0.182c	0.169d	0.156e	0.156e	300
0.214a	0.213a	0.190bc	0.192b	400
0.214a	0.212a	0.190bc	0.191bc	500

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر ارتفاع بوته گلرنگ

Table 10- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon plant height of safflower leaf

مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار)
3	2	1	0	Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
41.35de	41.26de	40.66e	40.33e*	0
53.16b	52.83b	43.16d	43.17d	300
55.5a	54.83ab	48.96c	48.46c	400
55.5a	54.66ab	49.66c	48.66c	500

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر قطر ساقه گلرنگ

Table 11- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon stem diameter of safflower leaf

مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level (kg.ha^{-1})				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار)
3	2	1	0	Sulfurlevel (kg.ha^{-1})
4.33c	4.33c	4f	4f*	0
8a	6.33b	6.16b	6b	300
8.33a	6.16b	6b	6b	400
8.16a	6.33b	6.16b	6b	500

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

احتمالاً کاربرد ۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد مقدار مورد نیاز سولفات محلول در خاک را برای گیاه فراهم نموده و کاربرد توأم این مقدار گوگرد با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس*، باعث حداکثر اکسیداسیون گوگرد شده که در نتیجه با جذب کافی گوگرد و سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با افزایش فتوسنتز، موجب بهبود قطر ساقه اصلی شده است.

با توجه به نتایج حاصل در این آزمایش، از آنجا که گوگرد از جمله عناصر اساسی مورد نیاز رشد گیاهان محسوب می‌شود و با در نظر گرفتن راهکارهای اکولوژیکی به منظور توسعه بوم‌نظام‌های زراعی، می‌توان مصرف تلفیقی این عنصر را همراه با تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* برای افزایش رشد کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ که نقش اساسی در خودکفایی روغن در کشور دارند، مدنظر قرار داد.

منابع

Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 2000. Effect of sulfur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rape seed. Plant Science 150: 71-76.

AOCS,. 1993. Official methods and recommended practices. The American Oil Chemists Society Champaign.

BesharatiKelayeh, H. 1998. Study of sulfur application with *Thiobacillus* species on absorption potential of some nutrients in soil. MSc Thesis in Soil Science, College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Besharati, H. 2001. Preparing appropriate medium for *Thiobacillus* and study of its interaction with VAM and grain yield of wheat. PhD Thesis, TarbiatModarres University 212 pp. (In Persian with English Summary)

Besharati, H., Kochakzadeh, Y., Malkouti, M.J., and Khavazi, K. 2003. The role of sulfur, *Thiobacillus* bacteria in providing the phosphorus for corn. Soil and Water Journal 12(24) Tehran Soil and Water Research Section, Tehran, Iran. (In Persian)

Cao, H., Zhang, L., and Melis, A. 2001. Bioenergetic and metabolic processes for the survival of sulfur-deprived *Dunaliellasalina* (chlorophyta). Journal of Applied Phycology 13: 25-34.

ChakerAlhosseini, M.R. 2006. Nitrogen and phosphorus effects on quantitative and qualitative yield of safflower in dryland conditions of semi-arid regions. Iranian Journal of Soil and Water 20(1): 17-25. (In Persian with English Summary)

Cottenie A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Bulletin, No. 82/2.

Dialami, H., and Mohebbi, A.H. 2010. Effect of sulfur application with *Thiobacillus* inoculation and cow manure on leaf nutrients and growth indices of date seedlings var. Barahi. Horticultural Sciences 24(2): 189-194. (In Persian with English Summary)

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relation. European Journal of Agronomy 30: 129-139

Doroudian, H.R., BesharatiKelayeh, H., FallahNosrat Abad, A.R., Heidary Sharif Abadi, H., Darvish, F., and Allahverdi, A. 2010. Study of absorbable phosphorus changes in lime soils and its impact on corn yield. Agricultural Modern Knowledge (Modern Knowledge of Sustainable Agriculture) 6(18): 27-35. (In Persian with English Summary)

Ghorbani Nasr Abadi, R. 2002. Study of sulfur application and *Thiobacillus* and *Bradyrhizobium* inoculation on nitrogen fixation and growth indices of soybean. Journal of Soil and Water 16(2): 171-178. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Zand, E., Mahdavi Damghani, A.M., and Abbasi, F. 2009. Plant Physiology II. 4th Edition, Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran p. 608-610. (In Persian)

Khoshghoftarmanesh, A.H., and Siadat, H. 2002. Inorganic Nutrition of Vegetables and Horticultural Plants in Salinity Conditions. Department of Horticulture Department of Agriculture, Iran 92 pp. (In Persian)

Koochekzadeh, Y. 2003. Effect of S and *Thibacillus* and organic matter on required P of corn in calcorus soils. MSc Thesis. TarbiatModarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Lal, R. 2000. Soil management in the developing countries. Soil Science 165(1): 57-72.

Motamed, A. 2006. Effects of different S amounts and B on quantitative and qualitative yield of bread wheat var. Pishtaz. Seedling and Seed 22(2): 273-276. (In Persian with English Summary)

Mudahar, M.S. 1986. Fertilizer Sulfur and Food Production. DRW Publication.

Naraki, F. 1998. Safflower Agronomy. Journal of Oil Seeds Researches and Promotions. Center of Agricultural Researches in Kohkilouyeh and Boyer Ahmad Publication, Yasooj, Iran. (In Persian)

NourGholi Pour, F. 2006. Evaluation of soil application of PO_3, S and *Thiobacillus* bacteria on quantitative and qualitative yield of soybean and residual impacts on corn. Iranian Journal of Soil and Water 20(1): 122-131. (In Persian with English Summary)

NourMohammadi, G., Siadat, S.A., and Kashani, A. 2001. Cereal Agronomy. Publicatio of ShahidChamran, Ahwaz, Ahwaz, Iran. p. 183-187. (In Persian)

Oldeman, L.R. 1998. The global extent of soil degradation. In: D.J. Greenland and I. Szabolcs, eds. Soil resilience and sustainable land use pp. 99-118. Wallingford, UK, CAB International Archive of SID.

Sahrayee, A. 2009. Effect of leaf application of phosphorus on delaying in leaves senescent and seed yield of fall wheat. MSc Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Birjand University, Birjand. Iranian Journal of Soil and Water 12(7): 63-72. (In Persian with English Summary)

Salardini, A.A. 1995. Soil Fertility. Publication of Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)

Tabatabai, M.A. 1986. Sulfur in Agriculture. American Society Agron. Madison, WI, USA.

Tate, R.L. 2000. Soil Microbiology. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Terry, N. 1976. Effects of sulfur on the photosynthesis of intact leaves and isolated chloroplasts of sugar beets. Plant Physiology 57(4): 477–479.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۶۹-۶۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 60-69

اثر سطوح مختلف حفاظت محیط زیست بر تنوع گونه‌های گیاهی

علیرضا باقری[1*]، رضا قربانی[2]، محمد بنایان اول[3] و اورس شافنر[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

نظر به اهمیت حفاظت از تنوع زیستی و ارزیابی فعالیت‌های حفاظتی این مطالعه میدانی طی بهار و تابستان سال ۱۳۸۹ با هدف مقایسه تنوع گیاهی دو منطقه تحت سطوح مختلف حفاظت، شامل منطقه حفاظت‌شده قرخود با چرای فصلی و پارک ملی گلستان با حفاظت کامل در برابر چرا به انجام رسید. از هر منطقه چهار تکرار انتخاب و در هر تکرار یک ویتاکر پلات اصلاح شده با ابعاد ۵۰×۲۰ متر در نظر گرفته شد که مقیاس نمونه‌برداری ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ مترمربع را پوشش می‌داد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که میانگین غنای گونه‌ای بین مقیاس‌های مختلف مکانی در هر دو منطقه مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان داد. علاوه بر این، روند تغییرات میانگین غنای گونه‌ای و درصد پوشش تاج گیاهی در مقیاس‌های مختلف نمونه‌برداری بین دو منطقه دارای تفاوت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که سهم پارک ملی گلستان بیشتر بود. با این وجود، مقایسه شاخص‌های تنوع و یکنواختی شانون، سیمپسون، اسمیث- ویلسون و کامارگو تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. به همین دلیل، برای بررسی دقیق‌تر و همچنین آگاهی از توزیع گونه‌ها از روش تجزیه و تحلیل SHE در سطح گونه و تیره‌های گیاهی استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده توزیع گونه‌ها در هر دو منطقه از یک مدل لوگ نرمال تبعیت می‌کردند، علاوه بر این سهم مؤلفه غنای گونه‌ای در تنوع بیشتر از مؤلفه یکنواختی بود. همچنین توزیع تیره‌های گیاهی الگوی مدل‌های سری‌های لگاریتمی‌و لوگ نرمال را نشان می‌دادند و تنوع در سطح تیره به‌طور تقریباً یکسانی تحت تأثیر مؤلفه‌های غنای گونه‌ای و یکنواختی بود. در مجموع، می‌توان عنوان داشت که سطح حفاظت بیشتر در پاک ملی گلستان منجر به حفاظت بیشتر از تنوع گونه‌ای شده‌است.

واژه‌های کلیدی: پارک ملی، شدت بهره برداری، غنای گونه‌ای، مناطق حفاظت شده

مقدمه

حفاظت از گونه‌های بومی[5] و تنوع نقاط با تنوع زیستی بالا[6] به دلایل مختلفی انجام می‌شود. تنها نواحی کوچکی از کره زمین ظرفیت نگهداری بسیاری از گونه‌های زیستی را دارند که حفاظت از این مناطق ضروری و اقتصادی است. میِرس و همکاران (Myers et al., 2000) گزارش کردند که ۴۴ درصد از گونه‌های گیاهان آوندی و ۳۵ درصد از تمامی‌گونه‌ها از چهار گروه مهره داران در ۱/۴ درصد از کل کره زمین محدود شده‌اند. از این‌رو، اندازه‌گیری‌های حفاظتی برای کاهش تهدیدهای تنوع زیستی را می‌توان در نواحی با اولویت بالا در دستور کار قرار داد (Stohlgren et al., 2005).

مدیریت موفق اکوسیستم‌های طبیعی به آگاهی مدیریت از فرآیندهای تهدیدکننده محیط و الگو و شرایط محیطی پس آیند بستگی دارد. آگاهی از منابع و حفاظت از منابع طبیعی و بررسی تغییرات آن‌ها از طریق اندازه‌گیری و پایش‌ها، یک حلقه بازخوردی[7] و فعالیت حفاظتی توانا را در جهت‌دهی مدیریت منابع طبیعی ایجاد می‌کند. کمیت سنجی تنوع گونه‌ای یکی از اهداف اصلی در حفاظت از محیط زیست است (Olszewski, 2004). اندازه‌گیری‌های مقایسه ای تنوع گونه‌ای گیاهی و کارکردهای اکوسیستم در ارتباط با عوامل تخریب می‌تواند در پاسخ به سؤال‌های اساسی برای مدیریت اکوسیستم (مثلاً واکنش بلندمدت پوشش گیاهی به اختلال در سیستم یا شناسایی نشانه‌های مناسب برای ارزیابی سلامت اکوسیستم) راهگشا باشد (Metzger et al., 2005; Pueyoa et al., 2006).

مطالعات انجام شده در ارتباط با تغییر کاربری اراضی روی غنای گونه‌ای گیاهی و ترکیبات پوشش گیاهی در مراتع اکثراً در مقیاس‌های کوچکی انجام شده‌اند (Spiegelberger et al., 2006)،

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- رئیس مؤسسه تحقیقاتی بین‌المللی CABI
(*- نویسنده مسؤل: Email: a.bagheri@razi.ac.ir)

5- Endemism
6- Hotspot
7- Feedback loop

درحالی‌که الگوی غنای گونه‌ای و مکانیزم‌های مهم آن می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی بسیار قابل توجه باشد (Huston, 1999). در مقیاس اکوسیستم تعداد متعددی از میکروسایت‌ها وجود دارند، تنوع این میکروسایت‌ها می‌تواند توسط تغییرات توپوگرافی با مقیاس کوچک و اثر چرا (چرا در اثر کاهش برگ‌ها در قسمت‌های مختلف گیاه، حرکت و لگدمال کردن موجودات چرا کننده و همچنین مدفوع آنها، موجب افزایش میکروسایت‌ها شود) تحت تأثیر قرار گیرد. به نظر می‌رسد که مکان‌های ناهمسان با تعداد بالای میکروسایت‌ها می‌توانند گونه‌های مختلف گیاهی را حمایت کنند (Spiegelberger et al., 2006).

افزایش متفاوت غنای گونه‌ای با افزایش مقیاس مکانی ممکن است به دلیل وجود درجات مختلف ناهمگونی در مقیاس‌های مکانی وسیع باشد. در مقیاس کوچک‌تر، تعاملات اکولوژیکی بین افراد گونه‌های گیاهی در میان انواع کاربری‌های زمین متفاوت است و رقابت بین گونه‌ها در این گونه مقیاس‌ها تعیین‌کننده است. در مقیاس چراگاه‌ها فاکتورهایی مانند زمین شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و مدیریت با ایجاد ماتریسی از زیستگاه‌های با ترکیب پوشش گیاهی متفاوت، روی غنای گونه‌ای گیاهی تأثیرگذار هستند (Haugo et al., 2010).

برخی اختلالات ناشی از تخریب ممکن است برای گونه‌های فرصت طلب و گونه‌های با چرخه زندگی کوتاه مزایایی را به همراه داشته باشد (Grime, 1979). علاوه بر این، تکامل همزمان گیاهان و گیاهخواران منجر به این امر شده‌است که برخی گونه‌های گیاهی به خوبی با چرا تطابق پیدا کنند، این در حالی است که برخی دیگر از گونه‌های گیاهی، اثرات منفی را تحت تأثیر چرا متحمل می‌شوند (Pueyoa et al., 2006). در آزمایش پویوآ و همکاران (Pueyoa et al., 2006)، در طول گرادیان شدت چرا درصد زمین بدون پوشش افزایش یافت. آنها همچنین مشاهده کردند که نسبت درختچه‌های چندساله با افزایش فشار چرا به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که این امر اثر فشار چرا روی این گروه کارکردی اکوسیستم تائید می‌کند. آنها بر اساس مطالعات خود شواهدی را برای استفاده از برخی شاخص‌های مرتبط با شدت چرا ارائه کردند که شامل نسبت زمین بدون پوشش، درختچه‌های چندساله و فراوانی نسبی گونه‌های مقاوم به چرا بودند که البته این شاخص‌ها را نمی‌توان تعمیم داد و مطالعات بیشتری مورد نیاز است (Pueyoa et al., 2006).

علاوه بر ترکیب گونه‌ای، تنوع گونه‌ای نیز تحت تأثیر چرا قرار می‌گیرد. برخی محققین عنوان کرده‌اند که چرای متوسط می‌تواند از طریق برخی مکانیزم‌ها موجب افزایش تنوع گونه‌های گیاهی گردد (Naveh, 1979) که این مکانیزم عبارتند از: چرا معمولاً روی گونه‌های غالب شدیدتر است که این امر می‌تواند باعث کاهش رقابت این گونه‌ها با سایر گونه شود (Smith & Rushton, 1994)، اثرات مکانیکی ناشی از لگدمال کردن موجب تفکیک نیچ اکولوژیکی و باز شدن فضا بین گیاهان می‌شود (Heady & Child, 1994). مدیریت چرا شکلی از تخریب اکولوژیکی را نشان می‌دهد و مشاهده شده‌است که بیشترین سطح تنوع گونه‌ای در مقیاس کوچک (۰/۲۵ متر مربع) در چرای با سطح متوسط حفظ می‌شود (Cousins & Eriksson, 2008). در شدت کم چرا افزایش سطح رقابت بین گونه‌ای و کاهش احتمال استقرار پروپاگول‌ها و پوشش بلند و متراکم تر گیاهی را می‌توان انتظار داشت (Reitalu et al., 2010).

سازمان حفاظت محیط زیست ایران مناطق با ارزش زیست‌محیطی ایران جهت انجام فعالیت‌های حفاظتی را در قالب مناطق چهارگانه تقسیم کرده‌است که شامل پارک ملی، اثر طبیعی ملی، پناهگاه حیات وحش و مناطق حفاظت‌شده هستند. بنا بر تعریف رسمی سازمان حفاظت محیط زیست، منطقه حفاظت‌شده و پارک ملی به شرح زیر توصیف شده‌اند (Anonymous, 2012):

مناطق حفاظت شده: اراضی به نسبت وسیع با ارزش حفاظتی زیاد که با هدف حفظ و احیای رویشگاه‌های گیاهی و زیستگاه‌های جانوری انتخاب می‌شوند. مناطق حفاظت شده، محیط‌های مناسبی برای اجرای برنامه‌های آموزشی و پژوهش‌های زیست محیطی به شمار می‌آیند. انجام فعالیت‌های گردشگری و بهره‌برداری مصرفی و اقتصادی متناسب با نواحی هر منطقه و بر اساس طرح جامع مدیریت مناطق، مجاز است.

پارک ملی: مناطق طبیعی به نسبت وسیع و دارای ویژگی‌های خاص و اهمیت ملی به لحاظ زمین‌شناسی، بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی و چشم‌انداز، با هدف‌های حفظ وضعیت زیستی و طبیعی، بهبود جمعیت گونه‌های جانوری و رویشگاه‌های گیاهی و همچنین بهره برداری تفرجی به عنوان پارک ملی انتخاب می شوند. پارک‌های ملی محل‌های مناسبی برای فعالیت‌های آموزشی، پژوهشی و گردشگری در طبیعت به شمار می‌آیند. به منظور حفاظت بنیادی از تنوع زیستی، ذخایر ژنتیکی، یکپارچگی اکولوژیک و چشم اندازها، فعالیت‌های مرتبط با بهره‌برداری‌های مصرفی و مسکونی در این مناطق مجاز نیست.

بر اساس تعاریف، سطح حفاظت مناطق حفاظت‌شده در مقایسه با پارک ملی کمتر بوده و برای پارک‌های ملی پشتوانه قانونی حفاظتی مستحکم‌تری نسبت به سایر مناطق حفاظت‌شده پیش بینی شده‌است. نظر به اهمیت حفظ تنوع زیستی و ارزیابی دو سطح حفاظتی مختلف، این آزمایش در دو ناحیه همجوار از مناطق حفاظت‌شده قرخود (واقع در استان خراسان شمالی) با چرای فصلی و پارک ملی گلستان (بخش‌های واقع در استان خراسان شمالی) با حفاظت کامل در برابر چرا، با هدف میزان تأثیر سطح حفاظت بر تنوع گونه‌ای و مؤلفه‌های آن مورد انجام شد.

مواد و روش‌ها

با هدف مقایسه تنوع گیاهی در دو منطقه تحت سطوح مختلف حفاظت، شامل پارک ملی گلستان و قسمت‌های همجوار منطقه حفاظت‌شده قرخود با پارک ملی گلستان واقع در استان خراسان شمالی، مطالعات صحرایی در اواخر بهار تا اواسط تابستان ۱۳۸۹ به انجام رسید. برای این منظور از هر یک از مناطق حفاظت‌شده قرخود و پارک ملی گلستان به تعداد چهار تکرار که از لحاظ عوارض جغرافیایی (مانند ارتفاع از سطح دریا) در شرایط یکسان بودند، به‌صورت تصادفی انتخاب شد. در هر تکرار یک ویتاکر پلات اصلاح شده (MWP[1]) با ابعاد ۵۰×۲۰ متر در یک ناحیه همگن از زیستگاه در نظر گرفته و در امتداد شیب اصلی به‌طور تصادفی قرار داده شد (شکل ۱) (Stohlgren et al., 1999). ویتاکر پلات اصلاح شده به‌صورت لایه لایه[2] بوده به این ترتیب که در درون پلات اصلی ذکر شده یک پلات فرعی ۱۰۰ مترمربع (۵ ×۲۰ متر) درست در وسط و دو پلات فرعی ۱۰ متر مربعی (۲ × ۵ متر) در زاویه‌های مقابل پلات اصلی قرار داده شد. ۱۰ پلات ۱ مترمربعی (۰/۵×۲ متر) نیز در درون MWP قرار گرفت که شش عدد از آنها در قسمت داخلی پلات ۱۰۰۰ مترمربعی و چهار پلات فرعی در قسمت خارجی پلات فرعی مرکزی ۱۰۰ مترمربعی قرار گرفتند.

غنای گونه‌ای (تعداد کل گونه‌های مشاهده شده) به‌طور جداگانه در همه مقیاس‌های مکانی نمونه‌برداری (در هر چهار پلات) ثبت شده و با استفاده از روش تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت.

در هریک از مناطق مورد مطالعه (پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت‌شده قرخود) دو تکرار از چهار تکرار نمونه‌برداری از ناحیه دشت میرزابایلو و دو تکرار دیگر از ناحیه سولگرد برداشت شدند. از این‌رو، با استفاده از روش تجزیه واریانس اثر ناحیه نمونه‌برداری نیز مورد مقایسه قرار گرفت و بر این اساس ناحیه نمونه‌برداری به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته شد.

در پلات‌های فرعی یک متر مربعی که شامل مجموعاً ۴۰ پلات در هر منطقه بود، درصد پوشش گیاهی تمامی‌گونه‌های گیاهی به صورت چشمی‌تخمین زده شد. علاوه بر این، در مقیاس نمونه‌برداری، شاخص‌های تنوع و یکنواختی شانون، سیمپسون، اسمیث- ویلسون و کامارگو (معادلات ۱ تا ۴) با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology v.6.0 محاسبه شده و پس از انجام تجزیه واریانس مورد بحث قرار گرفتند. همچنین تنوع[3] و مؤلفه‌های آن شامل یکنواختی[4] و ناهمگنی[5] با استفاده از روش تجزیه و تحلیل SHE توسط نرم‌افزار Biodiversity pro v.02 محاسبه شد.

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi \ln pi$$

معادله (۱)

که در این معادله، H': شاخص تنوع شانون- وینر، Pi: سهم افراد در گونه iام نسبت به کل نمونه که به صورت pi=ni/N تعریف می‌شود و S: تعداد گونه‌ها در کل نمونه می‌باشد.

$$D = \sum_{i=1}^{s} pi^2$$

معادله (۲)

D: شاخص تنوع سیمپسون، Pi: سهم افراد در گونه iام نسبت به کل نمونه که به صورت pi=ni/N تعریف می‌شود و S: تعداد گونه‌ها در کل نمونه می‌باشد.

$$E_{var} = 1 - \left[\frac{2}{\pi \arctan \left\{ \sum_{i=1}^{s} \left(\log e^{(n_i)} - \sum_{j=1}^{s} \log e^{\frac{n_j}{s}} \right)^2 / s \right\}} \right]$$

معادله (۳)

E_{var}= شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون، n_i= تعداد افراد گونه iام در نمونه (i=1, 2 3, …, s)، n_j= تعداد افراد گونه jام در نمونه (j=1, 2 3, …, s)، S= تعداد گونه‌ها در کل نمونه و رابطه ۳- شاخص یکنواختی کامارگو می‌باشد.

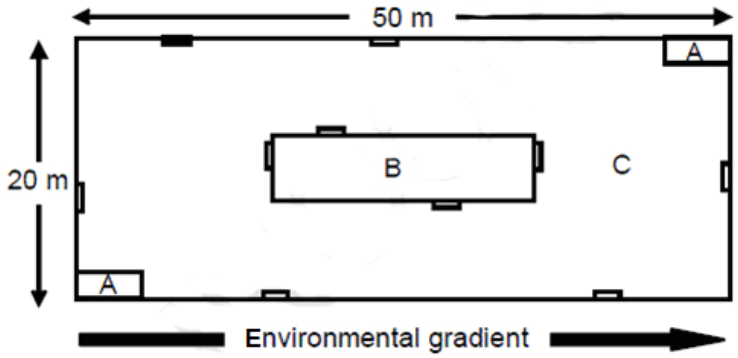
$$E' = 1 - \left(\sum_{i=1}^{s} \sum_{j=i+1}^{s} \left[\frac{|pi - pj|}{s} \right] \right)$$

معادله (۴)

که در این معادله، E': شاخص یکنواختی کامارگو، Pi: سهم گونه iام در کل نمونه، Pj: سهم گونه jام در کل نمونه و S: تعداد گونه‌ها در کل نمونه می‌باشد.

با توجه به عدم امکان جداسازی سهم غنای گونه‌ای و یکنواختی در شاخص تنوع و جداسازی شدت نمونه‌برداری از شاخص تنوع روش تجزیه و تحلیل SHE توسط بوزاس و هایک (Buzas & Hayek, 1998) برای حل این مشکلات پیشنهاد شد. در این روش،S: بیانگر غنای گونه‌ای، H: مؤلفه اطلاعات و E: بیانگر مؤلفه یکنواختی است. در واقع درک روشنی از غنای گونه‌ای، اطلاعات و یکنواختی برای فهم شاخص تنوع ضروری است. در یک جامعه علی‌رغم ثابت بودن مقدار اطلاعات، غنای گونه‌ای ممکن است افزایش یابد، اما شاخص تنوع تغییری را نشان ندهد. از سوی دیگر، اطلاعات ممکن است افزایش پیدا کند، اما یکنواختی جامعه ثابت بماند. روش تجزیه و تحلیل SHE امکان درک بهتر تنوع جوامع را فراهم می‌آورد.

1- Modified Whittaker Plot
2- Nested
3- Diversity
4- Evenness
5- Heterogeneity



شکل ۱- ویتاکر پلات اصلاح شده
Fig. 1- Modified Whittaker plot

از این روش برای آزمون انطباق داده‌ها با مدل‌های لوگ نرمال، لوگ سری و عصای شکسته مک‌آرتور نیز استفاده می‌شود (Hayek & Buzas, 1997). برای آگاهی بیشتر، مطالعه مقالات‌ها یک و بوزاس (Hayek & Buzas, 1997)، بوزاس و هایک (Buzas & Hayek, 1998) و باغانی و همکاران (Baghani et al., 2009) پیشنهاد می‌شوند.

برای تکمیل تجزیه تحلیل‌های مورد استفاده در این مطالعه از نرم‌افزارهای Excel 2007، Sigma Plot v.11.0 و SAS v.9.2 نیز استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به میزان تأثیر ناحیه نمونه‌برداری، سطح حفاظت و اندازه واحدهای نمونه‌برداری بر میانگین غنای گونه‌ای نشان داد که سطح حفاظت و اندازه واحدهای نمونه‌برداری دارای ($p\leq۰/۰۱$) و همچنین اثرات متقابل آنها دارای تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر میانگین غنای گونه بودند (جدول ۱).

برش‌دهی اثرات سطح حفاظت در هر یک از سطوح مساحت واحدهای نمونه‌برداری نشان داد که در هر چهار واحد نمونه‌برداری ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربعی غنای گونه‌ای تحت تأثیر معنی‌دار سطح حفاظت قرار گرفت. میانگین مربعات اثر هر یک از سطوح حفاظت در هر یک از سطوح مساحت واحدهای نمونه‌برداری نشان داد که این اثرات معنی‌دار، یکسان نبودند؛ به طوری‌که در واحد نمونه‌برداری ۱ متر مربعی تفاوت میانگین غنای گونه‌ای بین منطقه حفاظت‌شده قرخود و پارک ملی گلستان ($p\leq۰/۰۵$) معنی‌دار بود. این در حالی بود که در واحدهای نمونه‌برداری ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع تفاوتی معنی‌دار با سطح احتمال $p\leq۰/۰۱$ بین پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت‌شده قرخود مشاهده شد. اسپیگلبرگر و همکاران (Spiegelberger et al., 2006) در ارزیابی تنوع گونه‌ای چراگاه‌های مختلف از روش نمونه‌برداری ویتاکر پلات اصلاح شده‌استفاده کردند و گزارش کردند که با افزایش مساحت پلات نمونه‌برداری، میانگین غنای گونه‌ای افزایش یافت. هوستون (Huston, 1999) بیان کرد که الگوی غنای گونه‌ای و مکانیزم‌های مهم آن می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی بسیار متفاوت باشد. افزایش متفاوت غنای گونه‌ای با افزایش مقیاس مکانی ممکن است به دلیل وجود درجات مختلف ناهمگونی در مقیاس‌های مکانی مختلف، زیاد باشد. در مقیاس کوچک‌تر، تعاملات اکولوژیکی بین افراد گونه‌های گیاهی در میان انواع کاربری‌های زمین متفاوت است و رقابت بین گونه‌ها در این گونه مقیاس‌ها تعیین‌کننده است. در مقیاس چراگاه‌ها، فاکتورهایی مانند زمین‌شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و مدیریت با ایجاد ماتریسی از زیستگاه‌های با ترکیب پوشش گیاهی متفاوت، روی غنای گونه‌ای گیاهی تأثیرگذار هستند (Haugo et al., 2010).

توجه به واریانس بین این دو منطقه نشان می‌دهد که تفاوت بین میانگین غنای گونه‌ای با افزایش اندازه واحد نمونه‌برداری از ۱ تا ۱۰۰۰ متر مربع افزایش یافته است (جدول ۲). مقایسه شیب خط معادله برازش داده شده بر داده‌های مربوط به میانگین غنای گونه‌ای در واحدهای نمونه‌برداری مختلف نیز بر این امر تأکید دارد؛ به طوری که مقایسه خطای استاندارد شیب خط دو معادله تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۲). با توجه به وجود چرای فصلی در منطقه حفاظت‌شده قرخود و عدم چرا در پارک ملی گلستان این نتایج دور از ذهن نبود.

مقایسه درصد پوشش تاج گیاهی در پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت‌شده قرخود با استفاده از آزمون t نشان داد که تفاوتی معنی‌دار بین دو منطقه وجود داشت و درصد پوشش تاج گیاهی در پارک ملی گلستان به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بیشتر از منطقه حفاظت‌شده قرخود بود. در آزمایش پویوآ و همکاران (Pueyoa et al., 2006) در

طول گرادیان شدت چرا درصد زمین بدون پوشش افزایش یافت.

بررسی شاخص‌های تنوع و یکنواختی شانون، سیمپسون، اسمیث- ویلسون و کامارگو در منطقه حفاظت‌شده قرخود و پارک ملی گلستان نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تنوع و یکنواختی این دو منطقه از منظر شاخص‌های عددی تنوع وجود نداشت. برخی محققین مانند ناوه (Naveh, 1979)، اسمیث و روشتون (Smith & Rushton, 1994) و هیدی و چایلد (Heady & Child, 1994) بر این باورند که چرای متوسط از طریق برخی مکانیزم‌ها مانندکاهش شاخ و برگ گیاه و در نتیجه نفوذ نور، لگدمال کردن، حرکت و مدفوع جاندار چرا کننده، حتی می‌تواند موجب افزایش تنوع گونه‌های گیاهی نیز گردد.

جدول ۱- نتایج تجزیه مرکب (میانگین مربعات) سطوح مختلف حفاظت و مقیاس نمونه‌برداری بر میانگین غنای گونه‌ای منطقه حفاظت‌شده قرخود و پارک ملی گلستان

Table 1- Combined analysis (mean squares) for different levels of conservation and scale of sampling on mean species richness of Ghorkhod protected area and Golestan National Park

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین غنای گونه‌ای Mean spices richness
ناحیه نمونه‌برداری Site of sampling	1	10.81 ns
سطح حفاظت Conservation level	1	202.00**
مساحت واحد نمونه‌برداری Sampling area	3	1407.43**
ناحیه نمونه‌برداری*سطح حفاظت Site of sampling* Conservation level	1	0.98 ns
ناحیه نمونه‌برداری* مساحت واحد نمونه‌برداری Site of sampling* Sampling area	3	1.00 ns
سطح حفاظت* مساحت واحد نمونه‌برداری Conservation level * Sampling area	3	9.24*
ناحیه نمونه‌برداری*سطح حفاظت* مساحت واحد نمونه‌برداری Site of sampling* Conservation level* Sampling area	3	1.13 ns
خطای آزمایشی Error	16	3.43
ضریب تغییرات (٪) **CV (%)**	---	8.15%

**، * و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال p≤۰/۰۱، p≤۰/۰۵ و عدم معنی‌داری براساس آزمون فیشر می‌باشند.

**, *: and ns are significant at p≤0.01, p≤0.01 and non-significant based on Fisher's test of significance respectively.

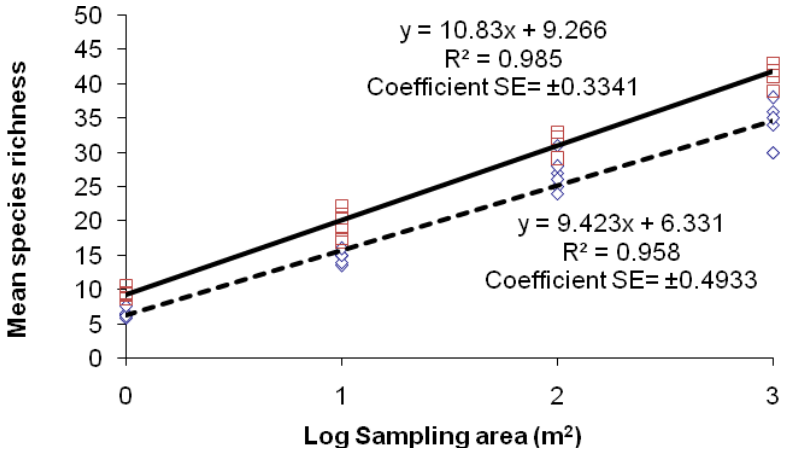
جدول ۲- برش دهی اثر متقابل مابین فاکتورهای سطوح مختلف حفاظت و مساحت واحد نمونه گیری برای میانگین غنای گونه‌ای منطقه حفاظت‌شده قرخود و پارک ملی گلستان (میانگین مربعات سطوح حفاظت (A) در هر یک از مقیاس‌های نمونه‌برداری (B)

Table 2- Interaction slicing between different levels of conservation and sampling area on mean richness of Ghorkhod protected area and Golestan National Park (mean square of conservation levels in each sampling area (B)

مساحت واحد نمونه‌برداری (مترمربع) Sampling area (m^2)	درجه آزادی df	Aدر هر سطح B میانگین مربعات سطوح Mean square of levels of B at each level of A
1	1	17.70*
10	1	34.03**
100	1	50.00**
1000	1	128.00**

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال p≤۰/۰۱ و p≤۰/۰۵ براساس آزمون فیشر می‌باشند.

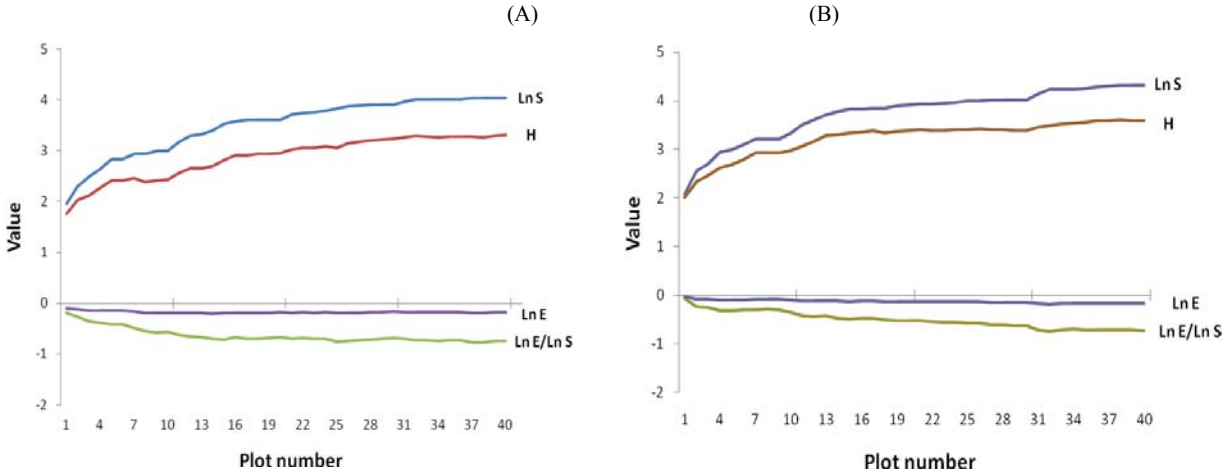
** and *: are significant at p≤0.01 and p≤0.05 based on Fisher's test of significance, respectively.



شکل ۲- رابطه بین لگاریتم مساحت واحد نمونه‌برداری (۱، ۱۰، ۱۰۰و ۱۰۰۰ مترمربع) و میانگین غنای گونه‌ای در منطقه حفاظت‌شده قرخود (..) و پارک ملی گلستان (__)

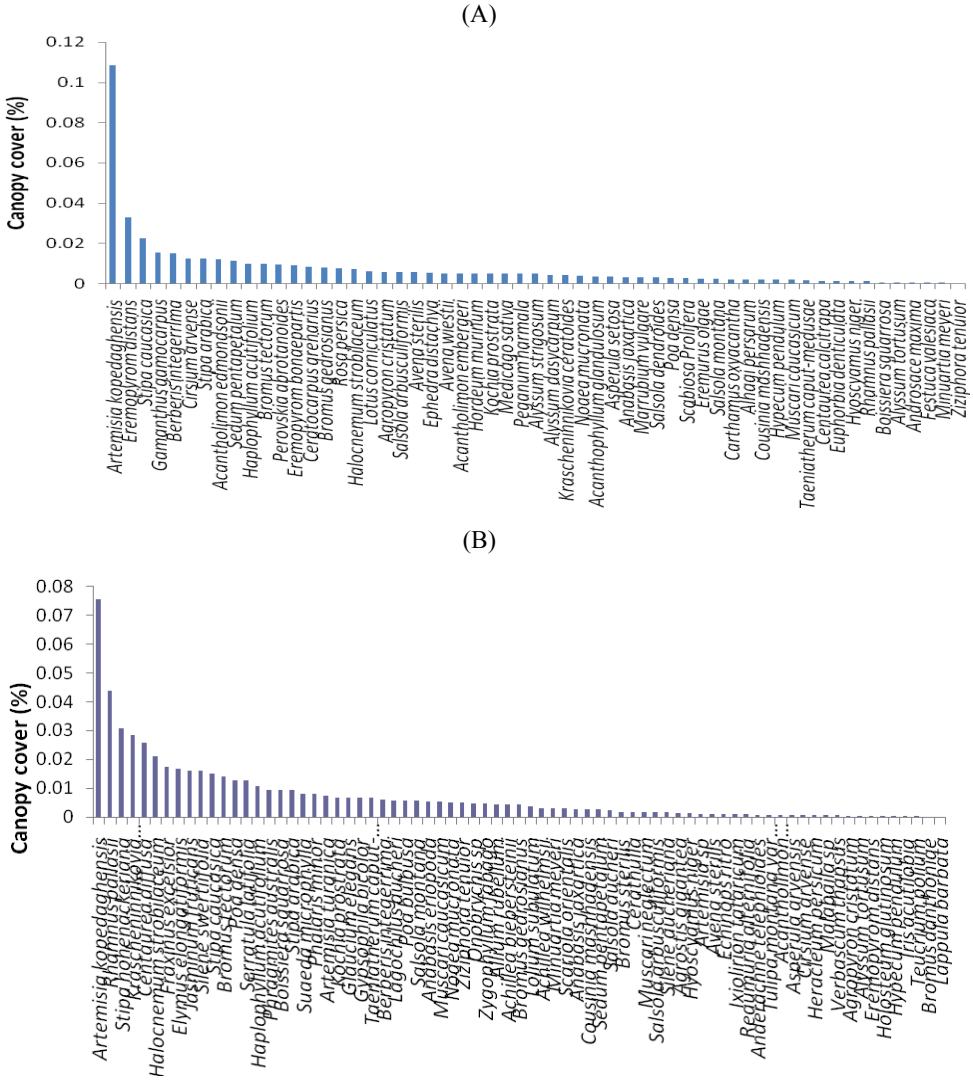
Fig. 2- Relationship between the logarithm of the sampling area unit (1, 10, 100 and 1000 m^2) and mean species richness in Ghorkhod protected area (...) and Golestan National Park (__)

برای تجزیه تحلیل دقیق‌تر تنوع و مؤلفه‌های مرتبط با آن و آگاهی از توزیع گونه‌های گیاهی در مناطق مطالعه شده، در این آزمایش از تجزیه و تحلیل SHE استفاده شد. نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل SHE در سطح گونه در پارک ملی گلستان نشان داد که روند تغییرات شاخص تنوع شانون (H) و غنای گونه‌ای (S) افزایشی و مشابه یکدیگر بوده و روند تغییرات یکنواختی (E) با روند تغییرات منحنی تنوع مشابه نبوده و روندی کاهشی با شیب کمی را داشت. روند تغییرات مربوط به مؤلفه LnE/LnS نیز کاهشی، اما با شیبی تندتر بود (شکل ۳). این الگوی تغییرات مؤلفه‌های مختلف در تجزیه و تحلیل SHE پیشنهاد می‌کند که توزیع گونه‌ها از یک مدل لوگ نرمال تبعیت می‌کند. هورتون و مورای (Horton & Murray, 2006) بیان داشتند که در تجزیه تحلیل SHE زمانی‌که مؤلفه‌های تنوع و غنای گونه‌ای دارای روندی افزایشی و مؤلفه LnE/LnS دارای روند ثابت و همچنین مؤلفه یکنواختی دارای روندی کاهشی باشد، توزیع گونه‌ها در این جامعه از مدل لوگ نرمال تبعیت می‌کند. در این مدل هر گونه متناسب با تراکم نسبی خود سهمی‌از نیچ را اشغال می‌کند. طبق این مدل گونه‌های با فراوانی متوسط زیاد بوده و گونه‌های اندکی وجود دارند که فراوانی آنها خیلی زیاد و یا بسیار کم است. رتبه- وفور گونه‌ای در هر دو منطقه بر این امر تأکید دارد (شکل ۴).



شکل ۳- آنالیز SHE در سطح گونه، الف) منطقه حفاظت‌شده قرخود و ب) پارک ملی گلستان

Fig. 3- SHE analysis of plant species in A) Ghorkhod protected area and B) Golestan National Park



شکل ٤- رتبه- وفور در سطح گونه، الف) منطقه حفاظت‌شده قرخود و ب) پارک ملی گلستان

Fig. 4- Rank abundance of plant species in A) Ghorkhod protected area and B) Golestan National Park

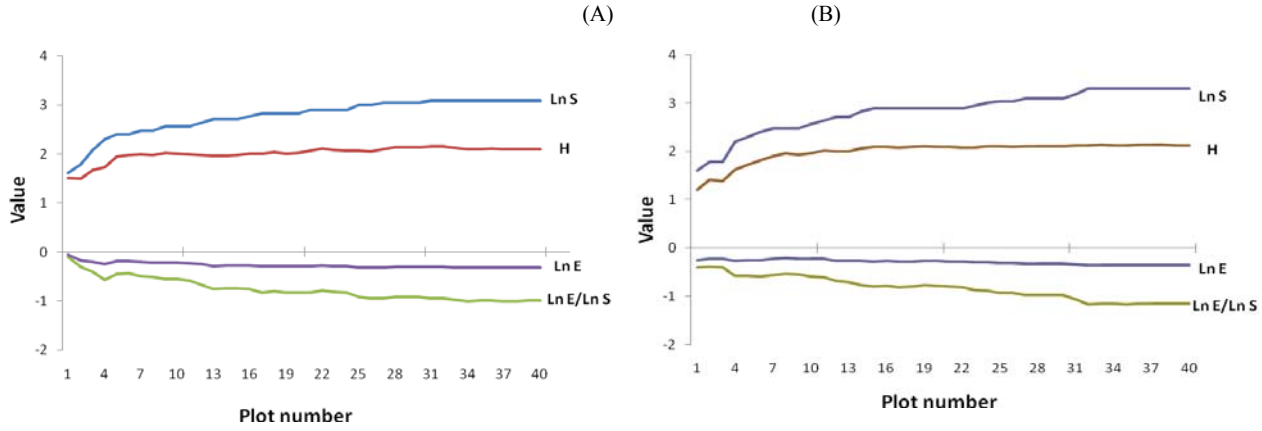
در منطقه حفاظت‌شده قرخود تغییرات شاخص تنوع شانون (H) و غنای گونه‌ای (S) افزایشی و مشابه یکدیگر بوده و روند تغییرات یکنواختی (E) در ابتدا تا پلات شماره ۱۵ کاهشی و سپس تقریبا ثابت بود. روند تغییرات مربوط به مؤلفه LnE/LnS نیز نیز تقریباً ثابت بود (شکل ۳). هایک و بوزاس (Hayek & Buzas, 1997) بیان داشتند زمانی که مؤلفه‌های تنوع و غنای گونه‌ای دارای روندی افزایشی و مؤلفه‌های یکنواختی و LnE/LnS دارای روند ثابت باشند، توزیع گونه‌ها در این جامعه از مدل عصای شکسته مک آرتور تبعیت می‌کند. بنابراین، با توجه به روند مؤلفه‌های مختلف توزیع جمیعت از ترکیبی از مدل‌های لوگ نرمال و عصای شکسته تبعیت می‌کند. مدل لوگ نرمال قبلاً توضیح داده شد، اما مدل عصای شکسته توزیع متعادل تر منابع بین گونه‌های جامعه را در مقایسه با مدل‌های دیگر نشان می‌دهد. توجه به شکل رتبه- وفور گونه‌ای در این منطقه ترکیبی از مدل‌های لوگ نرمال و عصای شکسته را نشان می‌دهد که در آن بجز یک گونه غالب سایر گونه‌ها تقریباً از درصد پوشش تاجی مشابه برخودار بوده و تعداد گونه‌های با درصد پوشش تاجی متوسط زیاد است که این امر نشان‌دهنده تقیسم متعادل‌تر منابع بین گونه‌ها است (شکل ۴).

ارزیابی میزان مشابهت روند تغییرات منحنی غنای گونه‌ای و یکنواختی با تنوع نشان می‌دهد که غنای گونه روند مشابهی را با تنوع در هر دو منطقه مورد مطالعه داشت، اما یکنواختی روندی مشابه را نشان نداده است. این امر نشان می‌دهد که در میزان تنوع، مؤلفه غنای گونه‌ای سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است. به این ترتیب با افزایش واحدهای نمونه‌برداری احتمال مشاهده گونه‌های جدید بیشتر است.

مقایسه منحنی‌های مربوط به تجزیه و تحلیل SHE در هر دو منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش واحدهای نمونه‌برداری منحنی‌های تنوع و غنای گونه‌ای در پارک ملی گلستان در مقایسه با منطقه حفاظت‌شده قرخود، تغییرات بیشتر و شیب بیشتری را داشته است. علاوه بر این، توجه به منحنی‌های یکنواختی و LnE/LnS نشان می‌دهد که در پارک ملی گلستان با افزایش تعداد واحدهای نمونه‌برداری تا واحد نمونه‌برداری چهلم یکنواختی و LnE/LnS روند کاهشی را نشان می‌دهند، این در حالی است که در منطقه حفاظت‌شده قرخود، یکنواختی در ابتدا روندی کاهشی با شیب بسیار ملایم و LnE/LnS روند ثابتی را نشان می‌دهند (شکل ۳). این امر نشان‌دهنده احتمال بیشتر مشاهده گونه‌های جدید با افزایش واحدهای نمونه‌برداری در پارک ملی گلستان نسبت به منطقه حفاظت‌شده قرخود است. بنابراین، با افزایش شدت نمونه‌برداری در پارک ملی گلستان احتمال مشاهده گونه‌های جدید در مقایسه با منطقه حفاظت‌شده قرخود بیشتر است.

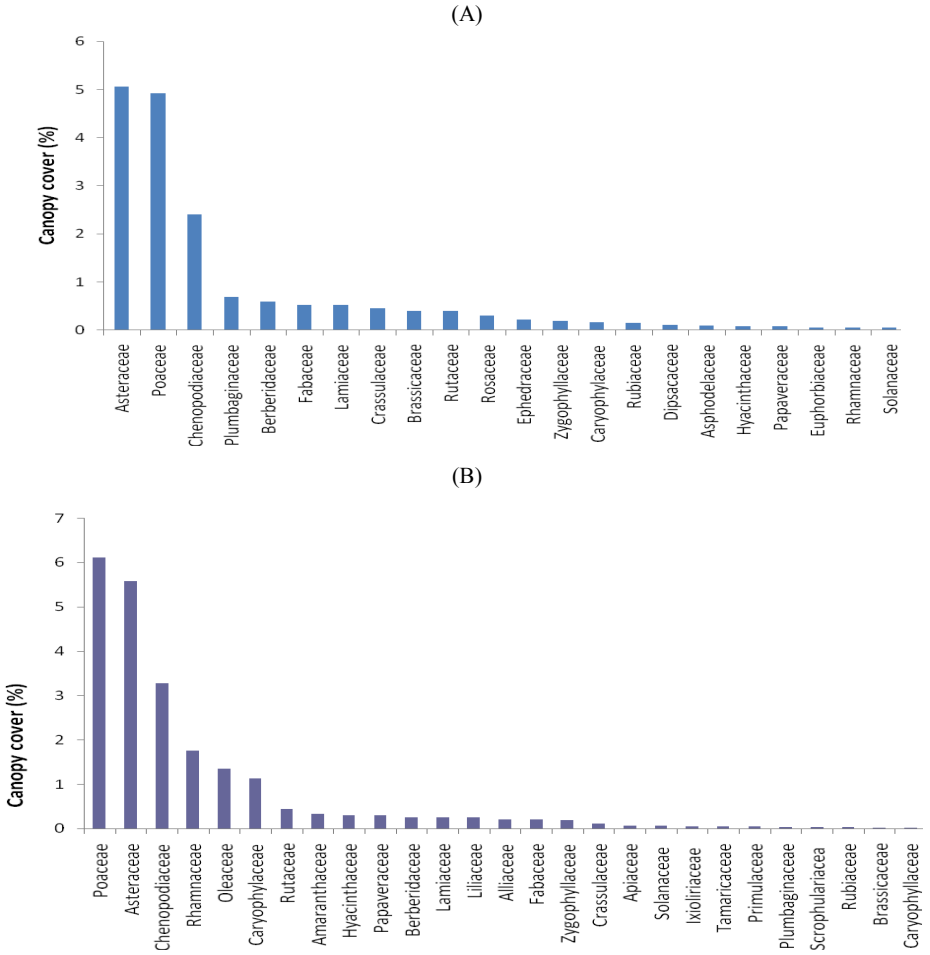
ارزیابی تجزیه و تحلیل SHE در سطح تیره‌های گیاهی نشان داد که در هر دو منطقه مورد مطالعه منحنی مربوط به غنای گونه‌ای دارای روندی افزایشی بود. منحنی مربوط به تنوع گونه‌ای در ابتدا دارای روندی افزایشی و سپس ثابت شد و منحنی مرتبط با یکنواختی نیز دارای روندی کاهشی بود. علاوه بر این، منحنی مربوط به مؤلفه LnE/LnS دارای روند تقریباً ثابتی بود (شکل ۵). هایک و بوزاس (Hayek & Buzas, 1997) بیان کردند، در تجزیه تحلیل SHE زمانی که مؤلفه‌های غنای گونه‌ای دارای روندی افزایشی، تنوع دارای روند ثابت و مؤلفه یکنواختی دارای روندی کاهشی باشد، توزیع گونه‌ها در این جامعه از مدل سری‌های لگاریتمی‌تبعیت می‌کند. علاوه بر این، زمانی که مؤلفه‌های تنوع و غنای گونه‌ای دارای روندی افزایشی و مؤلفه LnE/LnS دارای روند ثابت و همچنین مؤلفه یکنواختی دارای روند کاهشی باشد، توزیع گونه‌ها از مدل لوگ نرمال تبعیت می‌کند (Horton & Murray, 2006). با توجه به مشاهده هر دو این حالت‌ها در ارتباط با حضور تیره‌های گیاهی مشاهده شده در هر دو منطقه مورد مطالعه، می‌توان عنوان کرد که توزیع گونه‌ها از مدل‌های لوگ نرمال و سری‌های لگاریتمی‌تبعیت می‌کرد، اما با توجه به روند تقریباً ثابت تنوع در بیشتر طول منحنی مربوطه، الگوی مدل سری‌های لگاریتمی مشهودتر بود (شکل ۵).

بر اساس مدل توزیع سری لگاریتمی‌اکثر تیره‌های گیاهی مشاهده شده فراوانی کمی‌داشته و یک یا تعداد اندکی از تیره‌ها حداکثر فراوانی را داشتند. این امر در مورد تیره‌های گیاهی مشاهده شده در منطقه حفاظت‌شده قرخود کاملاً مشخص بود (شکل ۶ رتبه وفور). توجه به شباهت روند تنوع با غنای گونه‌ای و یکنواختی در هر دو منطقه مورد مطالعه، نشان می‌دهد که غنای گونه‌ای و یکنواختی به طور نسبتاً یکسان میزان تنوع را تحت تأثیر قرار داده‌اند و سهم مؤلفه‌های غنا و یکنواختی در تعیین تنوع داده‌های مربوط به تیره‌های گیاهی مشاهده شده تقریباً یکسان است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش تعداد نمونه‌ها گونه‌هایی که به فهرست اضافه می‌شوند ممکن است از تیره موجود در فهرست و یا از تیره‌هایی باشند که هنوز در فهرست ثبت نشده‌اند، باشند که امکان این امر تقریباً یکسان است.



شکل ۵- آنالیز SHE در سطح خانواده، الف) منطقه حفاظت‌شده قرخود و ب) پارک ملی گلستان

Fig. 5- SHE analysis of plant species in A- Ghorkhod protected area and B- Golestan National Park



شکل ٦- رتبه- وفور در سطح تیره، الف) منطقه حفاظت‌شده قرخود و ب) پارک ملی گلستان

Fig. 6- Rank abundance of plant families in A- Ghorkhod protected area and B- Golestan National Park

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان چنین عنوان داشت که شدت بیشتر سطح حفاظت در پارک ملی گلستان نسبت به منطقه حفاظت‌شده قرخود منجر به افزایش غنای گونه‌ای در مقیاس‌های مختلف نمونه‌برداری شده‌است. همچنین با افزایش شدت نمونه‌برداری احتمال مشاهده گونه‌های جدید در پارک ملی گلستان بیشتر بود که این امر نشان-دهنده درصد حضور گونه‌های بیشتر نسبت به منطقه حفاظت‌شده قرخود با چرای فصلی است.

منابع

Anonymous. 2012. Definitions and Introduction. http://www.doe.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=8dcca1ed-d2b6-4770-b44f-079f097d1da3. (In Persian)

Baghani, M., Sepehri, A., and Barani, H. 2009. The Role of SHE Analysis in Defining Species Diversity Components of Mountain Rangelands (Ziarat Basin, Gorgan). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16: 212-220. (In Persian(

Buzas, M.A., and Hayek, L.A.C. 1998. SHE analysis for biofacies identification. The Journal of Foraminiferal Research 28: 233-239.

Cousins, S.A.O., and Eriksson, O. 2008. After the hotspots are gone: Land use history and grassland plant species diversity in a strongly transformed agricultural landscape. Applied Vegetation Science 11: 365-374.

Grime, J.P. 1979. Plant Strategies and Vegetation Processes. Wiley, Chichester.

Haugo, R.D., Hall, S.A., Gray, E.M., Gonzalez, P., and Bakker, J.D. 2010. Influences of climate, fire, grazing, and logging on woody species composition along an elevation gradient in the eastern Cascades, Washington. Forest Ecology and Management 260: 2204-2213.

Hayek, L.C., and Buzas, M.A. 1997. Surveying Natural Populations. Columbia University Press, New York.

Heady, H.F., and Child, R.D. 1994. Rangeland Ecology and Management. West View Press, Oxford.

Horton, B.P., and Murray, J.W. 2006. Patterns in cumulative increase in live and dead species from foraminiferal time series of Cowpen Marsh, Tees Estuary, UK: Implications for sea-level studies. Marine Micropaleontology 58: 287-315.

Huston, M.A. 1999. Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. Oikos: 393-401.

Metzger, K.L., Coughenour, M.B., Reich, R.M., and Boone, R.B. 2005. Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. Journal of Arid Environments 61: 147-160.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B., and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Naveh, Z., Whittaker, R.H. 1979. Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. Vegetation 41.

Olszewski, T.D. 2004. A unified mathematical framework for the measurement of richness and evenness within and among multiple communities. Oikos 104: 377-387.

Pueyoa, Y., Aladosa, C.L., and Ferrer-Benimeli, C. 2006. Is the analysis of plant community structure better than common species-diversity indices for assessing the effects of livestock grazing on a Mediterranean arid ecosystem? Journal of Arid Environments 64: 698-712.

Reitalu, T., Johansson, L.J., Sykes, M.T., Hall, K., and Prentice, H.C. 2010. History matters: village distances, grazing and grassland species diversity. Journal of Applied Ecology. 47: 1216-1224.

Smith, R.S., and Rushton, S.P. 1994. The effects of grazing management on the vegetation of mesotrophic (meadow) grassland in Northern England. Journal of Applied Ecology 31: 13-24.

Spiegelberger, T., Matthies, D., Muller-Scharer, H., and Schaffner, U. 2006. Scale-dependent effects of land use on plant species richness of mountain grassland in the European Alps. Ecography 29: 1-8.

Stohlgren, T.J., Guenther, D.A., Evangelista, P.H., and Alley, N. 2005. Patterns of plant species richness, rarity, endemism, and uniqueness in arid landscape. Ecological Applications 15: 715-725.

Stohlgren, T.J., Schell, L.D., and Heuvel, B.V. 1999. How grazing and soil quality affect native and exotic plant diversity in Rocky Mountain grasslands. Ecological Applications 9: 45-64.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۸۳-۷۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 70-83

بررسی نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در شرایط تداخل علف هرز

میلاد باقری شیروان[1*]، فائزه زعفریان[2]، بهاره بیچرانلو[3] و قربانعلی اسدی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) رقم ساری با دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در شرایط تداخل علف‌های هرز، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان، ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ گاوزبان اروپایی و ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی در شرایط عدم وجین علف‌های هرز و کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز بود. نتایج نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط در کاهش تراکم و ماده خشک علف‌های هرز موفق‌تر از تیمارهای کشت خالص بود. نسبت ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان، تراکم نسبی علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به‌ترتیب ۴۷/۹۵٪ و ۵۲/۹٪ و ماده خشک علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به ترتیب ۶۸/۹۱ و ۶۱/۸۷٪ کاهش داد. افزایش سهم هر یک از گیاهان در مخلوط، افزایش تجمع ماده خشک آن گیاه را در پی داشت. ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی بر خلاف ارتفاع ریحان، با تداخل علف‌های هرز و در تیمارهای مخلوط افزایش یافت. عملکرد اقتصادی و بیولوژیک سویا در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی از مقدار بیشتری برخوردار بود. بیشترین شاخص برداشت سویا در نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان مشاهده شد که نسبت به کشت خالص سویا ۴/۹ درصد افزایش داشت. عملکرد ریحان و گاوزبان اروپایی نیز با افزایش ردیف‌های سویا در مخلوط کاهش یافت. بر اساس شاخص معادل سطح- زمان، تیمارهای ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و گاوزبان اروپایی (بر اساس عملکرد دانه) در مقایسه با کشت خالص به ترتیب ۳ و ۴ درصد برتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: تجمع ماده خشک، کنترل علف‌های هرز، نسبت معادل سطح- زمان

مقدمه

افزایش تمایل به مصرف و تولید دارو با منشا گیاهی، ارتقا جایگاه گیاهان دارویی را در مطالعات علمی به دنبال داشته است. از سوی دیگر کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی نقش مهمی را در ایجاد تنوع و پایداری در این سیستم‌ها ایفا می‌نماید (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012). حفظ کیفیت و پایداری تولید نسبت به کمیت محصول در زمینه گیاهان دارویی، اهمیت روش‌های مدیریت پایدار سیستم‌های کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (Salehi et al., 2011). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم نظام‌های کشاورزی استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم راستا با اهداف اکولوژیک (Raei et al., 2011)، افزایش کارایی مصرف منابع (Mushagalusa et al., 2008; Hauggaard-Nielsen et al., 2001) و پایداری عملکرد (Darbaghshahi et al., 2012; Biabani et al., 2008) را به همراه دارد. سودمندی کشت مخلوط و افزایش مجموع عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: bagheri_mi@yahoo.com)

اجزای آن در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) (Eskandari & Ghanbari, 2011)، ارقام سویا (Seyed Sharifi et al., 2004)، ذرت و لوبیای سودانی (*Cajanus cajan* L. Millsp.) (Myaka et al., 2006) و گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Ageenehu et al., 2008) گزارش شده است.

علاوه بر این، کشت مخلوط به‌وسیله جذب بیشتر منابع و کاهش میزان فراهمی منابع رشدی برای علف‌های هرز، کاهش رشد و توسعه آنها را به دنبال دارد (Rostami et al., 2009) که از این طریق می‌تواند به‌طور قابل توجهی از میزان کاربرد علف‌کش‌ها کاسته و افزایش ارزش اقتصادی سیستم و کاهش مخاطرات زیست محیطی را به ارمغان آورد (Fotohi Chianeh et al., 2012). در مطالعه‌ای کارایی بالای کشت مخلوط گندم و باقلا در فرونشانی علف‌های هرز نسبت به تک‌کشتی گندم گزارش شده است (Eskandari, 2011). کاهش تعداد و وزن خشک کل علف‌های هرز کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به تک‌کشتی نخود نیز مشاهده شده است (Hamzei et al., 2012). مطالعه دیگری سرکوبی توق (*Xanthium sibiricum* L.) توسط کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را گزارش کرده است (Yuan-quan et al., 2012).

در برخی از گزارشات نیز به کاهش رشد علف‌های هرز در حضور گیاهان دارویی در سیستم‌های چند کشتی اشاره شده است. کاهش وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نسبت به کشت خالص گزارش شده است (Alizadeh et al., 2010). در مطالعه دیگری بیان شده است که کشت مخلوط شمعدانی معطر (*Pelargonium* sp.) و نعناع صحرایی (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes) باعث کنترل رشد علف‌های هرز و کاهش ۴۰ درصدی زیست توده علف‌های هرز نسبت به کشت خالص شده است (Rajeswara Rao, 2002).

یکی از راهکارهای بررسی بهره‌وری کشت مخلوط استفاده از شاخص‌های سودمندی است. درصورتی‌که زمان تصرف زمین توسط اجزای کشت مخلوط متفاوت باشد، زمان یک عنصر مهم و نسبت معادل زمان–سطح[1] (ATER) مناسب‌ترین شاخص به منظور بررسی کارایی سیستم است (Seran & Brintha, 2009) و در مقایسه با نسبت برابری زمین شرایط ارزیابی بهتری را فراهم می‌نماید (Awal et al., 2007).

بر این اساس، این پژوهش با هدف مطالعه خصوصیات رویشی سویا (*Glycine max* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و بررسی امکان کنترل علف‌های هرز توسط سیستم چند کشتی گیاهان دارویی و زراعی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط سویا رقم ساری با دو گیاه دارویی ریحان و گاوزبان اروپایی تحت شرایط تداخل کامل علف‌های هرز در مزرعه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۷۵ متر بالاتر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۰–۱۳۸۹ اجرا گردید. بافت خاک محل آزمایش لومی دارای ۰/۱۴ درصد نیتروژن، ۱۶۸ ppm پتاسیم و ۳۷/۸ ppm فسفر با اسیدیته ۸/۲ بود. هدایت الکتریکی خاک ۳/۴ و حاوی ۱/۶ درصد ماده آلی نیز بود.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان (سه ردیف سویا، یک ردیف ریحان)، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان (دو ردیف سویا، دو ردیف ریحان)، ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان (یک ردیف سویا، سه ردیف ریحان) و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (۳ ردیف سویا، ۱ ردیف گاوزبان اروپایی)، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ گاوزبان اروپایی (۲ ردیف سویا: ۲ ردیف گاوزبان اروپایی) و ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی (یک ردیف سویا: سه ردیف گاوزبان اروپایی)، و کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط تداخل کامل علف‌های هرز بود. علاوه بر این، کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط کنترل کامل علف‌های هرز در هر تکرار منظور گردید. در تیمارهای تداخل کامل علف‌های هرز، هیچگونه عملیات کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد صورت نگرفت.

بذر سویا رقم ساری (JK)، ریحان رقم محلی و گاوزبان اروپایی در تاریخ ۱۰ خرداد ماه در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ متر مربع شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول چهار متر کشت گردید. در ابتدا بذور گاوزبان اروپایی و سویا به صورت کپه‌ای کشت گردید. به دلیل ریز بودن بذور ریحان قبل از کاشت با مقداری ماسه نرم مخلوط شد و سپس روی ردیف‌های کاشت پاشیده شد. به منظور دستیابی به فاصله روی ردیف که پنج سانتی‌متر برای ریحان و سویا و ۳۰ سانتی‌متر برای گاوزبان اروپایی در نظر گرفته شده بود، قبل از رسیدن گیاهان به مرحله ۴–۳ برگی عملیات تنک انجام گرفت. آبیاری کرت‌ها هر ده روز یکبار توسط سیستم آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. در تیمارهای کشت خالص بدون علف هرز در تمام فصل رشد و در صورت نیاز عملیات وجین علف‌های هرز انجام گرفت.

1- Area-time equivalent ratio

به منظور بررسی تغییرات ماده خشک در زمان، از ۵۰ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۵ روز و در مجموع پنج مرحله از کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری گیاهان واقع در ۳۰ سانتی‌متر طولی ازچهار ردیف میانی هر واحد (مساحتی معادل ۰/۶ مترمربع) برداشت گردید. نمونه‌های مربوط به هر کرت به صورت مجزا به منظور تعیین وزن خشک به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. برای ارزیابی تغییرات ماده خشک در زمان معادله سیگموئیدی (معادله ۱) و معادله نمایی درجه دوم (معادله ۲) به ترتیب بهترین برازش را با داده‌های حاصل از تغییرات ماده خشک سویا و گاوزبان اروپایی داشتند.

$$TDM_{soybean} = a/[1+\exp(-b(x-x_0))] \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، TDM: تجمع ماده خشک در زمان، a: حداکثر تجمع ماده خشک، b: شیب افزایش ماده خشک و x_0: زمانی است که گیاه بیشترین افزایش ماده خشک را دارد.

$$DM_{borage} = EXP\ (ax^2+bx+c) \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، TDM: تجمع ماده خشک در زمان و a، b و c: ضرایب معادله هستند.

ثبت روند تغییرات ارتفاع گیاهان در مراحل مختلف رشد به صورت هفته‌ای انجام گرفت. به منظور برازش داده‌های مربوط به تغییرات ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی از معادله (۳) سه پارامتری سیگموئیدی گامپرتز استفاده شد (Draper & Smith, 1981).

$$Height = H_{max}\ [EXP(b(EXP(c*x))] \quad \text{معادله (۳)}$$

در این معادله، Height: ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی (بر حسب سانتی‌متر)، H_{max}: بیشترین ارتفاع تخمینی آخر فصل گیاه، x: زمان (روز پس از کاشت) و b و c: ضرایب معادله هستند.

با توجه به دو دوره رویشی در ریحان و ثابت نشدن ماده خشک و ارتفاع، داده‌های مربوط به ماده خشک و ارتفاع آن با استفاده از رابطه خطی مورد برازش قرار گرفت (Alizadeh et al., 2010).

نمونه‌برداری از علف‌های هرز در سه مرحله (۷۵ و ۱۰۰ روز پس از کاشت و همزمان با برداشت) با استفاده از دو مرتبه پرتاب کوادرات ۰/۵×۰/۵ متر در چهار ردیف میانی هر کرت انجام گرفت. علف‌های هرز موجود در هر کوادرات از سطح زمین برداشت و پس از شناسایی و شمارش، به تفکیک هر کرت به منظور تعیین وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند.

بوته‌های سویا نیز در مرحله رسیدگی دانه (حدود ۱۳۵ روز پس از کاشت) از مساحت یک مترمربع برداشت و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آن محاسبه گردید.

ریحان در دو چین برداشت گردید. معیار برداشت هر دو چین وقوع مرحله ۱۰ درصد گلدهی هر کرت بود. برداشت چین اول ۲۰ مرداد ماه و برداشت دوم ۱۵ مهر ماه بود. به منظور حفظ قابلیت رشد مجدد، برداشت اول از ناحیه ۱۰-۸ سانتی‌متری سطح زمین انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی از سطح یک مترمربع در مزرعه توزین و برای تعیین وزن خشک در محیطی به دور از نور خورشید و در دمای اتاق پهن گردیدند. تا زمان خشک شدن نمونه‌ها به منظور جلوگیری از پوسیدگی زیر و رو شدند. پس از آن ساقه و برگ نمونه‌ها تفکیک و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شدند.

گلدهی گاوزبان اروپایی از اوایل مرداد تا اواسط مهر ماه ادامه داشت. برداشت‌های مکرر هر کرت از مساحت یک مترمربع در طول مدت گلدهی به‌عنوان عملکرد گل هر کرت منظور گردید. گل‌ها پس از برداشت توزین شده و سپس در شرایطی مانند پیکره رویشی ریحان خشک گردیدند. قبل از شروع گلدهی در چهار ردیف میانی هر کرت مساحت یک مترمربع به منظور دستیابی به بذر گاوزبان اروپایی علامت‌گذاری شد، در این ناحیه برداشت گل انجام نگرفت و بذور در حین رسیدگی برداشت شد. در زمان رسیدگی گیاه کل بوته‌های یک متر مربع برداشت و وزن خشک آنها محاسبه گردید.

با توجه به تفاوت در زمان تصرف زمین توسط اجزای کشت مخلوط، با استفاده از معادله (۴) (نسبت برابری سطح-زمان[1]) سودمندی عملکرد اجزای کشت مخلوط در شرایط اختلاط نسبت به تک‌کشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی به ترتیب ۱۳۵، ۱۲۵ و ۱۲۰ روز در سیستم کشت مخلوط حضور داشتند.

معادله (۴)

$$ATER = [\{(Ysi \div Ys) \times ts\} + \{(Ypi \div Yp) \times tp\}] \div T$$

در این معادله، ts و tp: به‌ترتیب بیانگر مدت زمان حضور گیاه سویا و مدت زمان حضور گیاه ریحان یا گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط است. T: نشان‌دهنده طول حضور سیستم کشت مخلوط است. در صورتی که عدد حاصل از این نسبت از واحد بزرگتر باشد، کشت مخلوط افزایش رشد و عملکرد گونه‌های مورد اختلاط را در پی داشته است و در صورتی که این عدد کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده اثرات منفی کشت مخلوط روی رشد و عملکرد گونه‌های کشت شده می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش به روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[2] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای این منظور از نرم افزار SAS (Ver.9.2) استفاده گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2010 و برازش داده‌ها از نرم-افزار Sigmaplot (ver. 11) استفاده شد.

1- Area-time equivalent ratio (ATER)
2- Least significant difference

نتایج و بحث

تراکم و زیست توده علف‌های هرز

علف‌های هرز شناسایی شده در مزرعه در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به این جدول سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) و تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) علف‌های هرز غالب مزرعه بودند.

بیشترین تراکم نسبی علف‌های هرز (۷۴/۳۳ بوته در مترمربع) در تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان مشاهده شد که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای کشت خالص گاوزبان اروپایی و سویا و تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان نداشت. کمترین تراکم نسبی علف‌های هرز نیز در نسبت ۵۰ درصدی سویا و ریحان مشاهده شد. این نسبت تراکم نسبی علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به ترتیب ۴۷/۹۵٪ و ۵۲/۹٪ کاهش داد. البته اختلاف معنی‌داری میان این نسبت با نسبت‌های ۵۰:۵۰ سویا: گاوزبان اروپایی و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان مشاهده نشد (شکل ۱-الف). مهار تششع توسط کانوپی کشت مخلوط و عدم رسیدن نور به کف کانوپی باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز می‌گردد (Rostami et al., 2009). کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط گندم و نخود در مقایسه با کشت خالص نیز گزارش شده است (Banik et al., 2006).

بیشترین زیست توده علف‌های هرز (۱۲۹۹/۲ گرم بر مترمربع) مربوط به تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی بود. کمترین مقدار ماده خشک علف‌های هرز نیز در حضور ۷۵ و ۵۰ درصدی سویا در میان ردیف‌های ریحان مشاهده شد (شکل ۱- ب). در واقع کشت مخلوط سویا با ریحان، در سرکوب کردن علف‌های هرز مؤثرتر از کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی عمل کرد (شکل ۱). احتمالاً در این برتری فاصله روی ردیف کمتر در سویا و ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی نیز دخیل باشد. نسبت ۵۰:۵۰ سویا و ریحان ۶۸/۹۱ درصد در مقایسه با کشت خالص ریحان و ۶۱/۸۷ درصد در مقایسه با کشت خالص سویا وزن خشک علف‌های هرز را کاهش داد (شکل ۱- ب).

در بین تیمارهای مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی نیز کمترین ماده خشک علف‌های هرز مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا و گاوزبان اروپایی بود. بین تیمارهای خالص، ریحان از بیشترین ماده خشک علف‌های هرز برخوردار بود که البته با تک‌کشتی دو گیاه دیگر در یک سطح آماری قرار داشت (شکل ۱- ب). به طور کلی، با افزایش نسبت سویا در مخلوط از میزان تراکم و بیوماس علف‌های هرز کاسته شد (شکل ۱). بنابراین، می‌توان گفت که پر کردن فضای بین ردیف‌های ریحان و گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط با استفاده از سویا از قابلیت رشد علف‌های هرز می‌کاهد (Rajeswara Rao, 2002). در مطالعه کشت مخلوط گندم و باقلا اذعان شده است که ماده خشک علف‌های هرز به طور میانگین از ۴۰/۴ گرم بر مترمربع در کشت خالص به ۳۱/۱ گرم بر مترمربع در کشت مخلوط کاهش یافت (Agegnehu et al., 2008). در کشت مخلوط ذرت و کدو (*Cucurbita* sp.) نیز موفقیت کشت مخلوط در کاهش ماده خشک علف‌های هرز نسبت به کشت خالص اظهار شده است، در این گزارش کاهش ۴۱ درصدی ماده خشک علف‌های هرز در برخی از نسبت‌های کشت مخلوط نیز گزارش شده است (Ghanbari et al., 2010). در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر روی کنترل علف‌های هرز نیز اذعان شده است که کمترین میزان ماده خشک علف‌های هرز مربوط به نسبت ۶۷٪ ذرت: ۳۳٪ لوبیا چشم بلبلی بوده است (Jamshidi et al., 2011).

میزان تجمع ماده خشک

میزان تجمع ماده خشک در سویا از یک روند سیگموئیدی تبعیت کرد، به طوری که در تمامی تیمارها از حدود ۵۰ روز پس از کاشت سیر صعودی در میزان تجمع ماده خشک آغاز شد و در ۹۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید، سپس شروع به کاهش نمود (شکل ۲). اختلاف بین تیمارهای آلوده و عاری از علف هرز کشت خالص بعد از ۶۵ روز پس از کاشت نمود پیدا کرد. در شرایط تداخل علف هرز، تجمع ماده خشک سویا در کشت خالص سویا بیشتر از تیمارهای مخلوط بود. کاهش میزان ماده خشک سویا در حضور توام تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و تاتوره (*Datura stramonium* L.) در تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی به دلیل افت شدید منابع غذایی نیز گزارش شده است (Zaefarian et al., 2009).

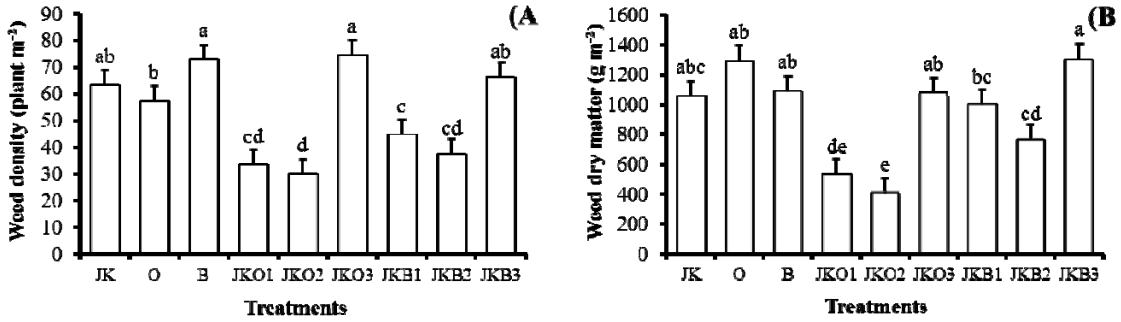
میزان تجمع ماده خشک در سویا در تمامی مراحل رشد به غیر از مرحله دوم نمونه‌برداری (۶۵ روز پس از کاشت) در کشت مخلوط با ریحان بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

به‌طور کلی، با افزایش سهم ریحان و گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط از ماده خشک سویا کاسته شد (شکل ۲). کاهش معنی‌دار تجمع ماده خشک گندم و ذرت در شرایط اختلاط نسبت به کشت خالص نیز گزارش شده است (Nasiri Mahallati et al., 2011). حداکثر ماده خشک سویا در تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای مخلوط بود، در حالی‌که بین تیمارهای ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان و گاوزبان اروپایی اختلاف معنی‌داری از لحاظ حداکثر ماده خشک سویا مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است). حضور علف‌های هرز در کشت خالص ریحان در چین دوم مشهودتر بود. احتمالاً برداشت چین اول ریحان و ایجاد فضای خالی، شرایط مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده است.

جدول ۱- فراوانی نسبی گونه‌های هرز شناسایی شده در مزرعه

Table 1- Relative abundance of weed species in experimental site

نام فارسی Persian name	نام انگلیسی English name	نام علمی Scientific name	فراوانی نسبی (درصد) Relative abundance (%)
سلمه‌تره	Lambs quarters	*Chenopodium album* L.	83.68
تاجریزی سیاه	Black nightshade	*Solanum nigrum* L.	10.35
تاج خروس	Amaranth	*Amarathus* sp.	3.35
گاو چاق کن	Sow thisles	*Sonchus* sp.	1.4
پیچک صحرایی	Field bindweed	*Convolvolus arvensis* L.	0.7
آفتاب پرست	Heliotrope	*Heliotropium europaeum* L.	0.51



شکل ۱- تراکم (الف) و وزن خشک (ب) علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 1- Weed density (a), and biomass (b) in different sampling stages

JK: کشت خالص سویا، O: کشت خالص ریحان، B: کشت خالص گاوزبان اروپایی، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪، JKB_1: سویا ۷۵ ٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪، JKB_2: سویا ۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪، JKB_3: سویا۲۵ ٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪

JK: sole cropping of soybean with weed interference, O: sole cropping of sweet basil with weed interference, B: sole cropping of borage with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil75%, JKB_1: soybean75%: borage25%, JKB_2: soybean 50%: borage50%, JKB_3: soybean 25%: borage 75%

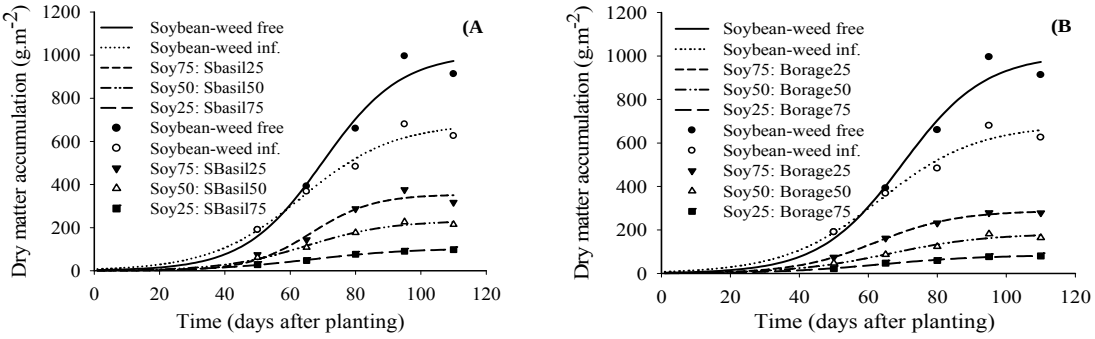
* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

در چین اول، تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان بین تیمارهای مخلوط از تجمع ماده خشک بیشتری برخوردار بود. این درحالی بود که در دوره رشدی دوم اختلاف زیادی میان تیمارهای مخلوط مشاهده نشد. به‌طور کلی، با افزایش سهم سویا در مخلوط از میزان تجمع ماده خشک ریحان کاسته شد (شکل ۳-الف).

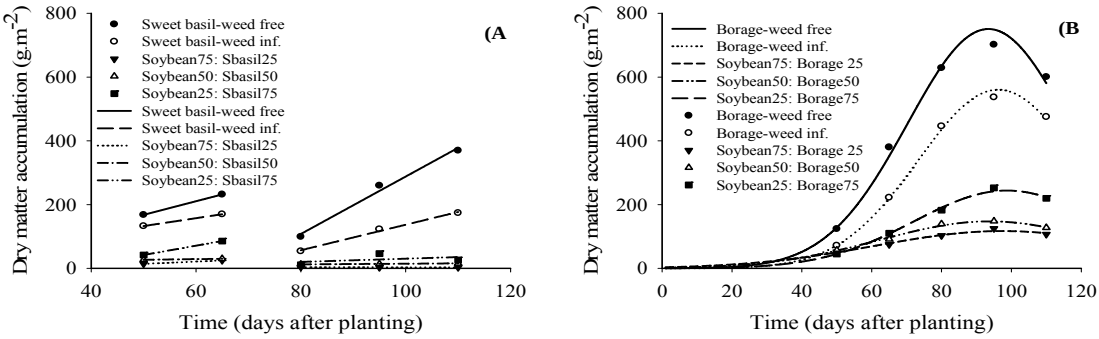
تغییرات میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی نیز همانند سویا روند مشابهی را دنبال کرد و در ۹۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید، اما میزان کاهش تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود شدیدتر بود (شکل ۳-ب).

بر خلاف سویا، اختلاف بین تیمارهای خالص گاوزبان اروپایی از ۴۰ روز پس از کاشت نمایان شد. این درحالی بود که اختلاف بین تیمارهای مخلوط گاوزبان اروپایی با سویا از ۶۵ روز پس از کاشت مشاهده شد، که احتمالاً حضور سویا تاثیر علف‌های هرز را به تأخیر انداخته است (شکل ۳-ب). در واقع حضور سویا به عنوان یک گونه همراه بسته شدن کانوپی را تسریع کرده و از طریق سایه‌اندازی روی علف‌های هرز فشار رقابتی آنها را بر گاوزبان اروپایی کاهش داده است (Rostami et al., 2009). میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی در طول فصل رشد در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط برتری داشت (شکل ۳- ب). کاهش تجمع ماده خشک زعفران در تیمارهای مخلوط با سه نوع بابونه (*Matricaria chamomilla* L., *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip., *Anthemis nobilis* (L.) All.) در مقایسه با کشت خالص نیز گزارش شده است (Naderi Darbaghshahi et al., 2012). در مطالعه حاضر بین تیمارهای مخلوط از نظر حداکثر میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است).



شکل ۲- تغییرات ماده خشک سویا در کشت مخلوط با ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 2- Dry matter accumulation of soybean intercropped with sweet basil (a), and borage (b)

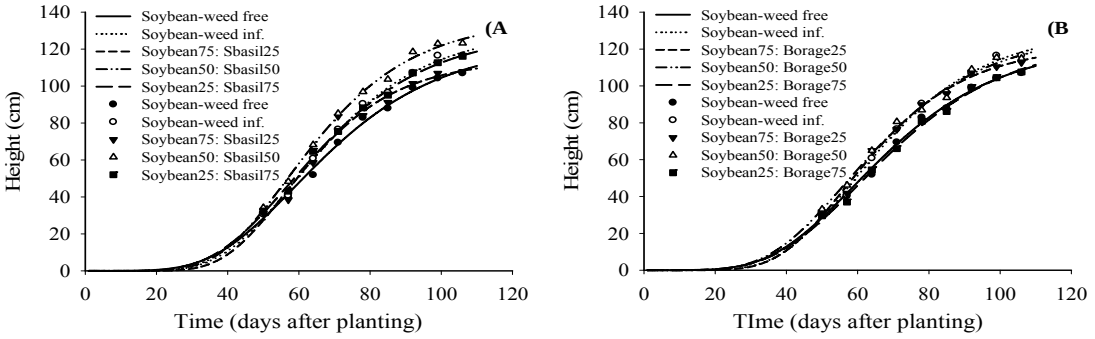


شکل ۳- تغییرات ماده خشک ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب) در کشت مخلوط با سویا

Fig. 3-Dry matter changes of sweet basil (a), and borage (b) intercropped with soybean

تغییرات ارتفاع

تداخل علف‌های هرز و حضور ریحان و گاوزبان اروپایی در میان ردیف‌های سویا، افزایش ارتفاع سویا را به دنبال داشت. اختلاف ارتفاع بین تیمارها در کشت مخلوط سویا با ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی نمایان‌تر بود و از ۵۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۴). بیشترین ارتفاع سویا در کشت مخلوط با ریحان مربوط به نسبت ۵۰:۵۰ سویا و ریحان بود (شکل ۴- الف).

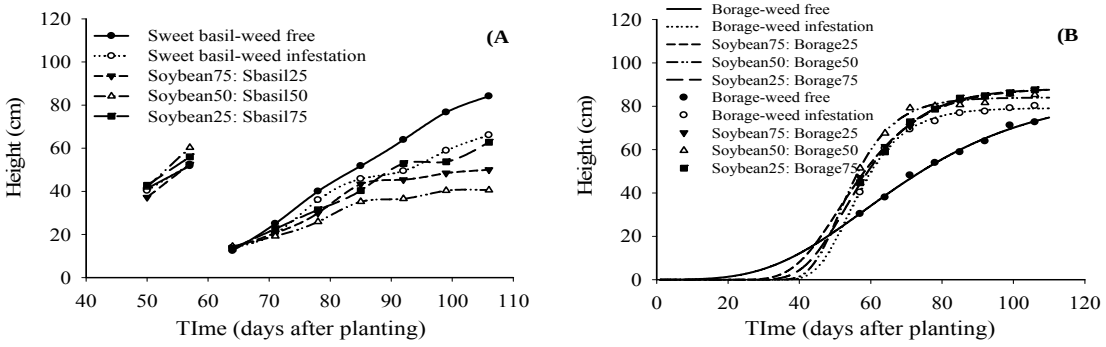


شکل ٤- تغییرات ارتفاع سویا در کشت مخلوط با ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 4- Height changes of soybean intercropped with sweet basil (a), and borage (b)

اختلاف ارتفاع ریحان بین تیمارها در چین دوم بارزتر بود. بیشترین ارتفاع ریحان در چین اول مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا و ریحان بود. در چین دوم، بیشترین ارتفاع ریحان در مراحل مختلف نمونه‌برداری در کشت خالص عاری از علف هرز مشاهده شد (شکل ۵-الف). در بررسی امکان کنترل اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.) با استفاده از کشت مخلوط پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، سویا و کنجد (*Sesamum indicum* L.)، بیشترین ارتفاع پنبه در کشت خالص با وجین مشاهده گردیده است و کاهش ارتفاع پنبه همراه با افزایش ردیف‌های هر یک از گیاهان در کشت مخلوط و عدم وجین علف‌های هرز در کشت خالص گزارش شده است (Iqbal et al., 2007). در کشت خالص ریحان تحت شرایط کنترل علف هرز، فضای آزاد بیشتری در اختیار ریحان قرار گرفته و احتمالاً به دلیل کاهش رقابت برای نور و مواد غذایی شرایط محیطی مناسبی برای افزایش رشد و ارتفاع ریحان فراهم شده است (Shah et al., 2011). در چین دوم، نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان کمترین ارتفاع را در بین تیمارها داشت. ارتفاع ریحان در نسبت ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان از ۸۵ روز پس از کاشت شروع به افزایش کرد و نسبت به دو تیمار مخلوط در سطح بالاتری قرار گرفت (شکل ۵- الف).

بررسی تغییرات ارتفاع گاوزبان اروپایی در زمان نشان داد که از ۴۰ روز پس از کاشت ارتفاع گاوزبان اروپایی در کشت خالص عاری از علف هرز نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت و تا پایان فصل رشد در مقایسه با سایر تیمارها کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۵-ب). در بین سایر تیمارها نیز اختلاف چندانی مشاهده نشد، اما با این حال کشت خالص گاوزبان در شرایط آلوده به علف هرز از ارتفاع کمتری نسبت به تیمارهای مخلوط برخوردار بود (شکل ۵- ب). افزایش ارتفاع جو و نخود در تیمارهای مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و در تیمارهای آلوده نسبت به تیمارهای بدون علف هرز گزارش شده است (Hamzei et al., 2012).



شکل ۵- تغییرات ارتفاع ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب) در کشت مخلوط با سویا
Fig. 5- Height changes of sweet basil (a), and borage (b) intercropped with soybean

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت سویا
Table 2-Analysis of variance for biological and seed yield and harvest index of soybean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	736239.1	174977.17	64.043379
تیمار Treatment	7	20266233***	2935886.74***	30.3648851**
خطا Error	14	62962.5	8050.6	5.7849458
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	5.97	6.12	7.05

** و ***: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۰/۰۱ درصد
** and ***: are significant at 1 and 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک، اقتصادی (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت سویا

Table 3-Effect of treatments on biological and seed yield (kg.ha^{-1}) and harvest index of soybean

تیمارها Treatments	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم بر هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)
کشت خالص سویا- بدون علف هرز Soybean-weed free	9815a*	3636.67a	37.04ab
کشت خالص سویا-با علف هرز Soybean-weed infestation	5523.3b	1802b	32.58cde
سویا۷۵٪+ ریحان۲۵٪ Soybean$_{75}$: sweet basil$_{25}$	4600c	1690b	36.7abc
سویا ۵۰٪+ ریحان۵۰٪ Soybean$_{50}$: sweet basil$_{50}$	3130e	1216c	38.86a
سویا ۲۵٪+ ریحان ۷۵ ٪ Soybean$_{25}$: sweet basil$_{75}$	2281f	690.67e	31.01de
سویا ۷۵٪+ گاوزبان اروپایی ۲۵٪ Soybean$_{75}$: borage$_{25}$	3836.7d	1265c	32.94bcde
سویا۵۰٪+ گاوزبان اروپایی۵۰٪ Soybean$_{50}$: borage$_{50}$	2856.7e	969.33d	34.02bcd
سویا ۲۵٪+ گاوزبان اروپایی ۷۵٪ Soybean$_{25}$: borage$_{75}$	1538.3g	453.67f	29.68e

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

عملکرد سویا

تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک و اقتصادی ($p\leq$۰/۰۰۱) و شاخص برداشت سویا ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی سویا مربوط به کشت خالص سویا در شرایط عاری از علف هرز بود (جدول ۳).

کاهش نسبت سویا در سطوح مختلف کشت مخلوط، کاهش عملکرد سویا را در مقایسه با تک‌کشتی به دنبال داشت. این افزایش به دلیل بیشتر بودن تعداد بوته‌های سویا در کشت خالص دور از انتظار نبود، اما با این حال کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه سویا در نسبت ۷۵ درصدی سویا با ریحان در مقایسه با کشت خالص آلوده به علف هرز مشاهده نشد (جدول ۳). در آزمایش دیگری نیز عدم اختلاف معنی‌دار بین تک‌کشتی کنجد (با بالاترین عملکرد) و نسبت‌های ۷۵٪ کنجد: ۲۵٪ نخود و ۵۰٪ کنجد: ۵۰٪ نخود به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای گزارش شده است (Pouramir et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و کدو نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار کشت خالص ذرت بدون علف هرز و پس از آن در کشت خالص ذرت بدون وجین مشاهده شده است، علاوه بر این کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت همزمان با افزایش سهم کدو در مخلوط در تیمارهای آلوده به تاج خروس، بنگدانه و سایر علف‌های هرز گزارش شده است (Ghanbari et al., 2010). عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سویا در کشت مخلوط با ریحان از مقدار بیشتری نسبت به کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی برخوردار بود، به طوری که عملکرد دانه سویا در نسبت ۵۰:۵۰ سویا با ریحان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی نداشت (جدول ۳).

شاخص برداشت سویا در نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و گاوزبان اروپایی و ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان و گاوزبان اروپایی بیشتر از کشت خالص آلوده به علف هرز بود. نسبت ۵۰:۵۰ سویا با ریحان از شاخص برداشت بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها و حتی کشت خالص سویا در شرایط عاری از علف هرز برخوردار بود. به‌طور کلی، سویا در کشت مخلوط با ریحان، سرمایه گذاری به تولید بذر را در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی افزایش داده بود (جدول ۳). در کشت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.)، کاهش شاخص برداشت ذرت همزمان با افزایش سهم خیار در مخلوط گزارش شده است. در این آزمایش تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای آلوده و عاری از علف هرز مشاهده نشده است (Ghanbari et al., 2004). شاخص برداشت نخود و عدس (*Lens culinaris* L.) در تیمارهای کشت مخلوط با گندم بیشتر از کشت خالص گزارش شده است (Das et al., 2011). بالاتر بودن شاخص برداشت نشان‌دهنده این است که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به سایر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است (Mirhashemi et al., 2009).

عملکرد ریحان

عملکرد ریحان در هر دو چین برداشت تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۰۱) (جدول ۴). در هر دو چین

بیشترین وزن تر اندام هوایی و خشک برگ و اندام هوایی ریحان مربوط به کشت خالص ریحان در شرایط عاری از علف هرز بود. در شرایط تداخل علف هرز نیز بیشترین مقدار عملکرد ریحان در تک‌کشتی این گیاه به ثبت رسید (جدول ۴).

کاهش عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در کشت مخلوط با ذرت نسبت به کشت خالص هر یک از این گیاهان گزارش شده است (Begum et al., 2010). در شرایط عاری از علف هرز عملکرد ریحان در چین دوم با افزایش چشمگیری روبرو بود، همچنین عدم کنترل علف‌های هرز کاهش عملکرد ریحان را در چین دوم نسبت به چین اول در پی داشت (جدول ۴). عملکرد برگ ریحان در چین دوم نسبت به چین اول در کشت خالص و تیمارهای ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵: ۷۵ سویا: ریحان به ترتیب برابر با ۴۶/۰۴، ۹۶/۲۸، ۹۶/۱۹ و ۵۸/۵۶ درصد کاهش داشت (جدول ۴). احتمالاً فاصله بین برداشت اول ریحان تا شروع رشد مجدد آن، فرصت مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده و از این طریق باعث کاهش شدید عملکرد در چین دوم شده است. بیشترین مجموع عملکرد خشک و تر اندام رویشی ریحان حاصل از دو چین رویشی، در کشت خالص ریحان عاری از علف هرز و پس از آن در تیمار خالص آلوده به علف هرز مشاهده شد. در تیمارهای مخلوط بین تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا؛ ریحان اختلاف معنی‌داری از نظر مجموع عملکرد خشک و تر ریحان مشاهده نشد (شکل ۶- الف). اختلاف بین عملکرد ساقه و برگ خشک شده ریحان در تیمارهای خالص بیشتر از تیمارهای مخلوط بود. مانند سایر صفات مورد بررسی در ریحان، تداخل علف هرز و حضور سویا از میزان عملکرد ساقه و برگ این گیاه کاست (شکل ۶- ب). بر خلاف این نتایج، در آزمایشی که مربوط به مطالعه کشت مخلوط نعناع (*Mentha pipertia* L.) و سویا بود، بیشترین عملکرد ساقه و برگ نعناع در تیمارهای مخلوط گزارش شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003).

اختلافی از نظر نسبت برگ به ساقه در چین اول بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد. در چین دوم بالاترین نسبت برگ به ساقه (۱/۳۹) مربوط به کشت خالص ریحان در شرایط عاری از علف هرز بود. در بین تیمارهای آلوده به علف هرز بالاترین مقدار نسبت برگ به ساقه مربوط به تیمار ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان بود (۰/۸۷) که با تیمار کشت خالص اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷). در کشت مخلوط نعناع با سویا نیز بالاترین درصد برگ نعناع در تیمارهای مخلوط گزارش شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003).

جدول ٤- عملکرد تر و خشک اندام هوایی و عملکرد خشک برگ ریحان در دو چین ریحان

Table 4- Fresh yield and dry yield of shoot and dry yield of leaves in both harvest of sweet basil

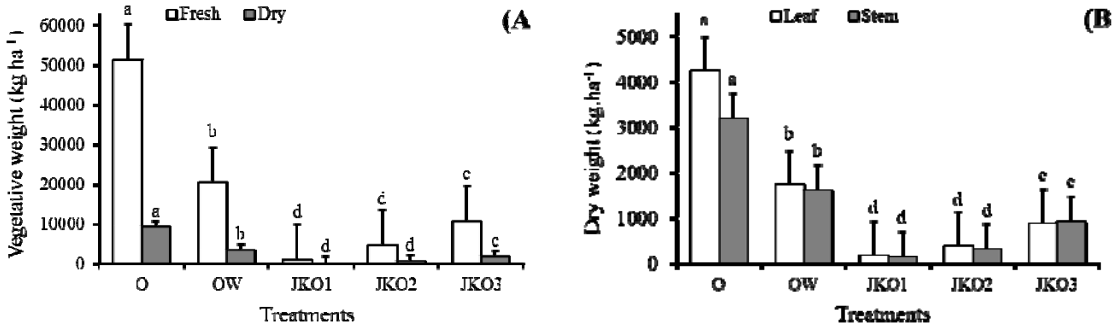
تیمارها Treatments	عملکرد چین اول ریحان (کیلوگرم بر هکتار) First harvest yield (kg.ha^{-1})			عملکرد چین دوم ریحان (کیلوگرم بر هکتار) Second harvest yield (kg.ha^{-1})		
	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
کشت خالص ریحان- بدون علف Sweet basil-weed free	16523a*	1410.23a	2466.7a	34763a	2835.9a	4872.5a
کشت خالص ریحان- با علف هرز Sweet basil-weed infestation	12587b	1128.03b	2018.1b	7763b	608.7b	1331b
سویا ۷۵٪+ ریحان ۲۵٪ Soybean$_{75}$: sweet basil$_{25}$	927e	169.35e	307.6e	72d	6.3c	15.9d
سویا۵۰٪+ ریحان ۵۰٪ Soybean$_{50}$: sweet basil$_{50}$	4454d	373.17d	666.9d	222d	14.2c	30.4d
سویا۲۵٪+ ریحان۷۵٪ Soybean$_{25}$: sweet basil$_{75}$	6993c	626.43c	1154.8c	3592c	259.6c	363.5c
سطح معنی‌داری Significant level	***	***	***	***	***	***
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	15.84	11.53	12.28	17.39	21.56	20.67

***: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد

***: is significant at 0.01 probability level.

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.



شکل ٦- وزن تر و خشک کل ریحان (الف) و ماده خشک ساقه و برگ ریحان (ب)

Fig. 6- Total fresh and dry yield of sweet basil (a), Dry stem and leaf yield of sweet basil (b)

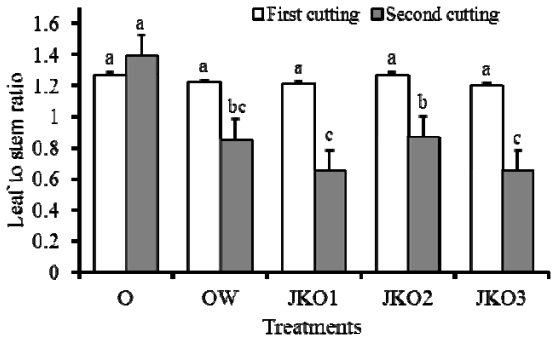
O: کشت خالص ریحان بدون علف هرز، OW: کشت خالص ریحان با علف هرز، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪

O: sole cropping of sweet basil without weed, OW: sole cropping of sweet basil with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil 75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر بخش در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each part and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

نسبت برگ به ساقه ریحان در تیمارهای ۷۵٪ و ۲۵٪ سویا با ریحان بدون اختلاف آماری در پایین‌ترین مقدار خود قرار داشت (شکل ۷). در مطالعه کشت مخلوط ریحان و لوبیا نیز، عدم اختلاف معنی‌دار تیمارهای آزمایش از نظر نسبت برگ به ساقه ریحان در چین اول گزارش شده است (Alizadeh et al., 2010). آنها در این آزمایش افزایش نسبت برگ به ساقه در تیمارهای کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص در چین دوم گزارش کرده‌اند. در کشت مخلوط ذرت با دو گیاه تاج خروس و ماش بیشترین نسبت برگ به ساقه در هر یک از گیاهان در کشت خالص آنها گزارش شده است (Aynehband et al., 2010).



شکل ۷- نسبت برگ به ساقه ریحان در چین‌های مختلف ریحان

Fig. 7- Leaf to stem ratio in sweet basil harvest different (a), and Total fresh and dry yield of sweet basil (b)

O: کشت خالص ریحان بدون علف هرز، OW: کشت خالص ریحان با علف هرز، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا ۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪

O: sole cropping of sweet basil without weed, OW: sole cropping of sweet basil with weed interference, JKO_1: soybean75%: sweet basil25%, JKO_2: soybean50%: sweet basil50%, JKO_3: soybean25%: sweet basil75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر چین در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each harvest and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

جدول ۵- تاثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد گل تر و خشک، وزن خشک بوته و عملکرد بذر گاوزبان اروپایی
Table 5- Effect of treatments on fresh and dry flower yield, plant dry weight and seed yield of borage

تیمارهای آزمایش Treatments	عملکرد گل (کیلوگرم بر هکتار) Flower yield ($kg.ha^{-1}$)		وزن خشک بوته (کیلوگرم بر هکتار) Plant dry weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بذر (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
	وزن تر Fresh yield	وزن خشک Yield Dry		
کشت خالص گاوزبان اروپایی-بدون علف Borage-weed free	595.7a*	110.46a	4619a	40.63a
کشت خالص گاوزبان اروپایی- با علف هرز Borage-weed infestation	234b	51.143b	2999.6b	13.94b
سویا ۷۵٪+ گاوزبان اروپایی ۲۵٪ $Soybean_{75}$: $borage_{25}$	9.81d	2.28d	553.4d	5.61e
سویا۵۰٪+ گاوزبان اروپایی۵۰٪ $Soybean_{50}$: $borage_{50}$	47.29cd	9.81cd	1415c	7.18d
سویا۲۵٪+ گاوزبان اروپایی۷۵٪ $Soybean_{25}$: $borage_{75}$	117.26c	21.08c	1555.8c	10.97c
سطح معنی‌داری Significant level	***	***	***	***
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	19.01	21.62	19.65	4.63

***: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد
***: is significant at 0.01 probability level

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

عملکرد گاوزبان

عملکرد گل، وزن خشک بوته و عملکرد بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر معنی‌دار (در سطح احتمال $p\leq۰/۰۱$) تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۵).

افزایش نسبت سویا در اختلاط با گاوزبان اروپایی نیز باعث کاهش عملکرد اندام‌های مختلف این گیاه شد (جدول ۵). در مطالعه کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان اروپایی نیز بیشترین و کمترین عملکرد دانه گاوزبان اروپایی به ترتیب در تیمار کشت خالص گاوزبان اروپایی و الگوی چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان اروپایی گزارش شده است (Koocheki et al., 2012). بیشترین عملکرد گاوزبان اروپایی در شرایط عاری از علف هرز به‌دست آمد. وزن خشک بوته و عملکرد بذر به ترتیب کمترین و بیشترین تأثیر را از حضور علف هرز متحمل شدند (جدول ۵). کاهش ۵۳/۴ درصدی عملکرد نعناع صحرایی در کشت مخلوط با شمعدانی معطر گزارش شده است (Rajeswara Rao, 2002).

حداقل نسبت سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و عملکرد گل خشک گاوزبان اروپایی را به ترتیب برابر با ۴۸/۱۳، ۲۱/۳ و ۵۸/۷۸ درصد نسبت به کشت خالص با تداخل علف هرز کاهش داد (جدول ۵). کاهش ۵۴ درصدی عملکرد دانه گندم در کشت مخلوط با نخود و در شرایط عدم وجین علف‌های هرز گزارش شده است (Banik et al., 2006). این کاهش عملکرد در کشت مخلوط گندم و نخود در شرایط کنترل علف‌های هرز ۱۲/۷ درصد بود. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز نیز عملکرد دانه ذرت و لوبیا قرمز در کشت خالص به ترتیب ۳۰ و ۳۸ درصد بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط گزارش شده است. دلیل این برتری وجود تراکم کمتر گیاهان در تک‌کشتی نسبت به کشت مخلوط و همچنین افزایش میزان رقابت بین گونه‌ای جهت بهره‌وری از منابع محیطی و به دنبال آن ایجاد محدودیت‌ها برای دو گیاه زراعی در کشت مخلوط بیان شده است (Fotohi Chianeh et al., 2012).

نسبت برابری سطح- زمان (ATER) [1]

نسبت برابری سطح- زمان بر اساس وزن خشک گل گاوزبان اروپایی، در تیمار ۷۵٪سویا: ۲۵٪ریحان بالاتر از واحد بود (۱/۰۳)، دلیل این برتری نیز مربوط به ATER جزیی سویا بود. ATER جزیی سویا در اختلاط با ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی از مقدار بالاتری برخوردار بود (شکل ۸- الف) که می‌تواند به دلیل کاهش رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی باشد (شکل ۸). در واقع از دلایل سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی، کاهش علف‌های هرز و پایداری در استفاده از منابع می‌باشد (Shaygan et al., 2008). در واقع کاهش علف‌های هرز باعث وجود فضای بیشتر و کاهش رقابت بین گونه‌ای شده است

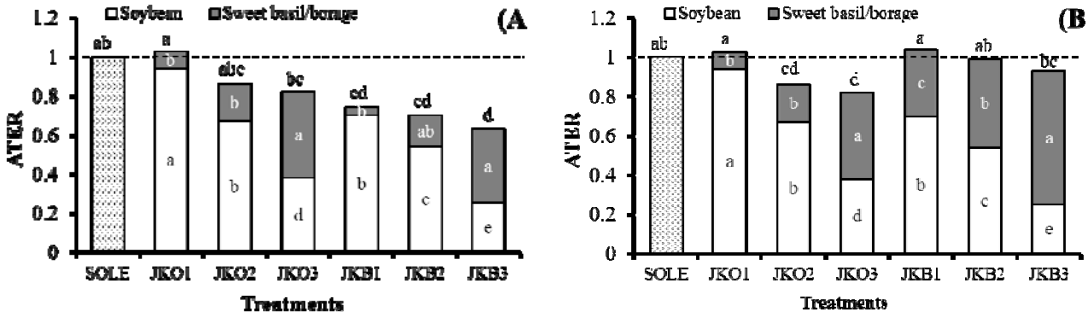
1- Area-time equivalent ratio

و در نتیجه افزایش ATER جزیی سویا را در پی داشته است (Rostami et al., 2009).

نسبت برابری سطح- زمان بر اساس عملکرد بذر گاوزبان اروپایی، به غیر از تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان در تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (۱/۰۴) نیز بالاتر از واحد بود. ATER جزیی گاوزبان اروپایی بر اساس عملکرد بذر با افزایش چشمگیری مواجه بود، به‌طوری‌که ATER کل کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی را نسبت به ریحان افزایش داد (شکل ۸- ب). احتمالاً تداخل علف‌های هرز باعث شده است که گاوزبان اروپایی سرمایه گذاری بیشتری بر تولید بذر داشته باشد. عدد ATER بالاتر از واحد، کارایی بیشتر استفاده از سطح و زمان را توسط کشت مخلوط نشان می‌دهد (Ghosh et al., 2006). کارایی استفاده از سطح و زمان در کشت مخلوط در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز در سیستم مخلوط شمعدانی معطر و نعناع صحرایی (Rajeswara Rao, 2002) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش بیانگر این بود که کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی، کاهش تراکم و ماده خشک علف‌های هرز را در پی داشت که در این میان کشت مخلوط سویا با ریحان از موفقیت بیشتری برخوردار بود. علاوه بر این، سویا در کشت مخلوط با ریحان، عملکرد و شاخص برداشت بالاتری داشت، با این حال، شاخص نسبت برابری سطح-زمان بر این اذعان داشت که نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (بر اساس عملکرد دانه گاوزبان اروپایی) در مقایسه با سایر نسبت‌های کشت مخلوط بر کشت خالص ارجحیت داشت. بنابراین، نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان، ۵۰٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و همچنین نسبت ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی به لحاظ کنترل علف‌های هرز و افزایش بهره‌وری عملکرد توصیه می‌گردد، اما با این حال اظهار نظر در خصوص برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص به بررسی سایر جوانب کشت مخلوط مانند عوامل اقتصادی نیز بستگی دارد.



شکل ۸- نسبت برابری سطح-زمان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی، بر اساس وزن خشک گل گاوزبان (الف) و بر اساس عملکرد بذر گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 8-ATER for intercropping of soybean with sweet basil and borage, based on flower dry weight of borage (a), and based on borage seed yield (b)

JK: کشت خالص سویا، O: کشت خالص ریحان، B: کشت خالص گاوزبان، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪، JKB_1: سویا ۷۵٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪، JKB_2: سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪، JKB_3: سویا ۲۵٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪

JK: sole cropping of soybean with weed interference, O: sole cropping of sweet basil with weed interference, B: sole cropping of borage with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil 75%, JKB_1: soybean 75%: borage 25%, JKB_2: soybean50%: borage 50%, JKB_3: soybean 25%: borage 75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر جز در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each part and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

منابع

Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2008. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. Agronomy for Sustainable Development 28: 257-263.

Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nasiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristic, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(3): 383-397. (In Persian with English Summary)

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 Sciences 6 (4): 577-584.

Aynehband, A., Behrooz, M., and Afshar, A.H. 2010. Study of intercropping agroecosystem productivity influenced by different crops and planting ratios. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 7(2): 163-169.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Begum, S., Kakon, S.S., Islam, M.N., Ahmed, F., and Haque, M.M. 2010. Study on intercropping of different species with hybrid maize. Journal of Experimental Biological Science 1(2): 47-50.

Biabani, A., Hashemi, M., and Herbert, S.J. 2008. Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. International Journal of Plant Production 2(3): 215-221.

Darbaghshahi, M.N., Banitaba, A., and Bahari, B. 2012. Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. African Journal of Agricultural Research 7(20): 3060-3065.

Das, A.K., Khaliq, Q.A., and Haider, M.L. 2011. Effect of intercropping on growth and yield in wheat-lentil and wheat-chickpea intercropping system at different planting configurations. Journal of Innovation and Development Strategy 5(3): 125-137.

Draper, N.R., and Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. New York: J. Wiley. 511 pp.

Eskandari, H. 2011. Intercropping of wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*): Effects of complementarity and competition of intercrop components in resource consumption on dry matter production and weed growth. African Journal of Biotechnology 10(77): 17755-17762.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 67-75. (In Persian with English Summary)

Fotohi Chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F.F., and Rezaei Chianeh, E. 2012. Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. Journal of Agroecology 4(2): 131-143. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghaddam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of corn (*Zea mays*)-Squash (*Cucurbita* sp.) intercropping system and their effects on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research 41(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jokar, M. 2004. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. Pajouhesh and Sazandegi 73: 193-199. (In Persian with English Summary)

Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra, A.K. 2006. Growth, competition, yield advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India, I. Effect of subsoiling. Field Crops Research 96: 80-89.

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2(3): 43-56. (In Persian)

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.

Iqbal, J., Cheema, Z.A., and An, M. 2007. Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Plant and Soil 300: 163-171.

Jamshidi, K., Mazaheri, D., Majnoun Hoseini, N., Rahimian Mashhadi, H., and Peighambari, A. 2011. Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppressing the weeds. Iranian Journal of Filed Crops Science 42(2): 233-241. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Journal of Agrecology 4(1): 1-11. (In Persian)

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation benefit of ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1)-13: 269-280. (In Persian with English Summary)

Mushagalusa, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.

Myaka, F.M., Sakala, W.D., Adu-Gyamfi, J.J., Kamalongo, D., Ngwira, A., Odgaard, R., Nielsen, N.E., and Hogh-Jensen, H. 2006. Yields and accumulations of N and P in farmer-managed intercrops of maize-pigeonpea in semi-arid Africa. Plant and Soil 285: 207-220.

Naderi Darbaghshahi, M., Banitaba, A., and Bahari, B. 2012. Evaluation the possibility of saffron and chamomile mixed culture. African Journal of Agricultural Research 7(20): 3060-3065.

Nasiri Mahallati, P., Koocheki, A., and Jahan, M. 2011. Raddiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 878-890. (In Persian with English Summary)

Pouramir, F., Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Gorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Field Crop Research 8(5)-19: 747-757. (In Persian with English Summary)

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary)

Rajeswara Rao, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes). Industrial Crops and Products 16: 133-144.

Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research 43(2): 217-230. (In Persian with English Summary)

Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various corn and bean intercropping densities on crop yield and weed populations. Journal of Weed Research 1(2): 37-51. (In Persian with English Summary)

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Asgharzade, A. 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 188-201. (In Persian with English Summary)

SAS Institute. 2000. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.

Seyed Sharifi, R., Farzaneh, S., Kashiri, H., and Dabbagh Mohammadi Nasab, A. 2004. Evaluation competition and yield of two soybean cultivars under pure stand and intercropping systems. Journal of Agriculture Science 16(4)-64: 95-102. (In Persian)

Seran, T.H., and Brintha, I. 2009. Biological and economic efficiency of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.). The Open Horticulture Journal 2: 17-21.

Shah, S.N., Shroff, J.C., Patel, R.H., and Usadadiya, V.P. 2011. Influence of intercropping and weed management practice on weed and yield of maize. International Journal of Science and Nature 2(1): 47-50.

Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, A. 2008. Effect of planting date and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Science 10(1): 31-46. (In Persian with English Summary)

Yuan-quan, C., Peng, S., Chen, L., and Xue-peng, S. 2012. *Xanthium* suppression under maize-sunflower intercropping system. Journal of Integrative Agriculture 11(6): 1026-1037.

Zaefarian, F., Aghaalikahni, M., Rahimian Mashhadi, H., Zand, E., and Rezvani, M. 2009. Yield and growth indices of corn/soybean intercrop under simultaneous competition of redroot pigweed and jimsonweed. Iranian Journal of Weed Science 5: 107-125. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۹۶-۸۴

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 84-96

بررسی تأثیر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد کمی و کیفی شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.) در نظام کشت جنگل زراعی در مقایسه با تک‌کشتی

محمد رضا چایی‌چی[1*]، رضا کشاورز افشار[2] و سعید قنبرزاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

با توجه به وجود باغات وسیع مرکبات در استان‌های شمالی و همچنین نیاز مبرم به تأمین علوفه در کشور استفاده از اراضی زیر کشت باغات مرکبات در قالب نظام‌های جنگل زراعی برای تولید گیاهان علوفه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان کاشت گیاه شلغم علوفه‌ای در باغات مرکبات شهرستان بابل و تعیین بهترین تاریخ و تراکم کاشت این گیاه در سال ۱۳۸۹ انجام شد. طرح به صورت کرت خرد شده فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید به گونه‌ای که نظام کشت به کرت‌های اصلی و تاریخ کاشت (۲۰ اسفند، ۵ فروردین و ۲۰ فروردین) و تراکم کاشت (یک، دو و چهار کیلوگرم بذر در هکتار) به صورت فاکتوریل به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف بذر به چهار کیلوگرم در هکتار عملکرد علوفه کل شلغم به طور متوسط پنج درصد افزایش یافت. با تأخیر در تاریخ کاشت، قابلیت هضم و مقدار کربوهیدرات محلول در آب افزایش و مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد پتانسیل بسیار قابل توجهی برای تولید گیاهان علوفه‌ای به ویژه شلغم در باغات مرکبات شمال کشور در قالب نظام جنگل زراعی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: باغ مرکبات، غده، کشاورزی پایدار، کیفیت علوفه، مازندران

مقدمه

کشت و تولید گیاهان علوفه‌ای به عنوان ماده اولیه در تأمین مواد پروتئینی و لبنی در حفظ سلامتی و امنیت غذایی کشور و همچنین نیل به خودکفائی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علی‌رغم جایگاه بارز گیاهان علوفه‌ای در کشور و نقش این گیاهان در تأمین امنیت غذایی و بخصوص تولید پروتئین و فراورده‌های دامی، امروزه همچنان کمبود تولید این گیاهان در کشور وجود دارد (Keshavarz Afshar, 2010). با توجه به موارد مطرح شده گسترش کشت گیاهان علوفه‌ای در کشور باید بیش از پیش مورد توجه متولیان بخش کشاورزی و محققان قرار گیرد.

یکی از راهکارهای مدیریتی در کشاورزی پایدار برای افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده از نظام‌های چندکشتی می‌باشد (Ghanbarzadeh et al., 2010). جنگل زراعی، به عنوان یکی از انواع نظام‌های چندکشتی، عبارت است از هر نوع سیستم استفاده پایدار از سرزمین که منجر به افزایش تولید محصول از طریق تلفیق گیاهان زراعی یکساله با گیاهان چوبی پایا و یا دام شود. در این نظام تولید عملیات مدیریتی متناسب با خصوصیات اجتماعی و فرهنگی، اقتصادی و بوم‌شناختی هر منطقه اعمال می‌شود (Gordon & Newman, 1997). با توجه به وجود باغات وسیع مرکبات در استان‌های شمالی کشور از یک سو و نیاز مبرم به تأمین علوفه در کشور و بهره‌وری بهینه از زمین‌های کشاورزی از سوی دیگر، استفاده از اراضی زیر کشت باغات میوه در قالب نظام جنگل زراعی برای تولید گیاهان علوفه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است. اما تاکنون در این زمینه در کشور تحقیقات چندانی صورت نگرفته است. این در حالی است که در سایر کشورها تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تولید گیاهان علوفه‌ای در نظام جنگل زراعی انجام شده است. در یکی از معدود تحقیقاتی که در این زمینه در کشور انجام شده است، قنبر زاده و همکاران (Ghanbarzade et al., 2010) با بررسی امکان تولید ذرت در باغات مرکبات شمال کشور نتیجه‌گیری کردند که می‌توان مقادیر قابل توجهی علوفه در این باغات در قالب نظام‌های جنگل زراعی

۱، ۲ و ۳- استاد، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: rchaichi@ut.ac.ir)

تولید نمود. پالما و همکاران (Palma et al., 2006) نیز گزارش نمودند که کشت گیاهان علوفه‌ای در نظام جنگل زراعی علاوه بر تولید مقادیر قابل توجهی علوفه، فرسایش خاک و شستشوی نیتروژن از خاک را به ترتیب ۷۰ و۳۰ درصد کاهش داد. نمونه‌های زیادی در خصوص تولید رضایت‌بخش علوفه در نظام‌های جنگل زراعی در سراسر جهان وجود دارد (Lowry et al., 1988; Belsky et al., 1989; Weltzin & Coughenour, 1990). با اجرای این نظام کشت، ضمن تأمین بخشی از علوفه مورد نیاز کشور، به‌واسطه افزایش تنوع زیستی از تمام مزایای بوم‌شناختی ناشی از افزایش سطح تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی به ویژه جلوگیری از طغیان آفات و بیماری‌ها نیز استفاده می‌شود و در مجموع، سطح پایداری در این کشت‌بوم‌ها افزایش می‌یابد. لذا لزوم انجام تحقیقات گسترده در این زمینه در کشور محرز و مشخص است.

شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.) با دارا بودن خصوصیات منحصر به فردی همچون تولید علوفه انبوه به ویژه در زمانیکه بسیاری از گیاهان علوفه‌ای فصول گرم و سرد محصولی تولید نمی‌کنند، عملکرد بالا همراه با انرژی و پروتئین بیشتر در مقایسه با غلات و علف‌های چمنی چندساله، قابلیت چرای مستقیم و در نتیجه هزینه برداشت پائین، قدرت سازگاری مناسب در بسیاری از شرایط اقلیمی و خاکی (Rao & Horn 1986) می‌تواند برای توسعه کشت علوفه در باغات مرکبات شمال کشور مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی، مدیریت صحیح به منظور بهره‌برداری حداکثری از ظرفیت‌های محیط در تولید محصول ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این فرایند تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد می‌تواند در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رسانیدن بهره‌وری از عوامل محیطی و نهاده‌های ورودی مورد توجه قرار گیرد. از مهمترین عوامل مدیریتی در تولید محصولات زراعی می‌توان به تعیین بهترین تاریخ و تراکم کاشت به منظور تولید بیشترین عملکرد کمی و کیفی محصول اشاره نمود (Jeon et al., 1992).

تراکم کاشت علاوه بر تأثیرگذاری بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای (Cusicanqui & Lauer, 1999) بر کیفیت علوفه تولیدی نیز به شدت تأثیرگذار است (Widdicombe & Thelen, 2002; Defoor et al., 2001). در زمینه به زراعی شلغم علوفه‌ای به ویژه تعیین بهترین تاریخ و تراکم کاشت در مناطق مختلف کشور تحقیقات چندانی صورت نگرفته است، اما در سایر کشورها تحقیقات اندکی در این زمینه صورت گرفته است. در همین راستا خان (Khan, 1990) در بررسی تأثیر تراکم بر عملکرد شلغم، مصرف ۲/۲ تا ۲/۸ کیلوگرم بذر در هکتار را برای کاشت شلغم واریته Alltop پیشنهاد نمود. در پژوهش‌های مشابهی مک‌فارن و همکاران (Mcferran et al., 1962) و دل وال و هارمون (Del Valle & Harmoon, 1970) نشان دادند که افزایش مصرف بذر به ترتیب تا ۱۳ و ۱۱ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد علوفه تازه شلغم نداشت.

با توجه به وسعت باغات شمال کشور و با توجه به نیاز مبرم به تأمین علوفه در کشور و ضرورت استفاده بهینه از پتانسیل های موجود در منطقه، در تحقیق حاضر عملکرد گیاه شلغم علوفه‌ای در دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی مورد بررسی قرار گرفت. تعیین بهترین تاریخ و تراکم کاشت شلغم علوفه‌ای در هر دو نظام کشت یاد شده از دیگر اهداف اجرای این طرح بود.

موارد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی شلغم علوفه‌ای در دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی تحقیقی در یکی از باغات مرکبات تحت نظارت مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بابل و در منطقه بابل کنار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی آن ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع متوسط از سطح دریای آزاد ۲- متر بود. بافت خاک محل انجام آزمایش لوم شنی و خصوصیات شیمیایی خاک شامل pH (۷/۵)، کربن آلی ۰/۹۶درصد)، نیتروژن کل (۰/۱۱ درصد)، فسفر قابل جذب (۳۹/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پتاسیم قابل جذب (۲۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. بر اساس آمار هواشناسی متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۸۰۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش به صورت کرت خرد شده فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش نظام کشت به کرت‌های اصلی و تاریخ کاشت و تراکم کشت (بر مبنای میزان بذر مصرفی) به صورت فاکتوریل به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند. نظام کشت در دو سطح (جنگل زراعی و تک‌کشتی)، تاریخ کاشت در سه سطح (۲۰ اسفند، ۵ فروردین و ۲۰ فروردین) و تراکم کاشت نیز در سه سطح (یک، دو و چهار کیلوگرم بذر در هکتار) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. کاشت بذور بر روی خطوط کاشت در عمق یک تا دو سانتی متری انجام گرفت. ابعاد هر کرت فرعی ۳×۵ متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت، ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

در زمان کاشت از ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان کود پایه نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیوم به عنوان کود فسفر به صورت نواری استفاده گردید. عملیات برداشت در تاریخ ۱۰ تیر ماه صورت گرفت. در زمان برداشت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، با استفاده از کوادرات یک متر مربعی از سه خط میانی هر کرت نمونه-برداری انجام شد و وزن‌تر غده و شاخساره اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها به مدت پنج روز در داخل خشک‌کن با دمای ۷۰ درجه

سانتی‌گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از آن نمونه‌های خشک شده توزین و عملکرد ماده خشک محاسبه گردید.

نمونه‌های گیاهی پس از خشک شدن کاملاً آسیاب شده و برای انجام آزمون‌های کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه گیری خصوصیات کیفی از دستگاه NIRs[1] استفاده شد. با توجه به این‌که دستگاه NIRs برای شلغم علوفه ای کالیبره نبود، ابتدا درصد پروتئین، کربوهیدرات محلول در آب، خاکستر و فیبر نامحلول در شوینده‌های اسیدی یک تکرار از تمام تیمارها با روش شیمیایی اندازه گیری و سپس به کمک این داده‌ها و نرم افزار مخصوص، دستگاه کالیبره شد. پس از کالیبراسیون دستگاه NIRs، صفات کیفی شامل درصد ماده خشک قابل هضم (DMD[2])، درصد قندهای محلول در آب (WSC[3])، درصد پروتئین خام (CP[4])، درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF[5]) و درصد خاکستر کل (Ash) اندازه‌گیری شدند.

پیش از هرگونه اقدام جهت انجام محاسبات آماری بر روی داده ها، نخست نرمال بودن داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسات میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD با سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای مقایسه کیفیت ریشه و اندام‌های هوایی شلغم ابتدا با استفاده از نرم افزار MSTAT-C آزمون Hotlling T^2 انجام شد. برای این منظور تمام خصوصات کیفی شاخساره در یک گروه و خصوصیات کیفی ریشه در گروهی دیگر قرار گرفت تا تعیین شود آیا شاخساره و غده شلغم از لحاظ خصوصیات کیفی متفاوت هستند یا خیر. پس از این‌که مشخص شد تفاوت معنی‌داری بین شاخساره و غده شلغم به لحاظ ویژگی‌های کیفی وجود دارد، هر یک از صفات به‌صورت جداگانه با روش آزمون T جفت شده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

نتایج تجزیه واریانس اثر نظام کاشت، تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد شلغم علوفه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است.

عملکرد شاخساره شلغم علوفه‌ای در دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی از نظر آماری تفاوتی نداشتند (جدول ۲). با تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد شاخساره از یک روند کاهشی پیروی نمود؛ به طوری‌که در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند عملکرد شاخساره نه درصد بیشتر از تاریخ کاشت ۲۰ فروردین بود (جدول ۲). این کاهش عملکرد که در اثر تأخیر در عملیات کاشت اتفاق افتاد در نظام تک‌کشتی بسیار محسوس‌تر از نظام جنگل زراعی بود (جدول ۳). در هر دو نظام کشت با افزایش تراکم و افزایش مقدار بذر مصرفی عملکرد شاخساره به طور معنی‌داری افزایش یافت و با افزایش مصرف بذر از یک به چهار کیلوگرم در هکتار عملکرد شاخساره ۱۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در هر سه تاریخ کاشت بالاترین تراکم (چهار کیلوگرم بذر در هکتار) بیشترین عملکرد شاخساره را تولید کرد، ولی هر چه عملیات کاشت با تأخیر بیشتری انجام شد اثر تراکم بذر بر این صفت کم رنگ‌تر شد به گونه‌ای که در تاریخ کشت ۲۰ فروردین بین سه مقدار بذر مصرفی تفاوت چندان قابل توجهی دیده نشد، حال آنکه در تاریخ ۱۵ اسفند این تفاوت بسیار چشمگیرتر بود (جدول ۵).

در نظام تک‌کشتی عملکرد غده شلغم علوفه‌ای در حدود ۱۷ درصد بیشتر از نظام جنگل زراعی بود (جدول ۲). در هر دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی با تأخیر در تاریخ کاشت از ۲۰ اسفند به ۵ فروردین عملکرد غده به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی این کاهش در نظام تک‌کشتی به مراتب شدیدتر از نظام جنگل زراعی بود (جدول ۳). همچنین در هر دو نظام بین دو تاریخ کاشت ۵ و ۲۰ فروردین تفاوتی از نظر عملکرد غده مشاهده نشد و تأخیر در کاشت پس از ۵ فروردین تأثیر معنی‌داری بر تولید غده نداشت (جدول ۴). با افزایش تراکم بوته، عکس روندی که در رابطه با عملکرد شاخساره دیده شد در رابطه با عملکرد غده مشاهده گردید، به طوری‌که با افزایش مقدار بذر مصرفی از یک به چهار کیلوگرم در هکتار، عملکرد غده شلغم بیش از ۱۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش عملکرد غده در اثر افزایش تراکم در هر دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی مشاهده گردید، ولی این کاهش در تک‌کشتی محسوس‌تر بود (جدول ۴). افزایش تراکم منجر به افزایش نسبت ساقه به ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد غده می‌گردد. همچنین با افزایش تعداد بوته در واحد سطح فضای کمتری در اختیار هر بوته برای رشد و تولید غده قرار می‌گیرد. در هر سه تاریخ کاشت نیز با افزایش تراکم عملکرد غده از روندی کاهشی پیروی نمود، ولی با تأخیر در عملیات کاشت این تفاوت نامحسوس‌تر گردید، به طوری‌که در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد غده بین تراکم‌های مختلف دیده نشد (جدول ۵).

عملکرد کل علوفه تولیدی شلغم در دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). این امر حاکی از پتانسیل بسیار قابل توجه برای تولید گیاهان علوفه‌ای به ویژه شلغم در باغات مرکبات شمال کشور می‌باشد. بنابراین، می‌توان از این گیاه برای تولید علوفه در زیر اشکوب باغات استفاده نمود و اراضی زراعی را به تولید محصولات نقدینه‌ای ارزشمند

1- Near infrared reflectance spectroscopy
2- Dry matter digestibility
3- Water soluble carbohydrate
4- Crude protein
5- Acid detergent fiber

همچون برنج اختصاص داد. انجام این امر ضمن کاهش وابستگی به واردات محصولات کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان، باعث رونق بیشتر دامپروری در این مناطق و سایر مناطق مستعد کشور می‌شود. در هر دو نظام کشت بین تراکم‌های یک و دو کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد کل علوفه تفاوت معنی‌داری دیده نشد، ولی افزایش میزان مصرف بذر به چهار کیلوگرم در هکتار عملکرد علوفه کل را در هر دو نظام کشت به طور متوسط پنج درصد افزایش داد (جدول ۴). چون با افزایش میزان بذر مصرفی، تراکم بوته در واحد سطح افزایش می‌یابد، بدین‌ترتیب، سطح برگ یعنی اندام فتوسنتزکننده در واحد سطح افزایش یافته که در نتیجه ماده خشک بیشتری تولید می‌شود. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد در اثر افزایش تراکم برای سایر گیاهان علوفه‌ای توسط سایر محققان گزارش شده است (Modarres et al., 1998; Ayub et al., 2003; Safari et al., 2008). از سوی دیگر، افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش سایه‌اندازی بر بوته‌ها، از طریق فرآیند تاریک‌رویی[1] و افزایش سنتز هورمون اکسین سبب تحریک رشد گیاه می‌شود که خود راهکاری برای افزایش عملکرد و زیست توده گیاهان علوفه‌ای است (Moadab Shabestari & Mojtahedi, 1990).

براساس نتایج، افزایش مصرف بذر از دو به چهار کیلوگرم در هکتار به طور متوسط عملکرد علوفه خشک شاخساره را ۸۲۴ کیلوگرم در هکتار افزایش و عملکرد علوفه خشک غده را ۳۲۵ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. از دیدگاه اقتصادی، یعنی آنچه که برای کشاورز در درجه اول اهمیت قرار دارد، افزایش مصرف بذر از دو به چهار کیلوگرم در هکتار درآمد حاصل از فروش غده را (بر مبنای قیمت علوفه در منطقه برای سال ۱۳۹۰) ۹۷۵۰۰۰ ریال کاهش و درآمد حاصل از فروش علوفه شاخساره را ۹۸۸۰۰ ریال افزایش داد. بنابراین، با در نظر گرفتن قیمت بذر (۱۰۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم بذر) افزایش مصرف بذر از دو به چهار کیلوگرم در هکتار اگرچه موجب افزایش علوفه تولیدی در واحد سطح می‌شود، اما این امر از نظر اقتصادی در حال حاضر مقرون به صرفه نخواهد بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات نظام، تاریخ و تراکم کشت بر عملکرد علوفه شلغم علوفه‌ای

Table 1- Analysis of variance (mean of square) for the effect of cropping system, date of planting and seeding rate on forage yield of turnip

عملکرد کل Total forage yield	عملکرد غده Tuber yield	عملکرد شاخساره Shoot yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
392263 ns	18185 ns	378534 ns	2	بلوک (Block
80118 ns	2169209 *	1227934 ns	1	نظام کاشت Cropping system
156812	25482	264566	2	خطای اول Error a
16439218**	6007801**	2685106**	2	تاریخ کاشت Date of planting
1578022**	1150877**	5101657**	2	تراکم کاشت Seeding rate)
4685449 **	1836707**	1175453**	2	نظام × تاریخ Cropping system× Date of planting
3085 ns	222746**	183173 ns	2	نظام × تراکم Cropping system× Seeding rate
488807**	475470**	502446**	4	تاریخ × تراکم (Date of planting × Seeding rate
33424 ns	121741**	80376 ns	4	نظام × تاریخ × تراکم کشت C×D×P
119188	43677	58163	32	خطای دوم Error b
3	8	3		ضریب تغییرات (٪) CV (%)

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

*, ** and ns means significant at p≤0.05, p≤0.01 and no significant, respectively.

1- Etiolation

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد علوفه شلغم تحت تأثیر نظام، تاریخ و تراکم کاشت

Table 2- Mean comparisons of effect of cropping system, date of planting and seeding rate on forage yield of turnip

عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total forage yield (kg.ha^{-1})	عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار) Tuber yield (kg.ha^{-1})	عملکرد شاخساره (کیلوگرم در هکتار) Shoot yield (kg.ha^{-1})	تیمار Treatment
		نظام کاشت Cropping system	
10515 (±249.1)a	2694 (±167.7)a	7821 (±158.8)a	تک‌کشتی Mono cropping
10438 (±112.1)a	2293 (±60.4)b	8122 (±93.9)a	جنگل زراعی Agro forestry
		تاریخ کاشت Date of planting	
11539 (±170.2)a	3158 (±193.6)a	8348 (±154.9)a	۲۰ اسفند 10th March
10199 (±136.5)b	2208 (±45.4)b	7990 (±153.4)b	۵ فروردین 25th March
9689 (±128.3)c	2113 (±34/0)b	7576 (±128.8)c	۲۰ فروردین 9th April
		تراکم کاشت Seeding rate	
10293 (±238.2)b	2756 (±205.5)a	7537 (±99.8)c	۱ کیلوگرم بذر در هکتار 1 kg seed per ha
10316 (±237.9)b	2471 (±155.9)b	7812 (±107.3)b	۲ کیلوگرم بذر در هکتار 2 kg seed per ha
10817 (±218.7)a	2252 (±76.8)c	8565 (±163.8)a	۴ کیلوگرم بذر در هکتار 4 kg seed per ha

مقایسه میانگین توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Within columns, means followed by the different letters are significantly different at ($p\leq0.05$) (for each factor separately). Values in parentheses represent standard error.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نظام و تاریخ کاشت بر عملکرد شلغم علوفه‌ای

Table 3- Mean comparisons of interaction effect of cropping system × date of planting on forage yield of turnip

عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total forage yield (kg.ha^{-1})	عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار) Tuber yield (kg.ha^{-1})	عملکرد شاخساره (کیلوگرم در هکتار) Shoot yield (kg.ha^{-1})	تاریخ کاشت Date of planting	نظام کاشت Cropping system
12127 (±125.5)a	3727 (±252.0)a	8399 (±267.3)a	۲۰ اسفند 10th March	تک‌کشتی Monocropping
10148 (±194.5)c	2224 (±78.9)c	7924 (±241.4)b	۵ فروردین 25th March	
9268 (±125.5)d	2130 (±59.5)c	7138 (±121.5)c	۲۰ فروردین 9th April	
10952 (±145.3)b	2589 (±121.7)b	8296 (±173.2)a	۲۰ اسفند 10th March	جنگل زراعی Agro forestry
10249 (±201.8)c	2193 (±49.9)c	8056 (±201.6)b	۵ فروردین 25th March	
10110 (±99.57)c	2096 (±36.1)c	8014 (±88.2)b	۲۰ فروردین 9th April	

مقایسه میانگین توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Within columns, means followed by the different letters are significantly different at ($p\leq0.05$) (for each factor separately).Values in parentheses represent standard error.

همچنین در تاریخ‌های کشت ۲۰ اسفند و ۲۰ فروردین تفاوتی بین عملکرد علوفه کل در تراکم‌های مختلف دیده نشد و صرفاً در تاریخ کاشت ۵ فروردین افزایش میزان بذر مصرفی به چهار کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار این صفت گردید (جدول ۵). در نظام تک‌کشتی تأخیر در تاریخ کاشت از ۲۰ اسفند به ۵ و ۲۰ فروردین منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد کل علوفه شلغم گردید (جدول ۳). در نظام جنگل زراعی نیز تأخیر در کاشت از ۲۰ اسفند به ۵ فروردین عملکرد علوفه را کاهش داد، ولی تأخیر بیشتر در کاشت (از ۵ به ۲۰ فروردین) تأثیری بر این صفت نداشت (جدول ۳). به‌طور کلی، تأخیر در تاریخ کاشت بدان مفهوم است که فرصت کمتری برای بهره برداری از عوامل محیطی جهت تولید محصول در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. همچنین تأخیر در کاشت سبب برخورد دوران رشدی گیاه به گرمای بیشتر و رطوبت کمتر می‌شود که این امر نیز بر کاهش عملکرد می‌تواند موثر واقع شود. بنابراین، به طور طبیعی کاهش عملکرد در اثر تأخیر در کاشت گیاهان بهاره امری قابل پیش‌بینی است. همچنین باید توجه نمود که شلغم علوفه‌ای، گیاه مخصوص فصل خنک است که سرما و یخزدگی ملایم را تحمل کرده، ولی گرما را تحمل نمی‌کند و آب و هوای مرطوب شرایط مطلوبی را برای رشد این گیاه فراهم می نماید (Keshavar Afshar, 2010). برای کشت این گیاه باید تلاش شود که کشت بهاره در اولین فرصت انجام گیرد (Bohnert, 2008) در غیراین‌صورت کاهش عملکرد اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. نکته قابل توجه این است که در نظام جنگل زراعی وجود درخت اثرات نامساعد تأخیر در کاشت را تا حدودی خنثی نمود و کاهش عملکرد در این نظام در تاریخ کشت دیرهنگام به طور معنی‌داری کمتر از نظام تک‌کشتی بود. این موضوع نقش غیرقابل انکار درخت در تعدیل شرایط محیطی در نظام‌های جنگل زراعی را اثبات می‌کند.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل نظام و تراکم کاشت بر عملکرد شلغم علوفه‌ای

Table 4- Mean comparison of interaction effect of cropping system× seeding rate on forage yield of turnip

نظام کشت Cropping system	تراکم کاشت (کیلوگرم بذر در هکتار) Seeding rate (kg.ha^{-1})	عملکرد شاخساره (کیلوگرم در هکتار) Shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار) Tuber yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total forage yield (kg.ha^{-1})
تک‌کشتی Monocropping	1	7277 (±136.2)d	3070 (±371.5)a	10347 (±457.5)b
	2	7680 (±176.3)c	2668 (±292.3)b	10348 (±454.9)b
	4	8504 (±313.7)a	2343 (±132.6)cd	10848 (±410.0)a
جنگل زراعی Agro forestry	1	7796 (±83.1)bc	2443 (±130.1)c	10240 (±176.8)b
	2	7943 (±116.4)b	2274 (±90.7)cd	10285 (±182.7)b
	4	8626 (±121.7)a	2161 (±73.9)d	10878 (±186.8)a

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام Sشده است.حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Within columns, means followed by the different letters are significantly different at ($p\leq0.05$) (for each factor separately).Values in parentheses represent standard error.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد شلغم علوفه‌ای

Table 5- Mean comparison of interaction effect of date of planting × seeding rate on forage yield of turnip

تاریخ کاشت Cropping system	تراکم کاشت (کیلوگرم بذر در هکتار) Seeding rate (kg seed.ha^{-1})	عملکرد شاخساره (کیلوگرم در هکتار) Shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار) Tuber yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total forage yield (kg.ha^{-1})
۲۰ اسفند 10th March	1	(±101/0)d7780	3704 (±378.4)a	11485 (±296.9)a
	2	8168 (±146.9)c	3206 (±286.9)b	11474 (±311.7)a
	4	9094 (±175.2)a	2565 (±162.9)c	11659 (±325.4)a
۵ فروردین 25th March	1	7429 (±97.5)e	2359 (±102.1)d	9789 (±76.8)c
	2	7736 (±112.9)d	2155 (±44.9)de	9891 (±124.3)c
	4	8804 (±06.6)b	2111 (±40.9)e	10916 (±115.5)b
۲۰ فروردین 9 April	1	7400 (±252.9)e	2206 (±74.4)de	9607 (±236.7)c
	2	7531 (±202.3)de	2053 (±30.7)e	9584 (±231.6)c
	4	7796 (±219.3)d	2080 (±51.6)e	9877 (±218.7)c

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Within columns, means followed by the different letters are significantly different at ($p\leq0.05$) (for each factor separately).Values in parentheses represent standard error.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات نظام، تاریخ و تراکم کشت بر خصوصیات کیفی علوفه شاخساره شلغم علوفه‌ای
Table 7- Analysis of variance (mean of square) for effect of cropping system, date of planting and seeding rate on shoot forage qualitative characteristics of turnip

Ash	ADF	WSC	CP	DMD	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
1.36	10.84 ns	13.67 ns	6.81 ns	3.51 ns	2	بلوک (Block
11.57**	34.40 ns	7.40 ns	5.80 ns	0.32 ns	1	نظام کاشت Cropping system
3.29	15.12	0.96	8.98	4.11	2	خطای اول Error a
2.67	208.07**	98.13**	3.66 ns	139.26**	2	تاریخ کاشت Date of planting
12.45**	6.63 ns	23.29 ns	1.08 ns	40.54*	2	تراکم کاشت Seeding rate)
6.25**	5.60 ns	0.52 ns	8.73 ns	25.46 ns	2	نظام × تاریخ Cropping system× Date of planting
0.39 ns	2.86 ns	11.01 ns	8.28 ns	12.16 ns	2	نظام × تراکم Cropping system× Seeding rate
0.25 ns	16.61 ns	8.13 ns	2.66 ns	16.58 ns	4	تاریخ × تراکم (Date of planting × Seeding rate
1.91 ns	18.17 ns	3.58 ns	4.38 ns	21.99 ns	4	نظام × تاریخ × تراکم کشت C×D×P
1.09	10.92	8.12	4.00	8.32	32	خطای دوم Error b
10	9	17	10	5		ضریب تغییرات (٪) CV (%)

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در احتمال یک درصد و ns: غیرمعنی‌دار
*, ** and ns means significant at p≤0.05, p≤0.01 and no significant, respectively.

کیفیت علوفه

نتایج تجزیه واریانس اثر نظام کاشت، تاریخ و تراکم کاشت بر صفات کیفی علوفه شلغم علوفه‌ای در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه شده است.

قابلیت هضم (DMD[1])

تأثیر نظام کشت بر قابلیت هضم شاخساره و غده شلغم معنی‌دار نبود، اما تاریخ کاشت و اثر متقابل نظام× تاریخ کاشت بر قابلیت هضم علوفه شاخساره و غده شلغم تأثیرگذار بودند (جدول‌های ۲ و ۳). با تأخیر در تاریخ کاشت قابلیت هضم علوفه افزایش یافت و این موضوع هم برای شاخساره و هم برای غده ملاحظه گردید (شکل ۱ و جدول ۶). افزایش تراکم سبب کاهش معنی‌دار DMD غده‌های شلغم گردید. در برخی تحقیقات گزارش شده است که افزایش تراکم بوته سبب افزایش مقدار الیاف به ویژه NDF در گیاهان علوفه‌ای همچون ذرت (Cox & Cherney, 2001) و سورگوم (Caravetta et al., 1990) می‌شود. از آنجا که بین قابلیت هضم علوفه و مقدار الیاف همبستگی منفی وجود دارد. بنابراین، کاهش DMD در اثر افزایش تراکم پیش‌تر نیز گزارش شده است.

افزایش قابلیت هضم در اثر تأخیر در کاشت را می‌توان اینگونه تفسیر نمود که با تأخیر یک ماهه در تاریخ کاشت فرصت خشبی شدن و افزایش مقدار لیگنین از گیاهان گرفته شد و در زمان برداشت گیاهان کاشته شده در تاریخ ۲۰ فروردین در مقایسه با بوته‌های کشت شده در ۲۰ اسفند یک ماه رشد کمتری انجام داده و بدین ترتیب، نرم‌تر و خوشخوراک‌تر بوده‌اند. در رابطه با شاخساره افزایش قابلیت هضم در اثر تأخیر در تاریخ کاشت در هر دو نظام تک‌کشتی و جنگل زراعی مشاهده شد، اما در رابطه با غده، در نظام جنگل زراعی تأخیر در کاشت تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم (DMD) نداشت؛ در حالی‌که در نظام تک‌کشتی این تأخیر سبب افزایش قابلیت هضم غده‌ها شد (جدول ۶).

1- Digestibility of dry matter

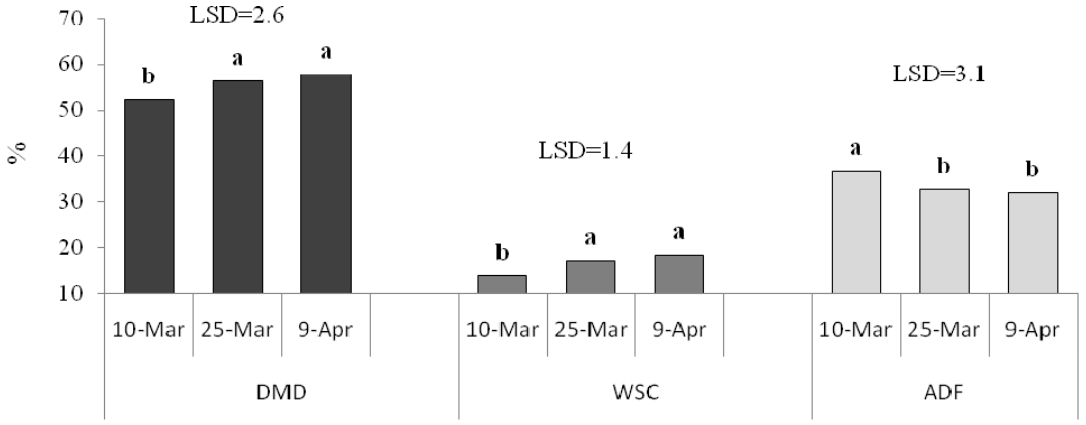
جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات نظام، تاریخ و تراکم کشت بر خصوصیات کیفی علوفه غده شلغم علوفه‌ای

Table 8- Analysis of variance (mean of square) for effect of cropping system, date of planting and Seeding rate on tuber forage qualitative characteristics of turnip

Ash	ADF	WSC	CP	DMD	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.89 ns	0.5 ns	1.1 ns	1.4 ns	14.5 ns	2	بلوک (Block
40.73**	213.2**	244.9**	33.4**	130.0**	1	نظام کاشت Cropping system
1.81	27.3	1.7	0.9	68.4	2	خطای اول Error a
3.35 ns	16.1 ns	3.4 ns	0.2 ns	74.2*	2	تاریخ کاشت Date of planting
0.48 ns	7.00 ns	15.3**	5.3 ns	72.7*	2	تراکم کاشت Seeding rate)
2.00 ns	38.64 ns	2.3 ns	9.3 ns	87.9**	2	نظام × تاریخ Cropping system× Date of planting
0.28 ns	5.31 ns	1.8 ns	1.9 ns	26.0 ns	2	نظام × تراکم Cropping system× Seeding rate
2.66 ns	19.77 ns	4.3 ns	7.8 ns	15.2 ns	4	تاریخ × تراکم (Date of planting × Seeding rate
0.94 ns	86.76**	2.5 ns	9.4 ns	62.2**	4	نظام × تاریخ × تراکم کشت C×D×P
1.66	13.17	5.5	3.7	15.4	32	خطای دوم Error b
11	16	11	13	5		**ضریب تغییرات (٪) CV (%)**

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

*, ** and ns means significant at p≤0.05, p≤0.01 and no significant, respectively.



شکل ۱- اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات کیفی (به ترتیب درصد قابلیت هضم، کربوهیدرات محلول در اب و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی) علوفه شاخساره شلغم علوفه‌ای

Fig. 1- Effect of date of planting on some qualitative characteristics (DMD, WSC and ADF) of turnip shoots forage

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Columns with different letters are significantly different at (p≤0.05) (for each factor separately).

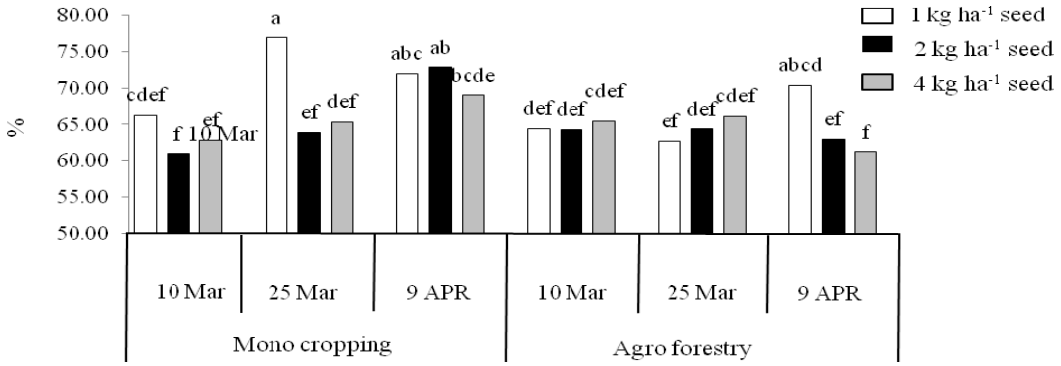
جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل نظام × تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات کیفی شاخساره و غده شلغم

Table 6- Mean comparison of interaction effect of cropping system × date of planting on shoot an tuber forage qualitative characteristics of turnip

خصوصیات کیفی غده Forage qualitative characteristics of tuber		خصوصیان کیفی شاخساره Forage qualitative characteristics of shoot			تاریخ کاشت Date of planting	نظام کاشت Cropping system
WSC	DMD	Ash	ADF	DMD		
12.71 (±0.8)bc	63.3 (±1.4)b	8.6 (±0.51)c	35.4 (±0.64)ab	53.5 (±1.08)cd	۲۰ اسفند 10th March	تک کشتی Monocropping
10.9 (±0.5)c	68.7 (±2.5)a	9.8 (±0.30)b	33.6 (±1.32)b	56.8 (±0.77)ab	۵ فروردین 25th March	
11.9 (±0.7)c	71.2 (±2)a	9.5b (±0.40)c	29.8 (±0.88)c	55.9 (±1.14)bc	۲۰ فروردین 9 April	
14.8 (±0.4)ab	64.7 (±1)b	11.4 (±0.36)a	38.1 (±1.02)a	51.2 (±0.65)d	۲۰ اسفند 10th March	جنگل زراعی Agro forestry
16.4 (±0.3)a	64.3 (±0.9)b	10.2 (±0.40)b	35.4 (±1.65)ab	56.1 (±1.47)bc	۵ فروردین 25th March	
17.0 (±0.3)a	64.8 (±1.7)b	9.2b (±0.35)c	30.2 (±1.02)c	59.4 (±1.21)a	۲۰ فروردین 9 April	

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است.حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشد

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Within columns, means followed by the different letters are significantly different at ($p \leq 0.05$) (for each factor separately).Values in parentheses represent standard error.



شکل ۲- اثر سیستم، تاریخ و تراکم کاشت بر درصد ماده خشک قابل هضم غده شلغم علوفه‌ای

Fig. 2- Effect of cropping system, date of planting and planting density on DMD of turnip tuber

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Columns with different letters are significantly different at ($p \leq 0.05$) (for each factor separately).

پروتئین خام

براساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق هیچ یک از عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین خام شاخساره و غده شلغم نداشتند (جدول‌های ۷ و ۸).

کربوهیدرات محلول در آب[1] (WSC)

در رابطه با شاخساره مقدار کربوهیدرات محلول در آب تنها تحت تأثیر تاریخ کشت قرار گرفت، اما در رابطه با کربوهیدرات محلول در آب غده، تأثیر نظام کاشت و اثر متقابل نظام × تاریخ کاشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در نظام جنگل زراعی مقدار کربوهیدرات

1- Water soluble carbohydrate

محلول در آب غده‌های شلغم به طور معنی‌داری بیشتر از غده‌های تولیدی در نظام تک‌کشتی بودند (۱۶/۱ در برابر ۱۱/۸ درصد) (جدول ۶). تأخیر در تاریخ کاشت سبب افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در آب علوفه شاخساره شد. نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهند که با افزایش سن گیاهان علوفه‌ای میزان لیگنین و کربوهیدرات‌های ساختمانی موجود در پیکره آنها افزایش و در مقابل میزان کربوهیدرات غیرساختمانی کاهش می‌یابد (Eastridge, 2002). در این تحقیق گیاهان کاشته شده در تاریخ ۲۰ اسفند در مقایسه با گیاهان کاشته شده در ۲۰ فروردین در زمان برداشت یک ماه دوره رشد کوتاهتری داشته‌اند، در نتیجه شاداب‌تر و جوان‌تر بوده و دارای کربوهیدرات غیرساختمانی بیشتری بوده‌اند. از نظر مقدار WSC موجود در غده، علوفه تولیدی در نظام جنگل زراعی برتر از علوفه تولید شده در نظام تک‌کشتی بود.

الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی[1] (ADF)

اثر تاریخ کاشت بر مقدار ADF شاخساره و اثر متقابل نظام × تاریخ × تراکم کاشت بر مقدار ADF غده شلغم معنی‌دار بود (جدول ۷). با تأخیر در تاریخ کاشت مقدار ADF از روندی کاهشی پیروی نمود و از ۳۶/۷ به ۳۱/۹ درصد کاهش یافت؛ در حالی‌که همانطور که پیش‌تر ذکر شد، در این شرایط درصد DMD افزایش یافت (شکل ۱). وجود همبستگی منفی بین DMD و ADF در شلغم (Keshavarz Afshar, 2010) و سایر گیاهان علوفه‌ای (Hacker, 1982; Jensen et al., 2007) پیش‌تر نیز گزارش شده است. افزایش درصد DMD در اثر تأخیر در تاریخ کاشت که در نتایج تحقیق حاضر به‌دست آمده نیز این امر را ثابت می‌کند.

تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر مقدار الیاف شاخساره و غده شلغم نداشت (جدول ۷ و شکل ۳). نتایج مشابهی مبنی بر عدم تأثیرگذاری تراکم کاشت بر ADF و NDF گیاهان علوفه‌ای توسط المصری (Al-Masri, 2003) و ریز سانچز و همکاران (Reyes Sanchez et al., 2006) گزارش شده است. همچنین تأثیر تراکم بر مقدار پروتئین خام علوفه شاخساره و غده شلغم نیز معنی‌دار نبود که با نتایج تحقیقات ریز سانچز و همکاران (Reyes Sanchez et al., 2006) و ونتورا و پولگار (Ventura & Pulgar, 1997) مطابقت دارد.

خاکستر

اثر متقابل نظام × تاریخ کاشت و اثر تراکم بر مقدار خاکستر شاخساره شلغم معنی‌دار بود (جدول ۷). با افزایش مقدار بذر مصرفی مقدار خاکستر موجود در علوفه شاخساره شلغم افزایش یافت (شکل ۴). نتایج تحقیق خلیلی محله و همکاران (Khalili Mahale et al., 2007) و محبی (Mohebi, 1996)، المصری (Al-Masri, 2003) و ریز سانچز و همکاران (Reyes Sanchez et al., 2006) مبنی بر عدم اثرگذاری تراکم بوته بر درصد خاکستر علوفه با نتایج این بخش از تحقیق مغایرت دارد.

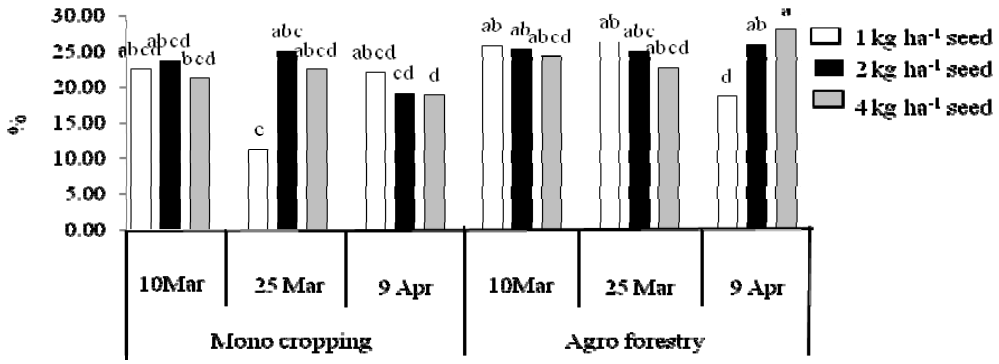
مقایسه خصوصیات کیفی شاخساره و غده شلغم

براساس نتایج حاصل از آزمون T جفت شده، شاخساره شلغم علوفه‌ای در مقایسه با ریشه از قابلیت هضم کمتری برخوردار است و دلیل این امر بالاتر بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی آن می‌باشد (شکل ۵). ترک و همکاران (Turk et al., 2009) نیز نشان دادند که مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی شاخساره شلغم به مراتب بیشتر از ریشه بود. این موضوع نشان می‌دهد ریشه شلغم قابلیت هضم بالاتر و در نتیجه خوشخوراکی بیشتری را در مقایسه با شاخساره شلغم دارا می‌باشد. همچنین شاخساره دارای درصد بیشتری کربوهیدرات محلول در آب و پروتئین خام در مقایسه با ریشه می‌باشد. در برخی تحقیقات نیز اثبات شده است که مقدار پروتئین خام شاخساره شلغم بیشتر از پروتئین خام ریشه است (Turk et al., 2009; Jung et al., 1984). در مقابل، ریشه شلغم دارای مقدار خاکستر بیشتری بوده و قابلیت هضم بیشتری نیز در مقایسه با شاخساره دارد. نتایج مقایسه خصوصیات کیفی شاخساره و غده شلغم علوفه‌ای در تحقیق حاضر مشابه نتایج حاصله از تحقیق دیگری روی شلغم علوفه‌ای است که توسط نگارندگان در منطقه کرج انجام شده است (Keshavarz Afshar, 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد پتانسیل بسیار قابل توجهی برای تولید گیاه شلغم علوفه‌ای در باغات مرکبات استان‌های شمالی کشور وجود دارد و در صورت گسترش نظام جنگل زراعی در این مناطق ضمن تولید بخش قابل توجهی از علوفه مورد نیاز کشور، افزایش تنوع زیستی در کشت‌بوم‌های کشاورزی و در نتیجه افزایش پایداری در این کشت‌بوم‌ها، درآمد باغداران نیز افزایش یافته و بدین‌ترتیب، سطح اقتصادی این جوامع روستایی نیز ارتقاء می‌یابد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر برای حصول عملکرد مطلوب علوفه لازم است کاشت شلغم در اولین فرصت پس از سپری شدن سرمای سخت زمستان انجام شود و از تأخیر در کاشت خودداری شود. همچنین، افزایش میزان بذر مصرفی تا چهار کیلوگرم در هکتار تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد کمی و کیفی علوفه شلغم علوفه‌ای در این منطقه دارد.

1- Acid detergent fiber

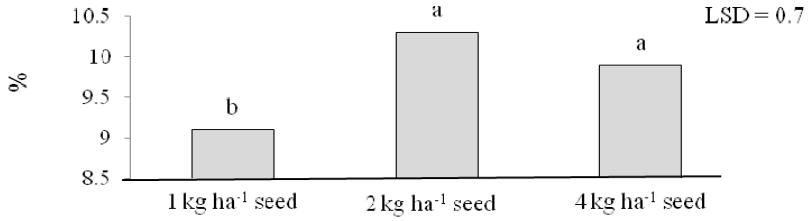


شکل ۳- اثر سیستم، تاریخ و تراکم کاشت بر درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی غده شلغم علوفه‌ای

Fig. 3- Effect of cropping system, date of planting and planting density on ADF of turnip tuber

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک در هر ستون، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Columns with different letters are significantly different at (p≤0.05) (for each factor separately).

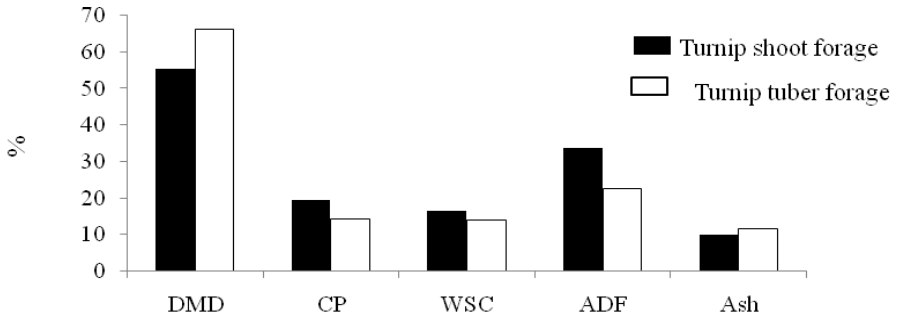


شکل ٤- اثر تراکم کاشت بر درصد خاکستر علوفه شاخساره شلغم علوفه‌ای

Fig. 4- Effect of cropping system, date of planting and planting density on DMD of turnip tuber

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Columns with different letters are significantly different at (p≤0.05) (for each factor separately).



شکل ۵- مقایسه خصوصیات کیفی علوفه شاخساره و شلغم علوفه‌ای

Fig. 5- Comparison of forage qualitative characteristics between turnip shoot and tuber forage turnip

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است. حروف مشترک، عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها را نشان می‌دهد.

Means are separated according to LSD test at 5% probability level. Columns with different letters are significantly different at (P≤0.05) (for each factor separately).

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های اجرای این طرح توسط قطب علمی به زراعی، به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهان علوفه‌ای تأمین شده است. بدین‌وسیله از مساعدت مسئولین قطب تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

Al-Masri, M.R. 2003. An in vitro evaluation of some unconventional ruminant feeds in terms of the organic matter digestibility, energy and microbial biomass. Tropical Animal and Health Production 35: 155–167.

Ayub, M.A., Tanveer, M.A., Nadeer, M., and Tayyub, M. 2003. Fodder yield and quality of sorghum as influence by different tillage method and seed rates. Pakistan Journal of Agronomy 2(3): 179-184

Belsky A.J., Amundson, R.G., Duxbury, J.M., Riha, S J., Ali, A.R., and Mwonga, S.M. 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. Journal of Applied Ecology 26: 1005–1024

Bohnert, C. 2008. Vegetable Guide. Available at website: www.jeffersonfarm.org. (verified 10 August 2008).

Caravetta, G.J., Cherney, J.H., and Johnson, K.D. 1990. Within-row spacing influences on diverse sorghum genotypes. II. Dry matter yield and forage quality. Agronomy Journal 82: 210–215.

Cox, W.J., and Cherney, D.J.R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal 93: 597–602.

Cusicanqui, J.A., and Lauer, J.G. 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. Agronomy Journal 91: 911–915.

Defoor, P.J., Cole, N.A., Galyean, M.L., and Jones, O.R. 2001. Effect of grain sorghum planting density and processing method on nutrient digestibility and retention by ruminants. Journal of Animal Science 79: 19–25.

Del Valle, C.G., and Harmon, S.A. 1970. Influence of seeding rate, source and level of nitrogen on yield, color, leaf blade weight, and nitrogen content of turnip greens. Journal of American Society of Horticultural Science 95: 62-64.

Eastridge, M.L. 2002. Energy in the New Dairy NRC. Animal Science. Pp. 11.

Ghanbarzadeh, S., Chaichi, M.R., and Hoseini, S.M.B. 2010. Effects of nitrogen fertilizer application and sowing density on forage quality and weed population of corn in an agroforestry system. Iranian Journal of Field Crop Science 41(3): 521-530 (In Persian with English Summary)

Gordon, A.M., and Newman, S.M. 1997. Temperate Agroforestry systems. CAB International Press, Wallingford, UK.

Hacker, J.B. 1982. Selecting and breeding better quality grasses. In: "Nutritional limits to animal production from pasture" (ed. Hacker, J.B.), Proceedings of an International Symposium, Queensland, August 1981, Australia, p. 305-326.

Jensen, K.B., Waldron, B.L., Peel, M.D., Robins, J.G., and Monaco, T.A. 2007. Forage quality of irrigated pasture species as affected by irrigation rate. Proceedings of the XXVIITH EUCARPIA symposium on improvement of fodder crops and amenity grasses. August 19-23, 2007, Copenhagen, Denmark

Jeon, B.T., Sum, L., Shin, D.W., and Moon, S.H. 1992. Density and planting pattern on the growth characteristics, dry matter yield and feeding value of sorghum- sudangarss hybrid. Journal of the Korean Society of grass land Science 12(1):49-58.

Jung, G.A., Kocher, R.E., and Glica, A. 1984. Minimum Tillage forage turnip and rape production on Hill land as influenced by sod suppression and fertilizer. Agronomy Journal 76: 404-408

Kahn, B.A. 1990. Reduced plant populations save seed costs without reducing yield or quality of 'Alltop' turnip greens. Horticultural Science 25: 179-180.

Keshavarz Afshar, R. 2010. Effect of phosphate solubilizing bacteria on qualitative and quantitative characteristics of turnip at limited irrigation regimes. MSc Thesis, College of Agriculture and natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran (In Persian with English Summary)

Khalili moheleh, J., Tajbakhsh, M., Faiaz Moghdam, A., and Siadat, A. 2008. Effects of plant density on quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum in second cropping. Pajouhesh & Sazandegi 75: 59-67. (In Persian with English Summary)

Lowry, J.B., Lowry, J.B.C., and Jones, R. 1988. Enhanced grass growth below canopy of *Albizia lebbeck*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 6: 45–46

McFerran, J., Bowers, J.L., and Vose, H.H. 1962. Seeding rates for greens crops. Arkansas Farm Research 11(3): 10-25.

Moadab Shabestari, M., and Mojtahedi, M. 1990. Crop Physiology. Markaz Nashre Daneshgahi Press, First Edition 431 pp. (In Persian).

Modarres, A.M., Hamilton, R.I., dijak, M., Dwyer, L.M., Stewart, D.W., and Smith, D. L. 1998. Plant population density effect on maize inbred lines grown in short-season environments. Crop Science 38: 104-108.

Palma, J.H.N., Graves, A.R., Burgess, P.J., Keesman, K.J., van Keulen, H., Mayus, M., Reisner, Y., and Herzug, F. 2006. Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. ecological engineering- 1117.

Peters, S.M. 2000. Agroforestry: An Integration of Land Use Practices. UMCA-2000-1, Center for Agroforestry, University of Missouri, Columbia, MO.

Rao, S.C., and Horn, F.P. 1986. Planting season and harvest date effects on dry matter production and nutritional value of *Brassica* spp. in the southern great plains. Agronomy Journal78: 327-333.

Reyes Sanchez, N., Ledin, S., and Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera*

under different management regimes in Nicaragua. Agroforestry Systems 66: 231–242

Safari, F., Galeshi, S., Torbati nejad, N.M., and Mosavat, S.A. 2008. The effect of sowing date and plant density on forage yield of foxtail millet (*Setaria italica*) Journal of Agricultural Science and Natural Resources 15(5) Special Issue (In Persian with English Summary)

Türk, M., Albayrak, S., Balabanli, C., and Yüksel, O. 2009. Effects of fertilization on root and leaf yields and quality of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 339-342.

Weltzin, J. F., and Coughenour, M. B., 1990. Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. Journal of Vegetation Science 1: 325–332

Widdicombe, W.D., and Thelen, K.D. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. Agronomy Journal 94: 326–330.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۰۷-۹۷

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 97-107

بررسی لاین‌های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی (F_7)

رضا نیک سرشت[۱*]، عبداله محمدی[۲]، اسلام مجیدی هروان[۳] و خداداد مصطفوی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر خشکی بر صفات زراعی۳۰ لاین و شش رقم گندم و همچنین معرفی لاین‌های متحمل و حساس به خشکی آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا گردید، عامل اصلی در دو سطح شامل تنش و عدم تنش خشکی و عامل فرعی شامل ۳۰ لاین و شش رقم بود، سطوح عدم تنش به صورت معمول منطقه تا پایان فصل رشد آبیاری شد و برای عامل تنش یک بار آبیاری پس از کاشت برای سبز شدن و یک بار آبیاری در اسفند انجام گرفت و تا آخر فصل رشد آبیاری قطع شد، صفاتی از قبیل عملکرد، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله اندازه‌گیری شد. عکس‌العمل لاین‌ها به تنش متفاوت بود، به طوری که تنش موجب کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی مخصوصاً عملکرد دانه گردید. گر چه وجود شرایط دیم باعث کاهش عملکرد دانه در لاین‌های مختلف نسبت به شرایط آبی شد، ولی مشاهده گردید که بعضی از لاین‌ها در شرایط دیم تنش خشکی را تحمل کرده و عملکرد نسبتاً بالایی دارند (برای صفت عملکرد دانه لاین‌های ۲، ۲۹ و ۲۳ در سه سطح به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را داشتند). به منظور ارزیابی نهایی از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه کلاستر استفاده شد. با استفاده از تجزیه به عامل‌ها چهار عامل اول در حالت نرمال ۸۰/۲۴۵ درصد و در حالت تنش ۷۹/۶۲۴ درصد واریانس کل را توجیه نمودند. در تجزیه کلاستری به روش draW و بر اساس فاصله اقلیدسی۳۶ لاین و رقم به چهار دسته تقسیم شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل به خشکی، صفات زراعی، عملکرد دانه

مقدمه

در حدود ۳۲ درصد از مناطق کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) در کشورهای در حال توسعه، انواع مختلفی از تنش خشکی را در طول فصل رشد تجربه می‌کنند (Morris et al., 1991). نواحی تحت تنش به مناطقی گفته می‌شود که میزان بارندگی سالیانه آنها کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد (Rajaram, 2001). ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر و شهرستان قروه با متوسط ۳۴۰ میلی‌متر جزو این نواحی می باشد (میزان بارش در سال اجرای این تحقیق بر اساس جدول ۱، ۳۳۷/۵ میلی‌مترمی‌باشد). حدود ۴۵درصد از اراضی زیر کشت گندم دیم در ایران دارای متوسط بارش کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر هستند و ۷۲۰۰۰ هکتار از اراضی این شهرستان سالانه با بارندگی قید شده به صورت دیم کشت می‌شود. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، خصوصیات نامناسب خاک، مدیریت‌های مزرعه و عمدتاً کمبود آب باعث می‌شوند که عملکرد گندم به ویژه در مناطق دیم در حد پایینی باشد. در چنین مناطقی، میزان بارندگی از سالی به سال دیگر متغیر و پیش‌بینی میزان وبخصوص توزیع آن مشکل می‌باشد. تحت چنین شرایطی عملکرد دانه گندم در سال‌های متوالی نوسانات فراوانی نشان می‌دهد و افزایش عملکرد از طریق به‌نژادی و تولید ارقام سازگار و مقاوم به خشکی پیچیده ومشکل می‌باشد، زیرا صفات و عوامل بسیاری در بیان پدیده مقاومت به خشکی دخالت داشته و این صفات و عوامل با همدیگر اثر متقابل دارند. بنابراین، نیاز به بررسی‌های جامع‌تر و تحقیقات بیشتر ضروری به نظر می‌رسد.

در بررسی برنامه‌های به نژادی به منظور گزینش مواد برتر، رقم ایده‌ال رقمی است که دارای عملکرد بالا و پایدار باشد، به عبارت دیگر، با محیط سازگاری بالایی از خود نشان دهد. برای بررسی سازگاری، تجزیه و تحلیل نتایج تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش ضروری به نظر می‌رسد. دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد و برای انتخاب افرادی با این خصوصیت،

۱، ۲ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، استاد پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: reza.nikseresht@gmail.com)

شاخص‌هایی مثل شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP)[1]، شاخص تحمل فرناندز (STI)[2]، میانگین هندسی (GMP)[3] و میانگین هارمونیک (Harm)[4] را ارائه دادند. روحی و همکاران (Rohii et al., 2003) در استان کردستان این شاخص‌ها در مورد ارقام ایرانی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و تأثیر مطلوب انتخاب بر اساس این شاخص‌ها را تأیید کردند. طالبی و همکاران (Talebi et al., 2009)، گل آبادی و همکاران (Golabadi et al., 2006)، سی‌وسه مرده و همکاران (Siosemardeh et al., 2006)، پیشنهاد کردند که مقادیر بالای شاخص‌هایGMP، STI، MP و Harm در هر دو شرایط تنش و بدون تنش در انتخاب برای تحمل به خشکی در گندم نان مؤثر است.

این بررسی نیز در این راستا و با اهداف زیر انجام شد:

۱) اندازه گیری صفات زراعی ۳۶ لاین و رقم گندم در محیط کم آب و بدون تنش و بررسی اثرات کم آبی بر این صفات، ۲) محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف زراعی با عملکرد دانه و بررسی تجزیه عامل‌ها وتجزیه خوشه ای در محیط تنش و بدون تنش، ۳) محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی و بررسی ارتباط این شاخص‌ها با عملکرد و ۴) معرفی متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برآورد پارامترهای مربوط به هر یک از صفات مورد مطالعه در تنش خشکی با استفاده از تجزیه و تحلیل۳۰ لاین برتر از ۳۰۷ لاین حاصل از تلاقی رقم آذر ۲ و رقم ۲۹۱ gnohZ–۸۷ به منظور شناسایی لاین‌های برتر انجام گرفت. برای اجرای این آزمایش لاین‌ها به همراه شاهدها (معرفی شاهدها) در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار (تعداد کم بذور لاین‌ها) در سال زراعی ۸۹–۱۳۸۸ در شهرستان قروه (بخش چهاردولی، شهر دزج) با شرایط آب و هوایی نسبتاً سرد (حدود پنج ماه در سال یخبندان است) کشت گردید. عامل اصلی در دو سطح شامل تنش و عدم تنش خشکی و عامل فرعی شامل ۳۰ لاین برتر مورد مطالعه و شش رقم شاهد بود (جدول ۲). کودپاشی بر اساس آزمون خاک انجام گرفت. با توجه به محدودیت بذور بعد از شمارش و تقسیم‌بندی تصادفی، لاین‌ها درکرت‌های مجزاکاشته شدند. سطوح عدم تنش به صورت معمول منطقه تا پایان فصل رشد آبیاری شد و برای عامل تنش یک بار آبیاری پس از کاشت و یک بار آبیاری در اسفند ماه انجام گرفت و تا آخر فصل رشد آبیاری قطع گردید. بعد از رسیدگی کامل به منظور اندازه گیری صفات ذکر شده، تعداد ۵–۳ بوته نرمال برداشت گردید پس از یادداشت برداری از صفات، تصحیح داده‌ها، آزمون نرمالیتی، تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی صفات، تجزیه کلاستر و تجزیه عامل‌ها و در نهایت، شاخص‌های تحمل به خشکی زیر برآورد گردید (اندازه گیری صفات بر اساس میانگین ۵–۳ بوته از هر کرت و بر اساس واحدهای سانتیمتر و گرم می‌باشد، تاریخ اولین آبیاری ۱۳۸۸/۷/۱۵ و تاریخ آخرین آبیاری ۱۳۸۹/۴/۱۵).

معادله (۱) MP شاخص میانگین حسابی عملکرد $MP=(\frac{Y_P+Y_S}{2})$

معادله (۲) STI: شاخص تحمل فرناندز $STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$

معادله (۳) GMP: شاخص میانگین هندسی محصول‌دهی $GMP = \sqrt{Y_P Y_S}$

معادله (۴) HARM: شاخص میانگین‌هارمونیک $HARM: \frac{2Y_P Y_S}{Y_P + Y_S}$

Y_s: عملکرد در شرایط تنش و Y_p: عملکرد در شرایط نرمال

جهت پردازش اطلاعات مورد نظر از نرم‌افزار Excel، SPSS(10)، Minitab(11)و SAS (6.12) استفاده شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌های صفات تعداد پنجه، وزن بوته، وزن سنبله‌های بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت تبدیل داده لگاریتمی بر مبنای۱۰ و برای طول ریشک و عملکرد دانه به ترتیب تبدیل nscor و rs انجام گرفت.

نتایج و بحث

همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود (جدول ۲) که هیچ کدام از منابع تغییر صفات تعداد پنجه، طول ریشه و طول پدانکل معنی‌دار نشد. بنابراین، بین ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات گفته شده تنوع وجود ندارد که علت این مسئله می‌تواند به ماهیت ژنتیکی والدین این لاین‌ها مربوط باشد. چنانچه مشاهدهمی‌شود اختلاف معنی‌داری برای اثر بلوک در اکثر صفات وجود ندارد، به سخن دیگر بلوک‌ها از نظر آماری یکسان هستند و محیط آزمایش از لحاظ بلوک-بندی برای صفات قید شده یکنواخت است. برای صفات ارتفاع ساقه اصلی، طول سنبله ساقه اصلی، وزن بوته، وزن سنبله‌های بوته، تعداد دانه ساقه اصلی، تعداد دانه بوته، طول ریشک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، عامل فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است و این بیانگر این نکته می‌تواند باشد که خشکی باعث کوتاه شدن ارتفاع و کاهش وزن گردیده است. برای صفت وزن هزار دانه عامل فرعی معنی‌دار نگردیده است (احتمالاً به ماهیت ژنتیکی والدین این لاین‌ها بر می‌گردد)، ولی اثر متقابل وعامل اصلی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار هستند. برای صفت عملکرد دانه اثر متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است واین موکد این نکته است که لاین‌ها در دو حالت نرمال و خشکی عملکردهای متفاوتی داشته‌اند. اثر متقابل درتمامی صفات به غیر از سه صفت (تعداد پنجه، طول ریشه و طول پدانکل) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

1- MP: Mean productivity
2- STI: Stress tolerance index
3- GMP: Geometric mean productivity
4- HARM: Harmonic mean index

جدول ۱- میزان دما و نزولات جوی شهرستان قروه

Table 1- The amount of temperature and precipitation in Ghorveh

میزان بارش Precipitation	حداکثر دما Maximum temperature	حداقل دما Minimum temperature	ماه Month	سال Year
7	26.2	2	مهر Oct	2009
91.2	17.4	-1.4	آبان Nov	2009
29.5	11.6	-7	آذر Des	2009
4.2	14	-4.6	دی Jan	2010
69.2	16.6	-11.7	بهمن Feb	2010
44.3	23.1	-3.4	اسفند March	2010
3.4	19.9	-4.4	فروردین April	2010
87.1	25	3.4	اردیبهشت May	2010
1.6	33.8	6.6	خرداد Jun	2010

جدول ۲- کد لاین‌ها

Table 2- Line codes

کدها codes	شماره لاین Line No
1	292
2	144
3	150
4	232
5	275
6	145
7	231
8	235
9	57
10	104
11	130
12	216
13	142
14	168
15	276
16	226
17	238
18	272
19	146
20	47
21	240
22	249
23	293
24	107
25	60
26	219
27	177
28	97
29	166
30	225
31	Azar 2
32	Gascogen
33	C-84-5509
34	Roshan W
35	Gaspard
36	Alamot

شجره لاین‌ها: ۳۰ لاین برتر از ۳۰۷ لاین حاصل از تلاقی رقم آذر۲ و رقم ۲۹۱ gnohZ-۸۷ و ۶ رقم شاهد

30 Preferred Lines among 307 lines resulted from mixing Azar 2 and 87-Zhong 291 and 6 cultivars control

گاهی در صورت نزدیکی میانگین تیمارهای به کار برده شده در آزمایش به یکدیگر و یا ترتیب قرار گرفتن آنها در دو سوی میانگین کل آزمایش به گونه‌ای است که اختلاف‌های آنها نسبت به میانگین کل، بسیار اندک می‌باشد و این اختلاف‌ها یکدیگر را خنثی می‌کند، آنگاه برای اثر تیمار، جدول تجزیه واریانس معنی‌دار نخواهد شد، چون مجموع مربع‌های تیمار در حقیقت اختلاف بین میانگین هر تیمار را نسبت به میانگین کل می‌سنجد. در حالتی که گفته شد، مقدار مجموع مربع‌های تیمار نسبتاً کوچک بوده و از این‌رو، واریانس آن که در واقع معدلی از مجموع مربع‌های تیمار است نیز کاهش می‌یابد و در مقایسه با واریانس خطا، کوچک شده و نتایج آزمایش معنی‌دار نمی‌شود. در برخی از این حالات ممکن است در واقع اختلاف‌های معنی داری بین کوچکترین و بزرگترین میانگین‌ها وجود داشته باشد که تجزیه واریانس قادر به تشخیص آن نشده است (Bassiri, 1999)، مانند تیمارهای تعداد پنجه، طول ریشه، طول پدانکل که از بین این سه تیمار، تیمار تعداد پنجه لاین‌های ۲۸ و ۳۲ در دو سطح به ترتیب بیشترین و ۱۳ و ۳۰ دردوسطح کمترین میانگین را دارند و بقیهٔ تیمارها در سطح جداگانه‌ای قرار می گیرند. البته تیمارهای طول ریشه و طول پدانکل بدون هیچ اختلافی تماماً در یک سطح قرار می گیرند و اختلاف معنی‌داری ندارند که علت این مسئله می‌تواند به ماهیت ژنتیکی والدین این لاین‌ها یا شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی پراکنده درمنطقه که در جدول ۱ بیان گردیده مربوط باشد، برای تیمار عملکرد دانه لاین‌های ۲، ۲۹ و ۲۳ در سه سطح متفاوت به ترتیب بیشترین عملکرد را دارند و بقیهٔ تیمارها در ۱۷ سطح متفاوت دیگر قرار می‌گیرند. مقایسه میانگین سایر تیمارها نیز در جدول‌های ۳ و ۱۶ مشخص گردیده است.

نتایج مربوط به همبستگی صفات مختلف نیز در هر دو شرایط تنش و بدون تنش در جدول‌های ۱۴ و ۱۵ آمده است مقایسه دو جدول اطلاعات زیر را در اختیار می‌گذارد:

همبستگی عملکرد دانه با تمام صفات دیگر در حالت تنش مثبت و معنی دار است (با طول ریشک در سطح احتمال پنج درصد و با سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است). ۲- در شرایط نرمال عملکرد دانه با تعداد پنجه، ارتفاع ساقه اصلی، طول پدانکل،

وزن هر بوته، وزن سنبله‌های بوته، تعداد دانه‌ساقه اصلی، تعداد دانه-های بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و مثبت و با طول ریشه، طول سنبله ساقه اصلی، طول ریشک بی‌معنی بود. ضمناً در شرایط بدون تنش، بین ارتفاع و وزن سنبله‌ها و وزن هزار دانه همبستگی معنی-داری مشاهده می‌گردد (ارتفاع در هر دوحالت نرمال و تنش با تعداد دانه ساقه اصلی همبستگی ندارد، ولی درحالت تنش ارتفاع با طول سنبله اصلی (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار و درحالت نرمال بی‌معنی است). شاخص برداشت بیانگر توان ژنوتیپ در اختصاص دادن بیشتر مواد فتوسنتزی در جهت عملکرد اقتصادی می‌باشد و از این نظر در هر دو محیط بدون تنش و تحت تنش بین لاین‌های گندم مورد مطالعه تنوع وجود داشت. در محیط بدون تنش، شاخص برداشت با ارتفاع، تعداد دانه ساقه اصلی، تعداد دانه بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه همبستگی خیلی معنی‌داری دارد؛ در حالی‌که در محیط تحت تنش، شاخص برداشت فقط با عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و خیلی معنی‌داری دارد. بنابراین، افزایش شاخص برداشت در محیط تحت تنش عمدتاً به دلیل افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه است و همبستگی آن با عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نیست.

به منظور برآورد عامل‌های مؤثر و مشخص کردن سهم هر کدام در واریانس کل تجزیه و تحلیل عامل‌ها صورت گرفت و بر این اساس عامل‌هایی که دارای ریشه مشخصه بزرگتر از یک بودند انتخاب گردیده و برای تشکیل ماتریس ضرایب عاملی بکار گرفته شدند. با استفاده از چرخش وریمکس روی ماتریس بارهای عاملی اصلی چرخش انجام شد و بدین‌ترتیب، ماتریس بارهای عاملی چرخش یافته به دست آمد. به منظور تفسیر بهتر و منطقی‌تر، ضرایب عاملی بالای ۰/۵ به عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گفته شد (Golparvar et al., 2006).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات

Table 3- Mean comparison of treatments

صفات Trait	لاین‌هایی که بیشترین میانگین را دارند The most mean	لاین‌هایی که کمترین میانگین را دارند The least mean
تعداد پنجه No. of tiller	28	13
طول ریشه Root length	لاین‌ها و ارقام تفاوت معنی‌داری ندارند. The lines and cultivars are not significantly different.	
ارتفاع ساقه اصلی Main stem height	2, 22	29
طول سنبله ساقه اصلی Main wheat ear length	10	19
طول پدانکل Peduncle length	لاین‌ها و ارقام تفاوت معنی‌داری ندارند. The lines and cultivars are not significantly different.	
وزن هر بوته Bush weight	4	13
وزن سنبله‌های بوته Wheatear weight/ b	4	13
تعداد دانه ساقه اصلی No. of grain/ m stem	29	5
تعداد دانه بوته No. of grain/b	23, 24, 29	13
وزن هزار دانه 1000-grain weight	12	36, 31, 28, 22, 10, 9, 19, 15, 34, 6, 24, 7
طول ریشک Awn length	3	27
عملکرد دانه Grain yield	2	13
عملکرد بیولوژیک Biological yield	4	13
شاخص برداشت Harvest index	4	13

توجه: اعداد کد لاین‌ها است که بر اساس جدول کدبندی شماره ۱۲ می‌باشد.

Notice: Numbers are the line codes base on table 12.

جدول ٤- مقدار ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده در شرایط نرمال

Table 4- Eigen value, percent of variance and cumulative percentage of extracted factors in normal condition

محیط نرمال باچرخش وریمکس Normal condition with varimax rotation			محیط نرمال بدون چرخش (حالت عادی) Normal condition without rotation			عامل Factors
درصد تجمعی Cumulative percentage	درصد واریانس Percent of variance	مقدار ویژه Eigen value	درصد تجمعی Cumulative percentage	درصد واریانس Percent of variance	مقدار ویژه Eigen value	
38.406	38.406	5.377	45.978	45.978	6.437	1
53.895	15.489	2.168	59.745	13.767	1.927	2
69.362	15.467	2.165	71.245	11.500	1.610	3
80.245	10.883	1.524	80.245	9.000	1.260	4

بر این اساس، مشخص گردید که درمحیط نرمال چهار عامل اول در مجموع ۸۰/۲۴۵ درصد از واریانس و تغییرات بین صفات را توجیه می‌کنند (جدول ۴). عامل اول ۳۸/۴۰۶ درصد واریانس را توجیه می‌کند و نقش مهمی در توجیه متغیرهایی نظیر تعداد پنجه، وزن هر بوته، وزن سنبله‌های بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارد و تحت عنوان عامل عملکرد دانه نامیده می‌شود. عامل دوم ۱۵/۴۸۹ درصد از تغییرات بین متغیرها را توجیه می‌کند و نقش مهمی در توجیه صفاتی نظیر تعداد دانه در ساقه اصلی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت دارد.

جدول ٥- تجزیه عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه به روش مولفه‌های اصلی و چرخش وریمکس در شرایط نرمال

Table 5- Analysis of factors for the studied treatments by using principle component and varimax rotation in normal condition

بار عامل‌های چرخش یافته Rotation component				بار عامل‌های اصلی Principle component				صفت Trait
عامل چهارم Factor 4	عامل سوم Factor 3	عامل دوم Factor 2	عامل اول Factor 1	عامل چهارم Factor 4	عامل سوم Factor 3	عامل دوم Factor 2	عامل اول Factor 1	
-4.28E-02	0.326	-7.81E-02	0.816	−0.132	−0.358	−0.189	0.774	تعداد پنجه No. of tiller
-3.77E-02	−0.404	−0.144	0.390	5.936E-03	9.945E-02	−0.546	0.171	طول ریشه Root length
9.751E-02	0.788	0.256	0.395	-9.48E-02	−0.333	0.524	0.676	ارتفاع ساقه اصلی Main stem height
0.830	1.085E-02	4.055E-02	0.130	0.764	0.127	0.111	0.308	طول سنبله ساقه اصلی Main Wheatear length
0.139	0.768	9.575E-02	0.413	-1.15E-02	−0.437	0.430	0.643	طول پدانکل Peduncle length
6.339E-02	0.217	-9.65E-02	0.912	-2.41E-02	−0.298	−0.302	0.844	وزن هر بوته Bush weight
0.150	7.378E-02	0.267	0.917	-2.78E-02	7.815E-02	−0.210	0.943	وزن سنبله‌های بوته Wheatear weight/ b
0.496	−0.375	0.536	0.406	0.322	0.668	−0.102	0.527	تعداد دانه ساقه اصلی No. of grain/ m stem
0.183	-5.01E-02	0.256	0.892	2.153E-02	0.155	−0.287	0.889	تعداد دانه بوته No. of grain/b
-5.59E-02	0.445	0.657	0.102	−0.288	0.196	0.589	0.418	وزن هزار دانه 1000-grain weight
0.683	0.491	-5.59E-02	1.624E-03	0.616	−0.255	0.439	0.270	طول ریشک Awn length
0.107	0.139	0.540	0.806	−0.139	0.249	1.640E-02	0.944	عملکرد دانه Grain yield
0.119	0.141	0.119	0.959	-2.75E-02	-8.47E-02	−0.261	0.944	عملکرد بیولوژیک Biological yield
3.013E-02	0.108	0.944	4.384E-02	−0.246	0.644	0.533	0.381	شاخص برداشت Harvest index

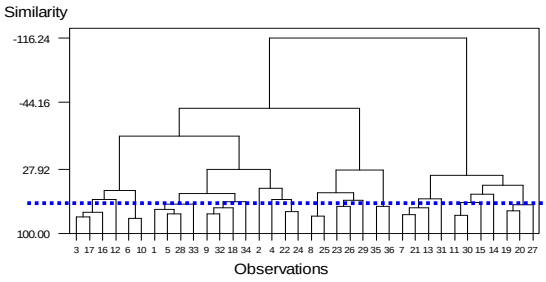
عامل سوم ۱۵/۴۶۷ درصد از تغییرات بین متغیرها را توجیه می‌کند و نقش مهمی در توجیه صفاتی نظیر ارتفاع ساقه اصلی و طول پدانکل دارد. عامل چهارم ۱۰/۸۸۳ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند و نقش مهمی در توجیه صفاتی نظیر طول سنبله ساقه اصلی و طول ریشک دارد، در محیط تنش چهار عامل اول در مجموع ۷۹/۶۲۴ درصد واریانس و تغییرات بین صفات را توجیه می‌کنند (جدول ۷). عامل اول ۳۴/۳۶۶ درصد از واریانس را توجیه می‌کند و نقش مهمی در توجیه متغیرهایی نظیر تعداد پنجه، وزن بوته، وزن سنبله در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارد و تحت عنوان عامل عملکرد دانه نامیده می‌شود.

عامل دوم ۱۷/۴۷۵ درصد از واریانس را توجیه و نقش مهمی در توجیه متغیرهایی نظیر طول ریشه، ارتفاع ساقه اصلی، طول پدانکل، طول ریشک دارد. عامل سوم ۱۴/۵۵۹ درصد از واریانس را توجیه می‌کند و نقش مهمی در بیان تغییرات صفاتی نظیر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت دارد. عامل چهارم ۱۳/۲۲۵ درصد از واریانس را توجیه و نقش مهمی در بیان تغییرات صفاتی نظیر طول سنبله ساقه اصلی، تعداد دانه ساقه اصلی و طول ریشک دارد.

به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از روش آماری تجزیه خوشه‌ای استفاده شد (جدول‌های ۸ و ۹)، همان طور که در شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود ۳۰ لاین و شش رقم مورد مطالعه در چهار گروه مجزا قرار گرفتند. بنابراین، در برنامه‌های اصلاحی منطقه می‌توان از یکی از ژنوتیپ‌های هر گروه استفاده کرد، به عنوان نمونه در شرایط نرمال رقم آذر ۲ درکلاس چهار و در شرایط تنش در کلاس سه قرار می‌گیرد. لاین‌های شماره ۲، ۲۹ و ۲۳ که بیشترین میانگین عملکرد را دارند و با توجه به جدول مقایسه میانگین، در سه سطح متفاوت قرار گرفته بودند، در شرایط تنش در گروه شماره یک با فاصله متوسط ۲/۱۳۹ از مرکزخوشه و در شرایط نرمال لاین شماره ۲ در گروه دو با فاصله متوسط ۲/۰۳۳ از مرکز خوشه و لاین‌های ۲۹ و ۲۳ در گروه سه با فاصله متوسط ۲/۷۰۴ از مرکز خوشه قرار می‌گیرد.

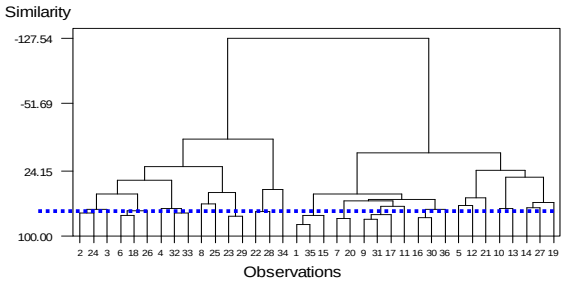
با توجه به جدول همبستگی شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش (جدول ۱۱)، همبستگی خیلی معنی‌دار بین عملکرد در شرایط نرمال و عملکرد در شرایط تنش وجود دارد و بیانگر ارتباط نزدیک بین عملکرد در دو شرایط می‌باشد، بر این اساس امکان اصلاح همزمان (در دو شرایط نرمال و تنش) وجود دارد.

نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در جدول ۱۱ ارائه گردیده است، بر اساس جدول ۱۲ که نتایج شاخص‌های تحمل به خشکی بیان گردیده است، حداقل وحداکثر لاین‌ها به قرار زیر است:



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ۳۰ لاین و شش رقم گندم در شرایط نرمال

Fig. 1- Cluster analysis of 30 lines and six wheat cultivars in normal condition



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای ۳۰ لاین و شش رقم گندم در شرایط تنش

Fig. 2- Cluster analysis of 30 lines and six wheat cultivars in drought condition

جدول ٦- تجزیه عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه به روش مولفه‌های اصلی و چرخش وریمکس در محیط تنش

Table 6- Analysis of factors for the studied treatments by using principle component and varimax rotation in drought condition

بار عامل‌های چرخش یافته Rotation component				بار عامل‌های اصلی Principle component				صفت Trait
عامل چهارم Factor 4	عامل سوم Factor 3	عامل دوم Factor 2	عامل اول Factor 1	عامل چهارم Factor 4	عامل سوم Factor 3	عامل دوم Factor 2	عامل اول Factor 1	
−0.153	−0.213	0.121	0.722	-9.18E-02	−0.181	−0.545	0.515	تعداد پنجه No. of tiller
-5.27E-02	-3.96E-02	0.546	0.413	5.587E-02	−0.429	-6.24E-02	0.532	طول ریشه Root length
0.150	0.257	0.824	0.302	0.119	−0.454	0.363	0.711	ارتفاع ساقه اصلی Main stem height
0.826	1.635E-02	0.127	0.161	0.579	0.389	0.193	0.448	طول سنبله ساقه اصلی Main Wheatear length
8.719E-02	0.257	0.844	0.244	9.222E-02	−0.509	0.386	0.654	طول پدانکل Peduncle length
4.300E-02	-8.40E-02	0.266	0.888	-2.53E-02	−0.132	−0.442	0.809	وزن هر بوته Bush weight
0.309	0.185	0.202	0.879	-1.70E-02	0.142	−0.207	0.938	وزن سنبله‌های بوته Wheatear weight/ b
0.661	0.264	−0.294	0.471	0.128	0.714	-1.94E-02	0.538	تعداد دانه ساقه اصلی No. of grain/ m stem
0.274	0.284	0.153	0.828	−0.106	0.184	−0.139	0.895	تعداد دانه بوته No. of grain/b
2.947E-02	0.704	0.306	0.167	−0.358	-9.97E-03	0.511	0.478	وزن هزار دانه 1000-grain weight
0.627	8.254E-02	0.548	-9.06E-02	0.568	-5.00E-02	0.488	0.381	طول ریشک Awn length
0.234	0.547	0.226	0.755	−0.259	0.172	9.808E-02	0.932	عملکرد دانه Grain yield
0.209	7.798E-02	0.239	0.925	-2.14E-02	3.117E-02	−0.318	0.928	عملکرد بیولوژیک Biological yield
0.100	0.927	5.577E-02	-0.113	−0.458	0.263	0.742	0.238	شاخص برداشت Harvest index

جدول ۷ -مقدار ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده در شرایط تنش

Table 7- Eigen value, percent of variance and cumulative percentage of extracted factors in drought condition

محیط تنش باچرخش وریمکس Drought condition with varimax rotation			محیط تنس بدون چرخش(حالت عادی) Drought condition without rotation			عامل Factors
درصد تجمعی Cumulative percentage	درصد واریانس Percent of variance	مقدار ویژه Eigen value	درصد تجمعی Cumulative percentage	درصد واریانس Percen of variance	مقدار ویژه Eigen value	
34.366	34.366	4.811	46.190	46.190	6.467	1
51.840	17.475	2.446	60.752	14.563	2.039	2
66.399	14.559	2.038	71.583	10.831	1.516	3
79.624	13.225	1.851	79.624	8.041	1.126	4

بیشتر بودن مقدار عددی این شاخص‌ها نشان از تحمل بیشتر به تنش می‌باشد (Fernandes, 1992). بدین ترتیب، بر اساس این چهار شاخص لاین شماره ۱۳ حساس‌ترین و لاین شماره ۲۹ متحمل‌ترین لاین نسبت به تنش خشکی می‌باشد. هر چهار شاخص فوق همبستگی مثبت و تقریباً یکسانی در هر دو شرایط با عملکرد دانه دارند. این همبستگی بالا نشان‌دهنده توانایی این شاخص‌ها در ارزیابی لاین‌ها در شرایط نرمال و تنش می‌باشد، لذامی‌توان شاخص-های فوق را به عنوان شاخص‌های موفق برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی برآورد و بیان نمود.

جدول ۸- تجزیه خوشه‌ای ۳۰ لاین و شش رقم گندم در شرایط نرمال

Table 8- Cluster analysis of 30 lines and six wheat cultivars in normal condition

گروه Cluster	تعداد Number of observations	مجموع مربع‌ها داخلی Within cluster sum of squares	متوسط فاصله ازمرکز Average distance from center	بیشترین فاصله ازمرکز Maximum distance from center
اول The first	12	93.641	2.692	4.350
دوم The second	6	28.079	2.033	3.108
سوم The third	11	85.162	2.704	3.688
چهارم The fourth	7	58.181	2.840	3.606

جدول ۹- تجزیه خوشه ای ۳۰ لاین و ٦ رقم گندم در شرایط تنش

Table 9- Cluster analysis of 30 lines and 6 wheat cultivars in drought condition

گروه Cluster	تعداد Number of observations	مجموع مربع‌های داخلی Within cluster sum of squares	متوسط فاصله ازمرکز Average distance from center	بیشترین فاصله ازمرکز Maximum distance from center
اول The first	12	57.012	2.139	2.846
دوم The second	13	133.518	2.909	3.923
سوم The third	8	93.255	3.402	3.695
چهارم The fourth	3	20.813	2.589	3.270

جدول ۱۰- میزان حداقل و حداکثر مقادیرشاخص‌های تحمل به خشکی

Table 10- The amount of the least and the most amounts of drought tolerance indices

نوع شاخص Index type	حداقل Min	حداکثر Max
	لاین شماره ۱۳ Line No. 13	لاین شماره ۲۹ Line No. 29
میانگین حسابی عملکرد MP	4.9625	9.7775
شاخص تحمل فرناندز STI	0.416225933	1.630669461
میانگین هندسی GMP	4.939473656	9.776852766
میانگین‌هارمونیک HARM	4.916554156	9.776205574

جدول ۱۱- تجزیه ضرایب همبستگی فنوتیپی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد در شرایط نرمال و تنش

Table 11- Analysis of phonotype correlation coefficient between drought tolerance indices and their yield in normal and drought conditions

	Y_p	Y_s	MP	STI	GMP
Y_s	0.823**				
MP	0.957**	0.953**			
STI	0.943**	0.958**	0.996**		
GMP	0.957**	0.953**	1.000**	0.995**	
HARM	0.957**	0.952**	1.000**	0.995**	1.000**

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، Yp: عملکرد در شرایط نرمال و Ys: عملکرد در شرایط تنش

**: is significant at %1 level of probability, Yp is Yield in normal condition and Ys is Yield in drought condition

جدول ۱۲- نتایج شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 12- The results of drought tolerance indices

شماره لاین Line No.	میانگین حسابی عملکرد MP	شاخص تحمل فرناندز STI	میانگین هندسی GMP	میانگین هارمونیک HARM
1	8.06	1.1061528630	052369217.80	8.05
2	9.6	567944023.10	586970324.90	9.57
3	8.02	095826286.10	014694317.80	8.01
4	8.35	189435069.10	35.80	8.35
5	7.47	951938719.00	47.70	7.47
6	7.50	956974701.00	489732973.70	7.48
7	6.35	680731828.00	316901931.60	6.29
8	8.97	372627432.10	97.80	8.97
9	7.24	884019499.00	198583194.70	7.16
10	6.36	684454224.00	334149509.6	6.32
11	7.01	829829384.00	97445876.60	6.94
12	8.00	091259015.10	997974744.70	8.00
13	4.96	416225933.00	939473656.40	4.92
14	6.16	644254227.00	145323425.60	6.14
15	7.313	906725771.00	290445803.70	7.27
16	8.03	090757891.10	99613813.70	7.97
17	7.29	905505586.00	285538758.70	7.28
18	8.59	257039114.10	584015669.80	8.58
19	6.08	630342157.00	078610038.60	6.08
20	6.96	825205391.00	955.60	6.955
21	6.183	651622251.00	180364067.60	6.18
22	8.35	189435069.10	35.80	8.35
23	9.68	589632693.10	653048741.90	9.63
24	9.62	577125904.10	615.90	9.615
25	8.94	361936633.10	935.80	8.935
26	8.41	205104273.10	8.40	8.40
27	7.30	909103873.00	7.3	7.30
28	7.74	021997208.10	7.74	7.74
29	9.78	630669461.10	9.78	9.78
30	7.13	865947455.00	7.12	7.12
31	5.68	5424479.00	5.64	5.60
32	8.68	285308082.10	8.68	8.68
33	7.61	987933961.00	7.61	7.61
34	7.33	912902611.00	7.32	7.30
35	8.10	119277634.10	8.10	8.10
36	6.59	739631234.00	6.58	6.584
Mean	7.65	018815.10	7.64	7.63
Std	1.18	30724176.00	1.18	1.18

نتیجه‌گیری

تعداد دانه یکی از مهمترین اجزای عملکـرد در گنـدم مـی‌باشـد. ژنوتیپ‌هایی که برای این صفت پایداری نشان می‌دهند، اغلب تحـت تنش خشکی، تحمل بهتری از خود نشان مـی‌دهنـد، امـا در صـورت

گزینش برای آن، وزن دانه‌ها نیز می‌تواند مهم باشد. دراین طرح نیز ملاحظه می‌گردد که بر اساس جدول تجزیه واریانس برای تعداد دانه ساقه اصلی عامل اصلی، عامل فرعی و اثرمتقابل هرسه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای تعداد دانه در بوته عامل اصلی در سطح احتمال پنج درصد، عامل فرعی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌داراست. با عنایت به جدول‌های مقایسه میانگین، همبستگی و تجزیه خوشه‌ای و با در نظر گرفتن برخی از صفات نظیر عملکرد دانه، تعداد دانه ساقه اصلی، تعداد دانه بوته و وزن هزار دانه به نتایج زیر می‌توان رسید: لاین‌های ۲، ۲۹، ۲۳، ۲۴ و ۱۲ را به عنوان لاین‌های امیدبخش معرفی و در برنامه‌های اصلاحی منطقه (شهرستان قروه) در شرایط دیم بکار برد (لاین شماره ۲۹ بر اساس بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی متحمل‌ترین لاین می‌باشد). تنوع ژنتیکی از نظر صفات، اولین و اساسی‌ترین گام جهت مطالعات خشکی است.

چون به واسطه آن می‌توان لاین‌ها و ارقام را در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی نمود. جمعیتی می‌تواند حداکثر تفرق رانشان دهد که والدین آن از نظر صفات مرتبط کاملاً متفاوت باشند (Mohammadi et al., 2008). بنابراین، در کنار توصیه کاربرد لاین‌های فوق، پیشنهاد می‌شود از نتایج این تحقیق درتشکیل جمعیت‌های در حال تفرق نیز استفاده شود، به عنوان نمونه تلاقی لاین‌های ۲۹×۱۳، ۲×۱۳ و ۴×۱۳می‌تواند جمعیت‌های مناسبی جهت مطالعات تحمل به خشکی ایجاد کند.

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه، تلاش‌ها و راهنمایی آقای دکتر عبداله محمدی در تهیه بذر و مواد آزمایشی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdemishani, S., and Jafarishabestari, J. 1988. Evaluation of tolerance to drought in wheat varieties. Iranian Journal of Agricultural Sciences 19(1,2): 37-45. (In Persian)

Bassiri, A. 1999. Statistical Design in Agricultural Sciences. 6th Edition, Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Persian)

FAO. 2001. Food and Agricultural Organization of the United Nations Quarterly bulletin of statistics. Rome. Italy.

Farshadfar, A. 2000. Selection for drought resistance in bread wheat lines. Sciences and Agricultural industrials Journal (14): 161-171. (In Persian)

Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: proceeding of the Symposium Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By: C.G. Kuo. AVRDC.

Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897 -912.

Golabadi, M., Arzani, A., and Maibody, S.A.M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. African Journal of Agricultural Research 5: 162-171.

Golparvar, A.R., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Ahmadi, A., Heravan, E.M., and Ghasemi Pirbalooti, A. 2006. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought stress conditions. Pajouhesh & Sazandegi (72) 52-59. (In Persian with English Summary)

Levitt, J. 1980. Response of Plants to Environment Stresses. Academic Press, New York. 11: 3-18.

Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M.R., and Heidari Sharifabad, H. 2006. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. Pajouhesh & Sazandegi (73) 184-192. (In Persian with English Summary)

Morris, M. L., Belaid, A., and Byeriey, D. 1991. Wheat and barley Production in rainfed marginal environments of the developing world. Part I of. 1990-91. CIMMYT world wheat factors and trends wheat and barley production in rainfed marginal environments of the developing world. CIMMYT, Mexico, D.F.

Quarrie, S.A., and Jones, H.G. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abssisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. Annals of Botany 44: 323-332.

Rajaram, S. 2001. International wheat breeding: past and present achievement and future direction. Crop Science 43: 874-885.

Richards, R.A. 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. II. Growth, water use, and water- use efficiency. Australian Journal of Agricultural Research 43: 529-539.

Rohii, E., and SioSemardeh, A. 2003. Evaluation of different indices of drought tolerance and introduction resistant cultivar to be used in improving dry wheat programs in Kurdistan province. The collection of Articles Presented in Iran's Dry Cultivation Congress, University of Ilam. (In Persian)

Rosielle, A.T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. Crop Science 21: 943 – 945.

SioSemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under

various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.
Talebi, R., Fayaz, F., and Mohammadi Naji, A. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum*). General and Applied Plant Physiology 35(1-2): 64-74.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۱۷-۱۰۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 108-117

بررسی خصوصیات کمی و کیفی علوفه خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ارزن نوتریفید (*Pennisetum* sp.) در الگوهای مختلف کشت

ندا پاک‌گوهر[۱]، احمد قنبری[۲] و حسن فرح‌بخش[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

یکی از مؤثرترین راهکارهای حصول پایداری تولید با نهاده کم، افزایش تنوع از طریق حضور کشت‌های مخلوط در اکوسیستم‌های زراعی است. بدین منظور، آزمایشی بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار و با استفاده از دو گیاه خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ارزن نوتریفید (*Pennisetum* sp.) در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی کرمان در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. کشت خالص خلر، کشت خالص ارزن، کشت ردیفی ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد ارزن، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد ارزن، ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد ارزن به صورت ردیفی وکاشت مخلوط بذور در روی ردیف به نسبت ۵۰ درصد تیمارهای آزمایش را تشکیل می‌دادند. صفات عملکرد خشک، نسبت برابری زمین (LER)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، خاکستر و پروتئین خام به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. بیشترین عملکرد خشک علوفه در تیمارهای کشت خالص ارزن، کشت ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد ارزن و کشت ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد ارزن بدست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بیشترین درصد پروتئین خام در کشت خالص خلر مشاهده شد که با تیمار ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد ارزن تفاوت معنی‌داری نداشت. با افزایش درصد خلر در کشت مخلوط میزان NDF ۲۴/۶۹ درصد کاهش یافت. درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی و درصد خاکستر در کشت مخلوط به ترتیب پائین‌تر و بالاتراز کشت خالص دو گیاه بود. بیشترین نسبت برابری زمین با ۱/۳۲ از کشت ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد ارزن حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با نسبت ۵۰ درصد+ ۵۰ درصد این دو گیاه نداشت. نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به صفات اندازه‌گیری شده، کشت مخلوط ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد ارزن منجر به افزایش تولید کمی و کیفی علوفه گردید.

واژه‌های کلیدی: الیاف محلول، پروتئین خام، خاکستر، نسبت برابری زمین، نسبت کاشت

مقدمه

یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار، بازگرداندن تنوع به اکوسیستم‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است (Lithoargidis et al., 2007). افزایش تنوع، پیچیدگی ذاتی اکوسیستم‌های زراعی را افزایش داده و از این طریق، فرآیندهای آن را تقویت می‌کند (Burel & Baudry, 1995). ایجاد تنوع در روش‌های مدیریتی و اشکال مختلف بهره‌برداری از منابع یا به عبارت دیگر، افزایش تنوع زیستی در کشاورزی از بهترین و مؤثرترین راهکارهای حصول به پایداری تولید می‌باشد (Pinedo-Vasquez et al., 2000). بسیاری از محققین، مهمترین عامل افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی را حضور کشت‌های مخلوط در این سیستم‌ها می‌دانند (Olasantan, 1999; Koocheki et al., 2009). کشت مخلوط یکی از روش‌های بسیار قدیمی در تولید محصولات زراعی در سیستم‌های کشاورزی معیشتی می‌باشد و عبارت است از تولید دو یا چند محصول به طور هم‌زمان در یک قطعه زمین که به منظور افزایش بهره برداری و راندمان منابع انجام می‌گیرد (Rahimy et al., 2003). افزایش عملکرد، افزایش تنوع زیستی و ثبات بیولوژیکی، بهره‌برداری بهتر از عوامل رشد و همچنین تسهیل در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی و کاهش خطر پذیری در تولید محصولات کشاورزی از جمله فوائد کشت مخلوط می‌باشند. مطالعات نشان داده است که برتری بیولوژیک زراعت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Weil Rag & Macfaden, 1991). از ویژگی‌های این سیستم کشت در تولید گیاهان علوفه‌ای می‌توان به ثبات محصول و صرفه-

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: farahbakhsh@yahoo.com)

جویی در وقت و انرژی مصرفی، کاهش فرسایش و افزایش حاصلخیزی خاک و بدست آوردن یک ترکیب متعادل در جیره غذایی دام اشاره کرد (Rashidi Soufi, 1995). هدف از آزمایش‌های کشت مخلوط بویژه مخلوط گیاهان علوفه‌ای افزایش عملکرد و کیفیت محصول، بهره‌برداری بهتر از عوامل اقلیمی و ادافیکی و پایداری تولید می‌باشد و اکثر آزمایش‌های کشت مخلوط شامل گیاهان خانواده بقولات و غلات هستند (Lithourgids et al., 2011). لگوم‌ها علاوه بر تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها دارای ریشه‌هایی هستند که با نفوذ به اعماق خاک و با قابلیت ایجاد رابطه همزیستی با باکتری‌های جنس *ریزوبیوم* در کشت‌های مخلوط می‌توانند سبب بهبود توازن نیتروژن در نظام‌های کشاورزی گردند (Armstrong et al., 2008). گیاهان غلات از نظر ماده خشک در سطح بالایی قرار دارند، ولی از حیث پروتئین فقیرند، اما گیاهان بقولات بالعکس از نظر میزان پروتئین در سطح بالایی قرار دارند، لذا مخلوط غلات و بقولات اغلب منجر به تولید علوفه با کیفیت بالا خواهد شد (Reid et al., 1988). این مساله به‌واسطه افزایش در پروتئین خام[1] (CP) و درصد خاکستر[2] می‌باشد (Ghanbari & Lee, 2003). در بررسی کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) بیان شد که این نوع کشت موجب بهبود کیفیت علوفه، افزایش مقادیر پروتئین خام و کاهش محتوای الیاف باقیمانده در شوینده‌های خنثی[3] (NDF) و اسیدی[4] (ADF) گردید (Ghanbari & Lee, 2003). همچنین میزان پروتئین خام، لیگنین و خاکستر بالاتر و ADF پایین‌تری در سیلوی ذرت (*Zea mays* L.)- باقلا در مقایسه با سیلوی ذرت خالص مشاهده شد (Murphy et al., 1984). در ارزیابی کیفیت علوفه حاصل از کشت مخلوط ذرت و خلر (*Lathyrus sativus* L.) گزارش شد که کشت خالص خلر میزان ADF و NDF کمتر و پروتئین خام بیشتری نسبت به سایر نسبت‌های کشت دارا بود (Naghizadeh & Galavi, 2011). نتایج حاصل از کشت مخلوط ارزن (*Pennisetum glaucum* L.) و سویا (*Glycine max* L.) نشان از برتری عملکرد علوفه تر و خشک کشت مخلوط ردیفی بر تک‌کشتی و کشت درهم داشت (Aishi Reazaei et al., 2011). در مخلوط ارزن و لوبیا قرمز بیشترین مقدار شاخص برداشت و درصد پروتئین خام موجود در بافت گیاه ارزن از تیمارهای کشت مخلوط حاصل گردید، در حالی‌که برای گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) حداکثر این صفات از تیمار کشت خالص آن به‌دست آمد (Tavasoli et al., 2010). در آزمایشی با بررسی سیستم‌های مختلف سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum* L.) در کشت‌های مخلوط نسبت کشت مخلوط ۷۵ درصد ارزن مرواریدی با ۲۵ درصد سورگوم دارای بیشترین نسبت برابری زمین (LER= ۱/۴۳) برای علوفه خشک بود (Khalatbari, et al., 2010).

کمبود علوفه یکی از مشکلات اصلی دامپروری در ایران است (Eshgizadeh et al., 2008) و به نظر می‌رسد که کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی به‌ویژه بصورت کشت مخلوط از اهمیت خاصی در تأمین پایداری کشاورزی در این منطقه برخوردار باشد. اکثر مطالعات انجام شده در مورد ارزن نوتریفید و خلر بر مبنای کشت خالص بوده است و گزارشی مبنی بر کشت مخلوط این دو گیاه در دسترس نیست. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش، افزایش پتانسیل و امکان کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای خلر و ارزن نوتریفید و تعیین بهترین ترکیب کشت مخلوط این دو گیاه از نظر کمیت و کیفیت علوفه با حداقل کاربرد نهاده بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی شهید زنده روح واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب شهر کرمان با مشخصات جغرافیایی ۵۷ درجه ۵ دقیقه و صفر ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ارتفاع ۱۸۱۹ متر از سطح دریا با اقلیم خشک و نیمه معتدل و متوسط بارندگی سالیانه ۱۱۰ میلی‌متر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به مرحله اجرا درآمد. کمینه و بیشینه دمای سالیانه آن به ترتیب به ۱۴- و ۴۰+ درجه سانتی‌گراد تنزل و ترقی می‌نماید. بافت خاک محل آزمایش از نوع شنی‌لومی و pH خاک نیز برابر با ۷/۷ بود. در این پژوهش الگوهای مختلف کشت خلر و ارزن نوتریفید بر اساس طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. کشت خالص خلر معمولی و ارزن نوتریفید، کشت‌های مخلوط ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد ارزن، ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد ارزن، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد ارزن به صورت ردیفی و نیز کشت مخلوط درهم ردیفی به نسبت ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد ارزن تیمارهای آزمایش را تشکیل می‌دادند. ضمناً زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت جو بود. بدین صورت، تهیه زمین شامل شخم در پاییز و پخش کود سوپر فسفات به میزان ۱۵۰ کیلوگرم (P_2O_5)، دیسک و تسطیح در اوایل فروردین بود و در اوایل خرداد پس از پخش کود اوره ($(NH_2)_2Co$) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار اقدام به ایجاد جوی و پشته شد. بذور خلر قبل از کاشت به باکتری *ریزوبیوم* آغشته و کاشت بذور دو گیاه هم‌زمان و بصورت دستی در تاریخ ۹۱/۳/۷ در عمق مناسب، با رعایت تراکم‌های مورد نظر و در محل داغ آب در یک طرف پشته با فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم به‌صورت ردیفی کشت گردیدند. بلافاصله پس از کاشت، آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی بر

1- Crude protein
2- Ash
3- Neutral detergent fiber
4- Acid detergent fiber

حسب شرایط آب و هوایی منطقه به‌طور متوسط هر هفته یکبار انجام شد. عملیات وجین علف‌های هرز سه مرتبه هر ۱۴ روز یکبار و بصورت دستی انجام شد. آزمایش در کل شامل ۱۸ کرت و هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف و ابعاد هر کرت ۲/۴×۳ متر بود. بین واحدهای آزمایشی در هر تکرار یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. برداشت با هدف تولید علوفه در تاریخ ۱۳۹۱/۵/۵ با حذف دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و زمانی انجام شد که گیاه خلر به عنوان گیاه اصلی در ابتدای گلدهی بود و در این زمان گیاه ارزن هنوز به خوشه نرفته بود. در این مرحله پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی گیاهان هر گونه به طور جداگانه از سطح زمین قطع و توزین گردیدند. سپس با توجه به نسبت وزنی دو گونه در هر تیمار، زیر نمونه‌هایی به وزن یک چهارم وزن اولیه از هر کرت برای هر گیاه به‌طور تصادفی تهیه و پس از جداسازی برگ و ساقه هر گونه به طور جداگانه، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، جهت خشک شدن، نگهداری و سپس وزن خشک نمونه‌ها محاسبه و در نهایت، عملکرد علوفه خشک تعیین شد. همزمان با برداشت ۳/۲ متر مربع جهت اندازه‌گیری عملکرد، از داخل سطح مذکور از نسبت‌های مختلف کاشت (کرتهای مختلف) تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و برای تعیین ارتفاع گیاه مورد استفاده قرار گرفتند. جهت تعیین کیفیت علوفه، مقداری از علوفه‌های خشک شده، آسیاب گردید و پودر حاصله به منظور تعیین درصد خاکستر و سنجش فاکتورهای کیفی علوفه از قبیل درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده خنثی با روش ون سوست (Van Soest et al., 1991) و درصد پروتئین خام به‌وسیله دستگاه طیف سنج مادون‌قرمز نزدیک (NIR)[1] که دارای دقیق‌ترین و در عین حال، سریع‌ترین تکنیک برای تخمین ترکیبات شیمیایی فرآورده‌های کشاورزی می‌باشد، استفاده شد.

برای اندازه گیری خاکستر، یک گرم نمونه از هر تیمار را درون بوته‌های چینی ریخته و سپس بوته‌ها را درون کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت پنج ساعت قرار داده و بعد از این مدت و رسیدن دمای کوره به ۱۵۰ درجه سانتی گراد، بوته‌ها به درون دسیکاتور انتقال داده شدند. در نهایت، براساس معادله (۱) درصد خاکستر مشخص شد:

$$\%Ash = (z-x/y-x) \times 100$$ معادله (۱)

که در این معادله، x: وزن بوته چینی، y: وزن بوته چینی+ نمونه گیاه قبل از کوره و z: وزن بوته چینی+ نمونه گیاه بعد از کوره می‌باشد.

برای محاسبه نسبت برابری زمین (LER)[2] از معادله (۲) استفاده گردید.

$$LER = \sum_{i=1}^{n} \frac{YIi}{YMi}$$

معادله (۲)

در این معادله، YI_i: عملکرد گونه iام در کشت مخلوط و YM_i: عملکرد گونه iام در تک‌کشتی است.

لازم به ذکر است که محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC و SAS نسخه 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نسبت برگ به ساقه

بیشترین نسبت برگ به ساقه برای تیمارهای خالص خلر، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد خلر ثبت گردید که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است کاهش درصد خلر به کمتر از ۵۰ درصد و جایگزین نمودن آن با ارزن باعث کاهش نسبت برگ به ساقه به میزان ۲۳/۴ درصد گردیده است. این کاهش را می‌توان احتمالاً به کاهش برگ‌های خلر به واسطه تراکم کمتر و عدم جبران آن توسط برگ‌های ارزن نسبت داد. در تیمار درهم خلر و ارزن به‌واسطه این‌که دو گیاه به طور مخلوط در روی ردیف کاشته شده بودند، احتمالاً به دلیل کاهش رشد خلر به واسطه عدم توانایی در رقابت با ارزن با رشد سریع‌تر ارزن و به تبع آن درصد برگ کمتر خلر، نسبت برگ به ساقه کاهش یافت.

برگی بودن می‌تواند شاخص خوبی برای کیفیت علوفه باشد. برگ بیشتر علوفه بهتری را حاصل خواهد نمود. تفاوت زیادی بین محتوای الیاف قابل هضم ساقه و برگ وجود دارد. افزایش نسبت برگ به ساقه موجب خوش خوراکی و افزایش درصد قابل هضم علوفه می‌شود (Kephart et al., 1989). برگ‌های گیاه در مقایسه با ساقه‌ها از درصد پروتئین بیشتر و درصد الیاف کمتری برخوردارند که این موضوع از نظر کیفیت محصول مهم می‌باشد، چرا که قابلیت هضم و خوش خوراکی برگ‌ها بیشتر است. هرچه نسبت برگ به ساقه بیشتر باشد، نشان‌دهنده این است که میزان ماده خشک سرمایه‌گذاری شده در برگ بیشتر از ساقه و در نتیجه کیفیت علوفه بالاتر می‌باشد (Ball et al., 2001).

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه خلر تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت قرار نگرفت

1- Near infrared spectroscopy

2- Land equivalent ratio (LER)

در حالی که ارتفاع گیاه ارزن به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر این تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین ارتفاع برابر ۱۱۰/۶ سانتی‌متر در ارزن از تیمار ۷۵ درصد ارزن حاصل شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود، همچنین بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گیاه خلر در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 1- Variance analysis (mean of squares) of measured traits of green pea under intercropping condition with millet

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برگ به ساقه Leaf to stem ratio	ارتفاع Height	علوفه خشک Dry forage	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	خاکستر Ash	پروتئین خام Crude protein
بلوک Block	2	0.011^{ns}	34.87^{ns}	421904^{ns}	3.901^{ns}	4.433^{ns}	1.3847^{ns}	1.020^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio	4	0.0546^{*}	218.83^{ns}	12848071^{**}	21.208^{**}	22.38^{**}	1.8173^{*}	0.765^{ns}
خطا Error	8	0.0089	78.528	171206	2.478	3.180	0.436	1.794
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	9.11	11.6	12.46	4.21	5.75	5.38	6.14

**، * وns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

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

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده گیاه خلر در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 2- Mean Comparisons of measured traits in green pea under sole and intercropping condition

نسبت‌های کاشت Planting ratios	نسبت برگ: ساقه Leaf: stem ratio	ارتفاع (سانتی-متر) Height (cm)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry forage ($kg.ha^{-1}$)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (٪) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (٪) Acid detergent fiber (%)	خاکستر (٪) Ash (%)	پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	عملکرد نسبی Relative yield
خلر ۱۰۰٪ Green pea 100%	1.153^{a} *	77^{ab}	5620.3^{a}	39.96^{a}	35.27^{a}	11.36^{c}	21.41^{a}	1
خلر ۷۵٪+ ارزن ۲۵٪ Green pea 75%+ Millet 25%	1.153^{a}	88.46^{a}	5142.3^{a}	33.41^{c}	27.86^{c}	12.10^{abc}	22.18^{a}	0.915
خلر ۵۰٪+ ارزن ۵۰٪ Green pea 50%+ Millet 50%	1.103^{a}	70.40^{b}	3326^{b}	36.33^{bc}	30.57^{bc}	12.9^{ab}	21.63^{a}	0.592
خلر ۲۵٪+ ارزن ۷۵٪ Green pea 25%+ Millet 75%	0.883^{b}	66.40^{b}	1277^{c}	37.66^{ab}	31.50^{b}	13.23^{a}	21.50^{a}	0.227
(بذور مخلوط شده) Green pea 50%+ Millet 50% (mixed seeds)	0.903^{b}	79.53^{ab}	1235.7^{c}	39.54^{a}	29.87^{bc}	11.76^{bc}	20.77^{a}	0.220

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

* The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on LSD test ($p\leq 0.05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده ارزن نوتریفید در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 3- Variance analysis (mean of squares) of measured traits in millet under intercropping with green pea

پروتئین خام Crude protein	خاکستر Ash	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع Height	نسبت برگ: ساقه Leaf: stem ratio	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.970 ns	0.6207 ns	0.146 ns	1.286 ns	1079779 ns	17.29 ns	0.1268 ns	2	بلوک Block
12.196*	1.635**	6.2341**	4.294*	23751490**	209.27**	0.3093ns	4	نسبت کاشت Planting ratio
2.636	0.239	0.2489	0.618	1757452	20.21	0.1432	8	خطا Error
11.36	3.45	1.58	1.29	13.09	4.68	24.34	-	ضریب تغییرات (%) CV

**، * وns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار

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

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده گیاه ارزن نوتریفید در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 4- Mean comparisons of measured traits in millet under sole and intercropping condition

عملکرد نسبی Relative yield	پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	خاکستر (٪) Ash (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (٪) Acid detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (٪) Neutral detergent fiber (%)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry forage ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	نسبت برگ: ساقه Leaf: stem ratio	نسبت‌های کاشت Planting ratios
1	11.63^{c}	12.87^{b}	33.99^{a}	62.63^{a}	14116^{a}	93.26^{b}	1.57^{ab} *	ارزن ۱۰۰٪ Millet 100%
0.385	16.02^{a}	14.7^{a}	31.10^{bc}	60.16^{b}	5441^{c}	90^{b}	1.93^{a}	ارزن ۲۵٪+ خلر ۷۵٪ Millet 25%+ Green pea 75%
0.622	15.66^{ab}	14.5^{a}	31.58^{b}	59.58^{b}	8778^{b}	92.86^{b}	1.36^{ab}	ارزن ۵۰٪+ خلر ۵۰٪ Millet 50%+ Green pea 50%
0.879	15.51^{ab}	14.36^{a}	30.33^{c}	60.64^{b}	12415^{a}	110.66^{a}	1.12^{b}	ارزن ۷۵٪+ خلر ۲۵٪ Millet 75%+ Green pea 25%
0.698	12.62^{bc}	14.4^{a}	30.75^{bc}	59.98^{b}	9856^{b}	92.73^{b}	1.77^{ab}	ارزن ۵۰٪+ خلر ۵۰٪ (بذور مخلوط شده) Millet 50%+ Green pea 50% (mixed seeds)

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری براساس آزمون LSD ندارند ($p\leq0.05$).

* The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).

بیشترین ارتفاع در خلر برای تیمار ۷۵ درصد ثبت گردید که با تیمارهای کشت خالص این گیاه و کشت مخلوط درهم ردیفی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). دلیل افزایش ارتفاع در تیمار ۷۵ درصد خلر را می‌توان به رقابت برای جذب نور نسبت داد چرا که با افزایش سریع‌تر ارتفاع ارزن، خلر در سایه قرار گرفته و جهت دستیابی به نور سرمایه‌گذاری بیشتری را جهت افزایش ارتفاع انجام می‌دهد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده خلر و ارزن در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 5- Variance analysis (mean of squares) of measured traits in millet and green pea under intercropping condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	علوفه خشک Dry forage	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	خاکستر Ash	پروتئین خام Crude protein	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
بلوک Block	2	338389.1 ^{ns}	1.403 ^{ns}	0.7904 ^{ns}	0.0174 ^{ns}	2.2961 ^{ns}	0.0597 ^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio	5	28233618**	208.66**	15.376**	3.581**	38.391**	0.0692**
خطا Error	10	1388575	0.7853	0.6350	0.2416	2.101	0.00722
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	10.52	1.66	2.50	3.68	8.79	7.74

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

.** and ns are significant at 1% probability levels and not significant, respectively

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه گیری شده گیاه ارزن و خلر در شرایط کشت خالص و مخلوط

Table 6- Means comparison of measured traits in millet and green pea under sole and intercropping condition

نسبت‌های کاشت Planting ratios	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry forage ($kg.ha^{-1}$)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (٪) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (٪) Acid detergent fiber (%)	خاکستر (٪) Ash (%)	پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
ارزن ۱۰۰٪ Millet 100%	14116.3^{a} *	62.63^{a}	33.996^{a}	12.86^{b}	11.63^{e}	1 ^{cd}
ارزن ۷۵٪+ خلر ۲۵٪ Millet 75%+ Green pea 25%	13691.9^{a}	58.497^{b}	30.437^{bc}	14.26^{a}	16.074^{ed}	1.11 ^{bc}
ارزن ۵۰٪+ خلر ۵۰٪ Millet 50%+ Green pea 50%	12103.7^{ab}	53.18^{c}	31.327^{b}	14.04^{a}	17.269^{bc}	1.22 ^{ab}
ارزن ۲۵٪+ خلر ۷۵٪ Millet 25%+ Green pea 75%	10583.3^{b}	47.163^{d}	29.533^{c}	13.44^{ab}	19.06 ^{ab}	1.32 ^{a}
ارزن ۵۰٪+ خلر ۵۰٪ Millet 50%+ Green pea 50% (mixed seeds)	11091.7^{b}	57.567^{b}	30.57^{bc}	14.05^{a}	13.501 ^{de}	0.92 ^{d}
خلر ۱۰۰٪ Green pea 100%	5620.3^{c}	39.96^{e}	35.277^{a}	11.36^{c}	21.417^{a}	1 ^{cd}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD ندارند ($p\leq0.05$).

* The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).

ارتفاع گیاه نیز همانند سایر صفات علاوه بر وابستگی به ژنوتیپ تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد از جمله عوامل محیطی مؤثر در ارتفاع یک گیاه نور است که رقابت جهت کسب آن باعث اختلافاتی در ارتفاع گیاه و گیاهان مجاور آن می‌شود (Javanshir et al., 2000). یکی از دلایل کاهش ارتفاع بوته گیاهان در کشت مخلوط با بقولات را می‌توان به رقابت برای جذب نیتروژن توسط گونه‌های غیرلگوم نسبت داد (Abou-Hossein et al., 2005). شاید اختلاف ارتفاع در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط به دلیل رقابت نور، آب و مواد غذایی باشد که گیاهان به خاطر رقابت برون گونه‌ای از ارتفاع کمتری برخوردار هستند (Mazaheri, 1998). ارتفاع کمتر و غیر معنی دار کشت خالص این گیاه می‌تواند به‌دلیل عدم وجود رقابت برای نور باشد (جدول ۲).

عملکرد علوفه خشک

همان‌طور که در جدول‌های ۱ و ۳ نشان داده شده است عملکرد علوفه خشک خلر و ارزن به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کشت خالص خلر و نسبت ۷۵ درصد آن به ترتیب با ۵۶۲۰/۳ و ۵۱۴۲/۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند و نسبت‌های ۲۵ درصد و درهم خلر کمترین مقدار علوفه خشک خلر را تولید کردند که نسبت به کشت خالص خلر و نسبت ۷۵ درصد کاهش معنی‌داری داشتند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که این امر، به دلیل کاهش سطح اشغال شده در کشت مخلوط توسط خلر و همچنین رقابت برون گونه‌ای با ارزن باشد. این درحالی است که در مقایسه نسبت‌های مختلف ارزن، کشت خالص ارزن و ۷۵ درصد آن بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بیشترین و نسبت ۲۵ درصد کمترین علوفه خشک را به خود اختصاص دادند. این نشان می‌دهد که هرچه نسبت ارزن در مخلوط کاهش پیدا کند عملکرد علوفه خشک نیز کاهش پیدا خواهد کرد (جدول ۴). بنابراین، می‌توان گفت اضافه شدن نسبت ارزن در مخلوط با خلر تأثیر معنی‌داری در جبران کاهش عملکرد علوفه خلر داشت که این مهم از طریق افزایش عملکرد ارزن حاصل شد (جدول‌های ۵ و ۶) و این از مزیت‌های کشت مخلوط محسوب می‌شود. نتیجه آزمایش خرمی وفا (Khorami vafa, 2006) نشان داد که عملکرد بیولوژیکی ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت. در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) (Tuna & Orak, 2007) و نخود (*Cicer arietinum* L.) با خردل (*Brassica* sp.) (Patel et al., 1999) گزارش شد که عملکرد بیولوژیکی هر یک از گیاهان کشت شده در مخلوط این دو گیاه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با کشت خالص آنها کاهش یافت. در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) عملکرد بیولوژیکی سویا تا ۳۰ درصد نسبت به کشت خالص این گیاه کاهش یافت (Ghosh et al., 2006). محققین مختلف علت کاهش عملکرد بیولوژیکی را بخاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط گزارش کرده‌اند. همچنین گزارش شده است که عملکرد بیولوژیکی ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط با لوبیا است و با افزایش تراکم لوبیا از عملکرد بیولوژیکی ذرت به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود (Tayfeh Nouri, 2003).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

نتایج حاصل نشان داد که NDF به‌طور معنی‌داری در هر دو گیاه خلر ($p\leq۰/۰۱$) و ارزن ($p\leq۰/۰۵$) تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۳). نسبت کاشت ۷۵ درصد خلر کمترین میزان الیاف شوینده خنثی را دارا بود (جدول ۲). در ارزن نوتریفید بیشترین مقدار این صفت مربوط به کشت خالص بود (جدول ۴). بنا به نتایج حاصله در هر دو گیاه، کشت خالص بیشترین NDF را داشته است و در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط NDF کمتر بوده است (جدول ۶) و این امر، باعث افزایش کیفیت علوفه در کشت مخلوط شد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاوی لیگنین، سلولز و همی-سلولز می‌باشد که به همین دلیل می‌توان آن را معیاری برای اندازه گیری میزان دیواره سلولی گیاه و تعلیف دام دانست (Rashidi Soufi, 1995). در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط جو و لوبیا معمولی گزارش شد که کیفیت علوفه در کشت مخلوط بهتر از کشت خالص جو است و دلیل آن کاهش میزان NDF در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (Kristensen, 1992) که تأییدکننده نتایج به‌دست آمده در این آزمایش است (جدول ۶). همان‌طور که از دو جدول‌های ۲ و ۴ برمی‌آید، مقدار این صفت در ارزن به عنوان یک گیاه از خانواده غلات بیشتر از مقدار این صفت در خلر که یک گیاه لگومینوز است، می‌باشد.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

ADF نمایان‌گر میزان لیگنین خام و سلولز گیاه بوده و سیلیس موجود را نیز دربر می‌گیرد. بنابراین، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بخشی از الیاف با قابلیت هضم کمتر می‌باشند (Rashidi Soufi, 1995). همان‌طور که در جدول‌های ۱ و ۳ ملاحظه می‌شود، اثر تیمار بر ADF در هر دو گیاه ارزن و خلر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار این صفت برای کشت خالص هر دو گیاه ثبت گردید (جدول‌های ۲ و ۴) و این نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه داشت. روس و همکاران (Ross et al., 2005) نیز بیان نمودند که میزان ADF در کشت‌های مخلوط

کمتر از کشت خالص گراس‌ها بود و نیز با بررسی کشت مخلوط جو با لگوم‌های یکساله نتیجه گرفتند که بالاترین قابلیت هضم ماده خشک در مخلوط نخود- جو و ماشک- جو بدست آمد. این تحقیق با نتایج سایر محققین مبنی بر اینکه قابلیت هضم ماده خشک بیشتری در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بدست می‌آید مطابقت دارد (Hail et al., 2009) که این از ADF پایین‌تر نسبت‌های کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت خالص آنها نتیجه می‌شود (جدول ۶).

درصد خاکستر (Ash)

درصد خاکستر علوفه در واقع بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی می‌باشد، عناصر معدنی علوفه به لحاظ این‌که در متابولیسم حیوان شرکت کرده و برای فعالیت‌های سلول‌های بدن لازم می‌باشند مهم بوده و در کیفیت علوفه مؤثر می‌باشند (Rashidi Soufi, 1995). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول‌های ۱ و۳) حاکی از اثر معنی‌دار تیمار بر درصد خاکستر در هر دو گیاه خلر و ارزن بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین و بیشترین مقدار خاکستر به ترتیب مربوط به کشت خالص خلر و تیمار ۲۵ درصد خلر بود (جدول ۲). تیمار ۲۵ درصد ارزن در شرایط مخلوط نیز بیشترین مقدار درصد خاکستر را به خود اختصاص داد که با دیگر تیمارهای مخلوط از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان این صفت مربوط به کشت خالص ارزن بود (جدول ۴). همانطور که در این جدول نشان داده شده است، هر چه سهم ارزن در کشت مخلوط بیشتر بود از میزان خاکستر آن کاسته شد، ولی این حالت برای گیاه خلر بالعکس بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که با افزایش درصد خلر میزان خاکستر کاهش یافت. نتایج مشابهی مبنی بر اینکه افزایش درصد خاکستر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در مقایسه با کشت خالص آنها باعث بهبود کیفیت علوفه ذرت گردید گزارش شده است (Dahmardeh, et al., 2010). این مسئله می‌تواند به دلیل جذب بهتر عناصر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد.

پروتئین خام (CP)

پروتئین خام یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت علوفه است (Ross et al., 2005; Lithoargidis 2007; Iptas & Yavus 2008). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که نسبت‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر محتوای پروتئین خام در گیاه خلر نداشتند (جدول ۱) در صورتی که این صفت در گیاه ارزن به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) تحت تأثیر تیمار قرار گرفت (جدول ۳). پروتئین خام در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط ارزن بیشتر از کشت خالص این گیاه بود. نسبت ۲۵ درصد ارزن با بالاترین میزان پروتئین خام (۱۶/۲ درصد) با نسبت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این صفت مربوط به کشت خالص ارزن بود (جدول ۴). از آنجا که پروتئین خام با میزان نیتروژن در گیاه ارتباط مستقیم دارد، بنابراین، جذب نیتروژن در کشت مخلوط می‌تواند موجب افزایش پروتئین خام در کشت مخلوط شود (Javanmard, 2012). افزایش پروتئین خام در مخلوط نسبت به ارزن خالص به این صورت توجیه می‌شود که ارزن و خلر در مصرف نیتروژن بصورت مکمل عمل می‌کنند و در این شرایط ارزن از نیتروژن غیرآلی موجود در خاک استفاده نموده و خلر قسمت اعظم نیتروژن مورد نیاز خود را از راه تثبیت بیولوژیکی نیتروژن کسب می‌نماید. بدین صورت، کشت خالص خلر بیشترین پروتئین و کشت خالص ارزن کمترین مقدار پروتئین را داشتند. افزودن نسبت خلر باعث افزایش معنی دار پروتئین نسبت به کشت خالص ارزن گردید (جدول ۶).

ارزیابی نسبت برابری زمین (LER)

بیشترین LER (۱/۳۲) از تیمار ۲۵ درصد ارزن+ ۷۵ درصد خلر حاصل شد که با تیمار ۵۰ درصد ارزن+۵۰ درصد خلر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمارهای خالص ارزن و خلر با تیمار درهم ارزن و خلر بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کمترین LER را به خود اختصاص دادند. عملکرد نسبی هر دو گیاه خلر و ارزن به‌دلیل کشت مخلوط جایگزینی کاهش یافت (جدول‌های ۲ و ۴)، اما همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد و توضیح داده شد، کاشت مخلوط این دو گیاه بصورت ردیف‌های مجزا منجر به افزایش LER گردید که این نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی داشت. در بررسی کشت مخلوط ارزن نوتریفید با ماشک نشان داده شد که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص، LER بالاتری داشت که این امر احتمالاً از بهره گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌باشد (Sirousmehr et al., 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله نشان داد که بیشترین علوفه خشک و کمترین پروتئین خام مربوط به تیمار خالص ارزن و کمترین علوفه خشک و بیشترین پروتئین خام مربوط به تیمار خلر بود. ضمناً، بیشترین و کمترین الیاف محلول در شوینده خنثی به ترتیب مربوط به ارزن و خلر بود و ترکیبی از دو گیاه با نسبت‌های ۵۰٪ ارزن و ۵۰٪ خلر دارای علوفه خشک بالا، پروتئین نسبتاً بالا، الیاف محلول در شوینده خنثی و اسیدی نسبتاً پائین و خاکستر حد واسط بود.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر پناهی و آقای مهندس شهیدی به خاطر همکاری در اجرای این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع

Abou-Hussein, S.D., Salman, S.R., Adel-Mawgoud A.M.R., and Ghoname, A.A. 2005. Productivity, quality and profit of sole or intercropping green bean crop. Journal of Agronomy 2: 151-155.

Aishi Rezaei, E., Rezvani Moghaddam, P., Khazaei, H.R., and Mohammad Abadi, A.A. 2011. Effect of plant density and intercropping pattern (mixed and row cropping) of millet and green pea on their forage yield and yield components under Mashhad climate. Iranian Journal of Field Crops Research 9(1): 50-59. (In Persian with English Summary)

Armstrong, K.L., Ablrecht, K.A., Lauer, J.G., and Riday, H. 2008. Intercropping corn with lablab bean, Velvet bean, and scarlet runner bean for forage. Crop Science 48: 371-379.

Ball, D.M., Collins, M., Lacefield, G.D., Maitin, N.P., Mertens, D.A., Olson. K.E., Putnam, D.H., Undersander, D.J., and Wolf, M.W. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication. Park Ridge, IL p. 1–15.

Burel, F., and Baudry, J. 1995. Species biodiversity in changing agricultural Landscapes: A case Study in the pays d. Auge, France. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 193-200.

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Seahsar, B., and Ramroudi, M. 2010. Effect of planting and harvest time on forage quality of corn grown in mixtures with Black Eye Beans. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3: 633-642. (In Persian with English Summary)

Eshgizadeh, H.R., Chaichi M.R., Ghalavan, A., Shabani, G., Aziz, Kh., Raeisi, H., and Papizadeh, A. 2008. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. Pajouhesh and Sazandegi 75: 102-112. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticam aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a whole-crop forage: Effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58(1): 28-36.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyop Adhyay, 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.

Hail, Y., Daci, M., and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding, yield and quality. Journal of Animal and Veterinary Advances 8(7): 1337-1342.

Iptas, S., and Yavus, M. 2008. Effect of pollination levels on yield and quality of maize grown for silage. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 41-48.

Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammade, H. 2012. Effects of Maize Intercropping with legumes on forage yield and quality. Journal of agricultural knowledge and sustainable production 22(3): 137-149. (In Persian with English Summary)

Javanshir, A., Dabagh Mohamadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholi Pour, M. 2000. Intercropping Ecology. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran 222 pp. (In Persian)

Kephart, K.D., Buxton, D.R., and Hill Jr, R.R. 1989. Morphology of alfalfa divergently selected for herbage lignin concentration. Crop Science 29: 778-782.

Khalatbari, A.M., Hosseini, S.M.B., Majnoon Hosseini, N., and Mazaheri, D. 2010. Effect of intercropping on dry forage yield of forage sorghum and pearl millet. Iranian Journal of Field Crop Science 41(2): 205-214. (In Persian with English Summary)

Khorami Vafa, M. 2006. Ecology of corn and field pumpkin intercropping. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 605-614. (In Persian with English Summary)

Kristensen, V.F. 1992. The production and feeding of whole-crop cereals and legumes in Denmark. In: Stark B.A., and Wilkinson, J.M., whole-crop cereals. Chacome Publication, p. 21-37.

Lithourgids, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, D.N. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal of Crop Science 5(4): 396-470.

Lithoargidis, S.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakaulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping (2nd Ed.). Tehran University Press, Tehran, Iran, 262pp. (In Persian)

Murphy, W.M., Wetch, J., and Palmer, R. 1984. Digestibility of silage made from corn intercropped with soybean. Journal of Dairy Science 67: 1532-1534.

Naghizadeh, M., and Galavi, M. 2012. Evaluation of forage quality of intercropped corn and green pea using chemical and bio-fertilizers of phosphorus. Journal of Agroecology 4(1): 52-62. (In Persian)

Olasantan, F.O. 1999. Food production, conservation of crop plant biodiversity and environmental protection in the twenty-first century: the relevance of tropical cropping systems. Outlook on Agriculture 28: 93-102.

Patel, B.R, Dilip, S., and Gupta, L.M. 1999. Effect of irrigation and intercropping on gram and mustard. Indian Journal

of Agronomy 2: 283-284.
Pinedo-Vasquez, M., Padoch, C., Grath, D.Mc., and Ximenes, T. 2000. Biodiversity as a product of smallholder's strategies for overcoming changes in their natural and social Landscapes: a report prepared by the Amazonia cluster. PLEC News and Views 15: 9-19.
Rahimy, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N., and Heidari Sharifabad, H. 2003. Assessment of product in corn and soybean intercropping in Arsanjan region. Agricultural Science 9: 109-126. (In Persian with English Summary)
Rashidi Soufi, S. 1995. Animal Nutrition (Translated, 4th ed). Amidi Press, Tabriz, Iran 644 pp. (In Persian)
Reid, R.L., Jung, G.A., and Thayne, W.V. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages: A retrospective study. Journal of Animal Science 66: 1275-1291.
Ross, S.M., King, J.R., O'Donovan, J.T., and Spaner, D. 2005. The productivity of oats and Berseem clover intercrops. Primary growth characteristics and forage quality of four densities of oats. Grass and Forage Science 60: 74-86.
Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khogy, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. Journal of Desert 2: 250-263. (In Persian with English Summary)
Tavasoli, A., Ghanbari, A., Ramazan, D., and Mosavi Nik, S.M. 2010. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet and red bean in intercropping. Journal of Science and Research of Crop Ecophysiology and Weeds 4(15): 1-16. (In Persian)
Tayfeh Nouri, M. 2003. Maize and cowpea intercropping. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture and Biology Science 2: 14-19.
Van Soest, P.J., Robertson, J.D., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583- 3597.
Weil Rag, R., and Macfaden, M.E. 1991. Fertility and weed effects on performance of maize and soybean intercrop. Agronomy Journal 63:717-721.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۲۹-۱۱۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 118-129

تأثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر غلظت برخی عناصر دانه ذرت شیرین (*Zea mays* L. *saccharata*) و خصوصیات خاک در شرایط مرودشت

علی مجاب قصرالدشتی[۱]، حمیدرضا بلوچی[۲*]، علیرضا یدوی[۲] و مصطفی قبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی اثر کمپوست زباله‌ی شهری و کود نیتروژنه بر برخی خصوصیات خاک و کیفیت دانه‌ی ذرت شیرین (*Zea mays* L. *saccharata*)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در شهرستان مرودشت اجرا شد. عامل کرت اصلی کود نیتروژن در پنج سطح (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و عامل کرت فرعی کمپوست در چهار سطح (۱۰، ۲۰، ۳۰ و۴۰ تن در هکتار) انتخاب شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بلال تر و دانه کنسروی در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار به دست آمد. تجزیه کیفی دانه نشان داد که تأثیر نیتروژن بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار و بر مقدار فسفر و پتاسیم دانه غیرمعنی‌دار بود. همچنین تأثیر کمپوست بر درصد نیتروژن و فسفر دانه معنی‌دار ولی بر درصد پتاسیم دانه غیرمعنی‌داری بود. نتایج تجزیه خاک نشان داد که تأثیر کمپوست بر ماده آلی خاک، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک و اثر متقابل نیتروژن و کمپوست فقط بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک معنی‌دار شد. با کاربرد ۴۰ تن کمپوست در هکتار مقدار مطلوب نیتروژن و فسفر و با کاربرد ۳۰ تن کمپوست در هکتار مقدار مطلوب پتاسیم در دانه به دست آمد. مقدار بهینه‌ی نیتروژن و پتاسیم خاک در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار و در مورد درصد فسفر خاک هم مقدار بهینه با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار حاصل شد. بطور کلی، برای رشد مطلوب این محصول در خاک‌های مشابه، مصرف ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار می‌تواند توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، فسفر، ماده آلی، هدایت الکتریکی

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* L. *saccharata*) گیاهی یکساله که پژوهش‌های صورت گرفته روی آن در ایران بسیار کم و پراکنده است. در دانه‌ی ذرت شیرین مقدار زیادی قندهای ساده وجود دارد که آن را از ارقام معمولی ذرت متمایز کرده است (Faraji, 2006). کیفیت خاک یکی از مهمترین خصوصیات تأثیر گذار بر تولید گیاهان و پایداری تولید می‌باشد. کیفیت مطلوب خاک نه تنها در تولید و عملکرد بالای گیاهان، بلکه در حفظ کیفیت محیط زیست و در نهایت سلامت گیاه، حیوان و انسان نقش بسزایی دارد. کاربرد کمپوست در خاک عموماً به منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری خاک‌های زراعی و باغی است که در دهه‌های گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. از طرفی، مصرف کمپوست زباله‌های شهری در خاک با توجه به جنبه‌های فیتوتوکسیسیتی، عدم اطمینان از ارزش غذایی مواد موجود برای گیاه و عواقب زیست محیطی، نگرانی‌هایی را ایجاد نموده است (Wolkowski, 2003). کمپوست کردن زباله‌ی جامد شهری به عنوان روش اقتصادی در مدیریت زباله شناخته شده و محصول نهایی به عنوان ماده اصلاحی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. محققین به اثرات مفید استفاده از کمپوست بر خواص خاک و تولید گیاه اشاره کردند (Aggelides & Londra, 2000; Wong & Ma, 1999;). خواص شیمیایی کمپوست زباله شهری عموماً بر پایه‌ی ارزش زراعی و محتوای فلزات سنگین می‌باشد. با توجه به ارزش زراعی این ماده

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: balouchi@yu.ac.ir)

مسائلی از قبیل در دسترس بودن عناصر پر مصرف مانند N, N, P و همچنین عناصر کم مصرف از قبیل Mo، Co، Fe، Mn، Zn و Cu باید مورد ارزیابی قرار گیرد. حضور غلظت‌های قابل توجهی از فلزات سنگین (شامل Zn، Pb، Cu، Cr و Cd) در زباله‌ها مشکل اصلی کاربرد آن‌ها در خاک می‌باشد. این فلزات سنگین هم می‌توانند از میان پروفیل خاک شسته شده و به لایه‌های پایین رفته و موجب آلودگی آب‌های زیر زمینی شوند و ممکن است در لایه‌های بالاتر خاک جمع شده و برای گیاهان سمی باشند و یا وارد زنجیره غذایی شده و برای انسان و حیوانات مضر باشند (Williams et al., 1978).

در آزمایشی اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد بلال‌تر ذرت شیرین معنی‌دار گردید، به طوری‌که کمترین عملکرد در پایین‌ترین سطح نیتروژن بدست آمد و عملکرد از سطح صفر تا ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش نشان داد و در سطح ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (Oktem et al., 2010).

معماری (Memari, 2004) گزارش کرد که کاربرد کمپوست تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه ذرت داشت. در این آزمایش که چهار تیمار کمپوست شامل ۳۰،۱۵، ۴۵ و۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌ی شهری اعمال گردیده بود، بین تیمارهای ۴۵ و ۶۰ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین تأثیر کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی و عملکرد علوفه‌ی ذرت معنی‌دار گردید و تیمار ۶۰ تن کمپوست در هکتار غیر از تیمار ۴۵ تن با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در آزمایشی، کاربرد کمپوست در خاک رسی باعث افزایش ماده خشک یونجه شد، ولی در خاک شنی کمپوست باعث کاهش عملکرد شد (Mbarki et al., 2008). در یک بررسی کاربرد کمپوست باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چاودار (*Secale cereale* L.) نسبت به تیمار شاهد شد (Hartl et al., 2003). در پژوهش دیگری تمام گیاهان تحت تیمار کمپوست افزایش عملکرد را نسبت به شاهد نشان دادند و کیفیت گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و چاودار تحت تأثیر کمپوست قرار نگرفت. همچنین بیان شد که در خاک‌های حاصلخیز اثر کمپوست کم است، ولی در طول زمان افزایش می‌یابد (Erhart et al., 2005). در پژوهش دیگری کاربرد کمپوست رابطه زیادی با محتوای مواد مغذی خاک و عملکرد گیاه داشت و هیچ‌کدام از کمپوست‌های مورد استفاده باعث افزایش مس و روی نشدند و استفاده زیاد کمپوست باعث کاهش آهن در دسترس گردید (Courtney & Mullen, 2008).

در آزمایشی دو نوع کمپوست و همچنین یک بستر پیت از لحاظ کاربرد در زمین‌های زراعی مورد بررسی قرار گرفتند نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که در حدود ۵۰ درصد مجموع پتاسیم موجود درکمپوست به فاصله کمی پس از کاربرد آن در خاک در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. همچنین کمپوست قادر است تمامی مواد غذایی ماکرو مورد نیاز رشد گیاه را البته نه در سطوح بالا تأمین نماید. میزان Ca، K و Na در دسترس نسبت به تیمار خاک پیت بالاتر بود. کاربرد کمپوست میزان pH خاک، کربن آلی، محتوی Mg، Ca، K و Na خاک را افزایش داد. همچنین این مواد موجب بهبود خواص فیزیکی خاک از جمله وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و ساختمان خاک شدند. با توجه به این که نیتروژن ضروری‌ترین عنصر پرمصرف ذرت در طول دوره رشد است و با توجه به اثرات مخرب استفاده از کودهای شیمیایی به خصوص اوره، تعیین سطح بهینه‌ی نیتروژن و تعیین بهترین ترکیب کود نیتروژن و کمپوست جهت حصول عملکرد بهینه و بهبود کیفیت دانه و همچنین خصوصیات شیمیایی خاک ضروری می‌باشد (Singer et al., 2004).

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی استفاده از کمپوست زباله شهری و کود نیتروژنه بر صفات کمی و کیفی ذرت شیرین در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در شهرستان مرودشت به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل کرت اصلی کود نیتروژن در پنج سطح (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و عامل کرت فرعی کمپوست در چهار سطح (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) بود. مشخصات کمپوست و خاک قبل از اضافه‌کردن مقادیر مختلف کمپوست مورد استفاده در آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ذکر گردیده است.

هر کرت آزمایشی دارای شش متر طول و چهار متر عرض با چهار پشته به طول شش متر و عرض ۰/۷۵ متری بود. فاصله بین بلوک‌ها و کرت‌های اصلی دو متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. بعد از تسطیح کرت‌ها و قبل از ایجاد پشته‌ها میزان کمپوست محاسبه شده برای هر کرت توزین و به صورت یکنواخت در سطح هر کرت پخش گردید و سپس در عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. بذور ذرت با تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار در تاریخ اول مرداد ۱۳۸۸ به صورت دستی در عمق ۶-۵ سانتی‌متری خاک قرار داده شد.

جدول ۱- مشخصات کمپوست زباله‌ی شهری
Table 1- Characteristics of municipal solid waste compost

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (٪) Phosphorus (%)	پتاسیم (٪) Potassium (%)	آهن (پی‌پی‌ام) Iron (ppm)	منگنز (پی‌پی‌ام) Manganese (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zinc (ppm)	مس (پی‌پی‌ام) Copper (ppm)
18.85	7.4	3.19	0.41	0.086	476	69	10	10

جدول۲- مشخصات خاک آزمایش قبل از اعمال کمپوست در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری
Table 2 - Characteristics of soil before applying compost (depth of 0-30 cm)

نوع Class	بافت Texture	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)
خاک بدون کمپوست Soil without compost	لومی رسی Clay-loam	0.36	0.36	7.83	0.032	3.5	229

دو نوبت آبیاری پس از کاشت به فاصله سه روز صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه و شرایط منطقه انجام گرفت که در مجموع تعداد آبیاری‌ها به ۱۰ نوبت رسید. ۲۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات و ۲۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و همزمان با اعمال کمپوست به زمین داده شد. یک سوم کود نیتروژنه (اوره) هر کرت در مرحله‌ی کاشت، یک سوم در مرحله ۳-۲ برگی و یک سوم مابقی هنگام ظهور تاسل مصرف شد. در تاریخ ۱۵ مهر به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دو متر مربع از هر کرت با رعایت فاصله ۰/۵ متری از طرفین کف‌بر و عملکرد بلال‌تر و دانه کنسروی اندازه‌گیری شد.

نیتروژن کل دانه به روش کجلدال (Page et al., 1982) و برای تعیین درصد پتاسیم و فسفر ابتدا نمونه‌ها به روش اکسیداسیون مرطوب هضم و سپس برای سنجش پتاسیم، ابتدا محلول‌های استاندارد تهیه و نمونه‌های شاهد و عصاره گیاهی رقیق گردیدند. سپس با استفاده از دستگاه فیلم‌فتومتر منحنی کالیبراسیون در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر تهیه و ترسیم شدند (Emami, 1996). نمونه‌های گیاهی (هضم شده به روش اکسیداسیون مرطوب) نیز در این طول موج اندازه‌گیری شدند. برای تعیین غلظت فسفر پنج میلی‌لیتر از نمونه‌های هضم شده به روش اکسیداسیون مرطوب را برداشته و داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و سپس پنج میلی‌لیتر معرف گیاه (مخلوط آمونیم مولیبیدات، آمونیوم وانادات و اسید نیتریک) را به آن اضافه کرده و آب مقطر به حجم رسانیده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر غلظت فسفر نمونه‌ها تعیین گردیدند (Emami, 1996).

برای اندازه‌گیری اسیدیته خاک، پس از تهیه عصاره‌ی گل اشباع از هر نمونه خاک، به کمک پمپ مکش و کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عصاره‌گیری گردید. سپس به کمک دستگاه اسیدیته سنج، مدل ۶۲۰ pH خاک، اندازه‌گیری گردید. پس از تهیه عصاره گل اشباع از نمونه‌های خاک مورد نظر، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع به کمک دستگاه هدایت‌سنج مدل Inolab cond 720 اندازه‌گیری گردید (Thomas & Hargrove, 1984). برای اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک، ابتدا باید شکل‌های مختلف نیتروژن در خاک به شکل آمونیوم تبدیل شود و سپس مقدار یون آمونیوم اندازه‌گیری شود. برای این کار از روش هضم‌تر استفاده گردید. ابتدا نمونه‌ها را در لوله‌های هضم قرار دادند و مخلوط اسید سولفوریک+ اسید سالیسیلیک+ پودر سلنیم و آب اکسیژنه، اضافه شد. در مرحله بعد، مقدار یون آمونیوم در عصاره‌های بدست آمده، با استفاده از دستگاه میکروکجلدال اندازه‌گیری شد. سپس این محلول با اسید سولفوریک تیتر شد (مقدار اسید مصرفی جهت تبدیل رنگ سبز به رنگ قرمز که معادل مقدار یون آمونیوم خنثی شده است به کار رفت) و در نهایت، مقدار نیتروژن کل به‌دست آمد (Bremner, 1996).

با توجه به وجود خاک‌های متفاوت از نظر شیمیایی، روش‌های مختلفی جهت عصاره‌گیری و اندازه‌گیری فسفر قابل جذب، ارائه شده است. همچنین به دلیل اینکه عمده خاک‌های ایران، آهکی محسوب می‌شود؛ بهترین روش ارائه شده، روش اولسن می‌باشد. در این روش از بی‌کربنات سدیم ۰/۵ نرمال جهت عصاره‌گیری استفاده گردید. با

رسوب دادن کلسیم به صورت کربنات کلسیم، غلظت کلسیم در محلول پایین آورده شد و در نتیجه، غلظت فسفر در محلول مشخص گردید. بعد از عصاره‌گیری، غلظت فسفر در محلول بدست آمده با تشکیل کمپلکس فسفو مولیبدات به رنگ آبی تبدیل شد و مقدار جذب نور با دستگاه طیف‌سنجی نوری در طول موج ۸۸۰ نانومتر، اندازه‌گیری گردید (Olsen & Sommers, 1982). برای عصاره‌گیری، از استات آمونیوم با غلظت یک نرمال و در pH=۷ استفاده گردید. پتاسیم موجود در عصاره، شامل پتاسیم محلول و پتاسیم تبادلی است و توسط یون آمونیوم که دارای شعاع یونی مشابه یون پتاسیم است، از نقاط تبادلی جدا گردید و به داخل محلول، منتقل شد. برای اندازه‌گیری مقدار پتاسیم در عصاره‌ی بدست آمده، از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7 Janway) استفاده گردید (Smit & Scott, 1966).

برای تعیین درصد کربن آلی خاک، روش‌های مختلف گرم و سرد وجود دارد که در این مطالعه از روش سرد والکی‌بلک استفاده گردید. (Walkly Black, 1934). تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی آماری داده‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که کمپوست و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بلال و دانه کنسروی ذرت شیرین داشتند. همچنین کمپوست تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن و غلظت فسفر در دانه ذرت شیرین داشت. اثر کود نیتروژن نیز بر درصد نیتروژن دانه از لحاظ آماری معنی‌دار گردید. ولی تأثیر معنی‌داری بر درصد پتاسیم و فسفر دانه نداشت.

مقایسه‌ی میانگین اثرات ساده نشان داد که با افزایش کود نیتروژن از ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد نیتروژن دانه از ۱/۵۰ تا ۱/۷۷ درصد افزایش یافت (شکل۱) و با افزایش کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار، درصد نیتروژن از ۱/۱۸ تا ۲/۱۳ و درصد فسفر از ۰/۳۵ تا ۰/۴۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌گردد که بین سطوح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوتی از نظر درصد نیتروژن دانه وجود ندارد و همچنین تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده نگردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کیفی دانه ذرت شیرین تحت تأثیر کود نیتروژنه و کمپوست زباله‌ی شهری

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) effect of nitrogen fertilizers and municipal solid waste compost application on yield and quality of sweet corn grain

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares: عملکرد بلال تر Fresh ear yield	عملکرد دانه Grain yield	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	4	1621261.61**	493699.95**	0.11**	0.0001 ns	0.0002 ns
اشتباه عامل اصلی Main error	8	73464.54	12456.52	0.39	0.007	0.00024
کمپوست Compost	3	393778.46**	150336.87**	2.5**	0.07**	0.0008 ns
نیتروژن ×کمپوست Nitrogen × Compost	12	44690.38**	27154.41**	0.01 ns	0.0002 ns	0.00014 ns
اشتباه عامل فرعی Sub error	30	7153.97	3369.95	0.01	0.0001	0.00035
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.48	6.79	7.01	4.17	3.59

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

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

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده میزان کود کمپوست، بر کیفیت دانه ذرت شیرین

Table 4- Mean comparison of compost effects on sweet corn grain quality

کمپوست (تن در هکتار) Compost (t.ha^{-1})	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (٪) Phosphorus (%)	پتاسیم (٪) Potassium (%)
10	1.18^{d*}	0.35^{c}	0.52^{ab}
20	1.47^{c}	0.38^{b}	0.51^{b}
30	1.77^{b}	0.39^{b}	0.53^{a}
40	2.13^{a}	0.4^{a}	0.53^{a}

* اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند.

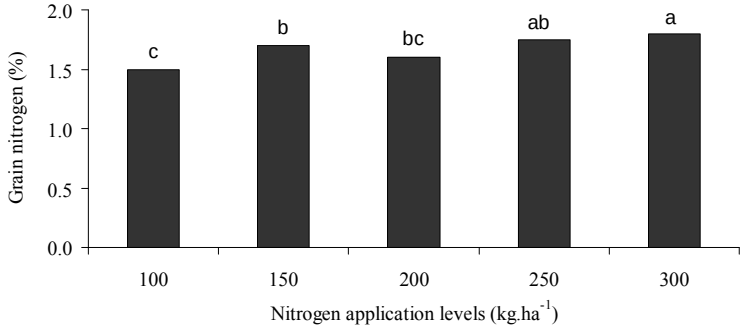
* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.

عمده نیتروژن جذب شده گیاه برای تولید اسیدآمینه، آمیدها و آنزیم‌ها به خصوص آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز مصرف می‌شود. که این آنزیم‌ها نقش مهمی در فتوسنتز و تولید گیاه دارند. زمانی که نیتروژن بیش از نیاز گیاه برای تولید باشد، درصد پروتئین در اثر افزایش مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (Sarmadnia & Koocheki, 2001). علیدوست (Alidust, 2001) گزارش کرد که تأثیر نیتروژن بر غلظت فسفر و پتاسیم غیرمعنی‌دار شد و با افزایش نیتروژن تفاوت معنی‌داری بر غلظت فسفر و پتاسیم در اندام هوایی ذرت مشاهده نشد؛ ولی تأثیر کمپوست زباله‌ی شهری بر میزان فسفر و پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار گردید که این نتایج با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

در مطالعه‌ای با افزایش نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، میزان پروتئین دانه در هیبریدهای ذرت افزایش یافت (Oikeh et al., 1998). صادقی و بحرانی (Sadeghi & Bahrani, 2002) گزارش دادند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان پروتئین دانه افزایش یافت. همچنین، در پژوهشی با کاربرد نیتروژن در سویا جذب عناصر غذایی و محتوای پروتئین دانه با کاربرد سطوح بالاتر نیتروژن افزایش یافت (Morshed et al., 2008). در یک تحقیق با کاربرد بیشتر نیتروژن، میزان عنصر فسفر ساقه سویا افزایش یافت و در سطوح بالاتر، میزان جذب فسفر کاهش یافت. همچنین بیان شد که با کاربرد بیشتر نیتروژن، میزان نیتروژن دانه نیز افزایش یافت (Tufenkci et al., 2006). در مطالعه‌ای جهت بررسی ارتباط بین عناصر فسفر و نیتروژن مشخص گردید که جذب فسفر تحت تأثیر سطوح نیتروژن، قرار می‌گیرد (Duraisami et al., 2001). در آزمایشی دیگر میزان جذب فسفر و پتاسیم توسط گیاهان تیمار شده با کمپوست بسیار بیشتر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود (Bartal et al., 2004) که این افزایش در اثر مصرف کمپوست زباله شهری به دلیل وجود این عناصر در ترکیب آن و آزادسازی تدریجی این عناصر که مانع از آبشویی و تثبیت این عناصر در خاک می‌شود، منتج به بهبود قابلیت دسترسی عناصر برای گیاه می‌شود. در آزمایش فریدونی (Fereidouni, 2010) با کاربرد سه سطح ۰، ۸۰، ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تأثیر نیتروژن بر غلظت فسفر و پتاسیم معنی‌دار نگردید. همچنین با افزایش میزان مصرف نیتروژن از صفر به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، پروتئین دانه از ۱۰/۰۴ به ۱۱/۵۷ درصد افزایش یافت.

بیشترین عملکرد بلال‌تر معادل ۲۳۸۷ گرم در متر مربع در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۴۰ تن کمپوست در هکتار و کمترین عملکرد بلال‌تر معادل ۱۲۳۰ گرم در مترمربع در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰ تن کمپوست در هکتار بدست آمد (شکل ۲). بیشترین عملکرد دانه‌ی کنسروی معادل ۱۲۳۳ گرم در متر مربع در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ۴۰ تن کمپوست و کمترین عملکرد دانه‌ی کنسروی معادل ۳۹۵ گرم در مترمربع در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ۱۰ تن کمپوست بدست آمد (شکل ۳). در این پژوهش مصرف کود نیتروژن به همراه کمپوست زباله شهری علاوه بر تامین عناصر غذایی به صورت تدریجی با بهبود شرایط فیزیکی خاک نیز باعث افزایش عملکرد بلال تر و دانه کنسروی شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در تمام سطوح نیتروژن، افزودن کمپوست از سطح ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد بلال تر شد، ولی این افزایش در سطوح مختلف نیتروژن متفاوت بود، به طوری‌که افزودن کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار در سطوح ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب باعث افزایش ۲۷، ۴۵، ۲۶، ۱۰ و ۱۰ درصدی عملکرد بلال تر شد. کمپوست علاوه بر تأثیر مستقیم بر عملکرد با آزاد کردن عناصر میکرو و ماکرو از طریق بهبود خواص فیزیکی خاک به صورت غیر مستقیم باعث افزایش عملکرد می‌شود. به عنوان مثال، کمپوست با کاهش چگالی ظاهری خاک و در پی آن افزایش ظرفیت نگهداری آب و با توجه به این مطلب که عملکرد ذرت شیرین به صورت تر اندازه‌گیری می‌شود منجر به افزایش عملکرد دانه کنسروی و بلال‌تر می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳).

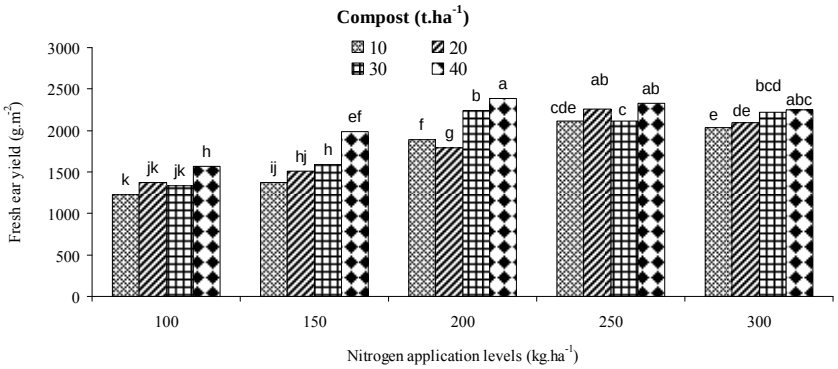


شکل ۱- تأثیر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر درصد نیتروژن دانه ذرت شیرین

Fig. 1- Effect of different levels of nitrogen application on nitrogen percent of sweet corn grain

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.

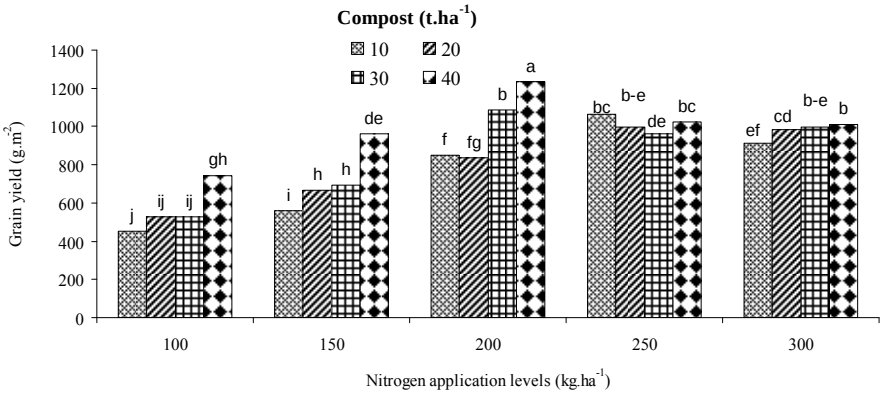


شکل ۲- تأثیر کاربرد کمپوست در مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد بلال تر

Fig. 2- Effect of compost application in different levels of nitrogen on fresh ear yield

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.



شکل ۳- تأثیر کاربرد کمپوست در مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه

Fig. 3- Effect of compost application in different levels of nitrogen on grain yield

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.

تأثیر کاربرد کمپوست بر pH، هدایت الکتریکی و ماده‌ی آلی خاک و برخی عناصر خاک نیز مورد بررسی قرار گرفت. کاربرد کمپوست موجب افزایش مواد غذایی در خاک گردید (جدول ۵) و در نتیجه بهبود شرایط تغذیه‌ای برای گیاه را به دنبال داشت. تأثیر کمپوست بر هدایت الکتریکی، pH و درصد مواد آلی معنی‌دار شد و اثر متقابل نیتروژن و کمپوست هم بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک معنی‌دار گردید (جدول ۵).

همچنین در آزمایشی با کاربرد کمپوست زباله‌ی شهری، تأثیر مثبت کمپوست بر افزایش ماده‌ی آلی خاک در کشت ذرت گزارش گردید (Eriksen & Coale, 1999). با توجه به جدول‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود که pH کمپوست مورد استفاده نسبت به خاک کمتر بوده که همین امر کاهش pH خاک در اثر افزایش کمپوست را توجیح می‌نماید. با توجه به جدول ۶ مشاهده می‌شود که pH خاک در سطح ۱۰ تن کمپوست با سطوح ۳۰ و ۴۰ تن کمپوست در هکتار دارای تفاوت معنی‌دار بود. خوشگفتارمنش و کلباسی (Khoshgoftar Manesh & Kalbasi, 2002) با کاربرد کمپوست زباله شهری در کشت برنج نتیجه گرفتند که این نوع کمپوست به علت وجود اسیدهای آلی و معدنی خاصیت اسیدی داشته و موجب کاهش pH خاک گردیده است. نتایج مشابهی هم توسط محمدی نیا (Mohamadinia, 1995) ارائه گردید. با توجه به شرایط آب‌وهوایی ایران که در مناطق نیمه خشک قرار دارد که باعث افزایش اسیدیته خاک و کاهش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی خاک برای گیاه می‌شود که کاهش هر چند جزیی اسیدیته خاک تأثیر بسزایی در افزایش قابلیت جذب این عناصر دارد و متعاقب آن باعث افزایش عملکرد می‌شود.

مقدار مواد آلی خاک‌های زراعی کشور به طور عمده کمتر از یک درصد است، که این امر به دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژنه و عدم استفاده از کودهای آلی است (Malakouti, 2004). افزایش ماده آلی خاک به واسطه افزودن کودهای آلی به خاک و جلوگیری از تخریب ساختمان خاک امری ضروری می باشد، با توجه به میانگین اثرات ساده در جدول ۶ مشاهده می‌شود که درصد ماده آلی خاک در اثر افزایش سطوح مختلف کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار افزایش یافت؛ به طوری که در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست ماده آلی ۰/۴۳ درصد و در سطح ۴۰ تن در هکتار ۰/۸۶ درصد بود که بین تمامی سطوح تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. قیامتی و همکاران (Ghyamati et al., 2009) افزایش مواد آلی خاک در چهار تیمار حاوی کمپوست نسبت به شاهد گزارش کردند و دلیل آن را مقدار بالای ماده آلی در کمپوست بیان کرد.

جدول ۵- تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی خاک در کشت ذرت شیرین تحت تأثیر کود نیتروژنه و کمپوست زباله‌ی شهری

Table 5- Variance analysis of soil chemical characteristics of sweet corn affected by nitrogen fertilizers and municipal solid waste compost application

		میانگین مربعات Mean squares					
منابع تغیرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	ماده آلی Organic matter	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	4	0.000008^{ns}	0.06^{ns}	556.26^{ns}	0.0003^{ns}	0.07^{ns}	0.14^{ns}
اشتباه عامل اصلی Main error	8	0.000009	0.14	554.34	0.0005	0.28	0.19
کمپوست Compost	3	0.003^{**}	103.72^{**}	239629.33^{**}	0.52^{**}	13.14^{**}	0.28^{*}
کمپوست × نیتروژن Nitrogen × Compost	12	0.000001^{**}	0.48^{**}	1310.6^{*}	0.001^{ns}	0.03^{ns}	0.28^{ns}
اشتباه عامل فرعی Sub error	30	0.000006	0.15	574.18	0.001	0.02	0.19
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	٪	4.57	5.4	5.38	6.05	6.78	5.84

^{ns}، ** و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

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

باتوجه به این که میزان ماده آلی خاک یکی از مؤلفه‌های مهم حاصلخیزی خاک است، کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌شود و باعث بهبود خصوصیات فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب، تهویه خاک، قابلیت نفوذ آب و ریشه در خاک و سایر مؤلفه‌های فیزیکی) و شیمیایی (اسیدیته، ظرفیت تبادل یونی، تعادل عناصر و قابلیت دسترسی سایر مؤلفه‌های شیمیایی) می‌شود (Marinari et al., 2000). این امر منجر به افزایش عملکرد به صورت پایدار و حفظ سلامت خاک می‌شود و باید در تولید این کودهای آلی توجه خاصی به میزان آلاینده‌ها به خصوص فلزات سنگین و خصوصیاتی مانند شوری شود که از طریق فرایندهایی این آلاینده‌ها حذف یا حد مجاز آن رعایت و سپس در مزارع استفاده گردد.

با توجه به میانگین اثرات ساده در جدول ۶ مشاهده می‌شود که هدایت الکتریکی خاک در اثر افزایش سطوح مختلف کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست هدایت الکتریکی ۱/۰۳ دسی‌زیمنس بر متر و در سطح ۴۰ تن در هکتار ۳/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که بین تمامی سطوح تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر افزودن کمپوست به دلیل بالا بودن مقدار کل نمک‌های محلول کمپوست می‌باشد (Vazquezmontiel et al., 1996). در این آزمایش و با توجه به تجزیه کمپوست مشاهده می‌گردد که هدایت الکتریکی کمپوست استفاده شده در این آزمایش بسیار بالا می‌باشد (۱۸/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر) که همین امر می‌تواند افزایش هدایت الکتریکی خاک آمیخته با کمپوست را توجیح نماید (جدول ۱). کاربرد این کود آلی باعث شوری خاک شد؛ به طوری‌که از ۰/۳۶ دسی‌زیمنس بر متر قبل از انجام آزمایش به میزان ۳/۳۶ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار ۴۰ تن کمپوست زباله شهری رسیده است.

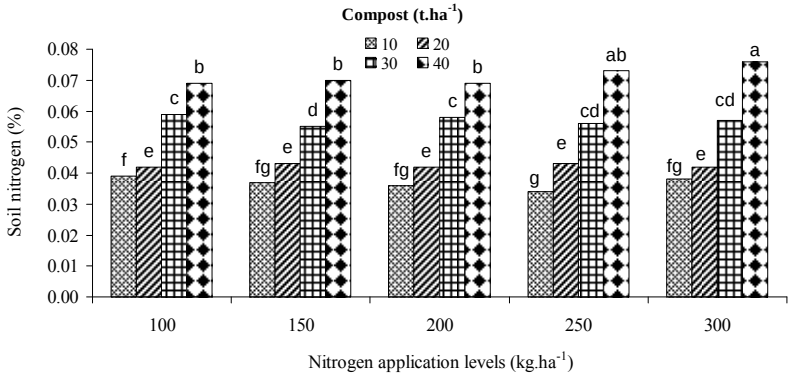
جدول ٦- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده میزان کود کمپوست، بر خصوصیات شیمیایی خاک در کشت ذرت شیرین

Table 6- Mean comparison of compost effect on soil chemical characteristics in sweet corn

کمپوست (تن در هکتار) Compost ($t.ha^{-1}$)	مواد آلی (٪) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
10	0.43^{d*}	1.03^{d}	7.73^{a}
20	0.53^{c}	1.59^{c}	7.61^{ab}
30	0.67^{b}	2.42^{b}	7.34^{b}
40	0.86^{a}	3.16^{a}	7.34^{b}

* اعداد با حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD (p≤۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.



شکل ٤- تأثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر درصد نیتروژن خاک در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 4- Effect of compost application in different levels of nitrogen on soil nitrogen percent

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

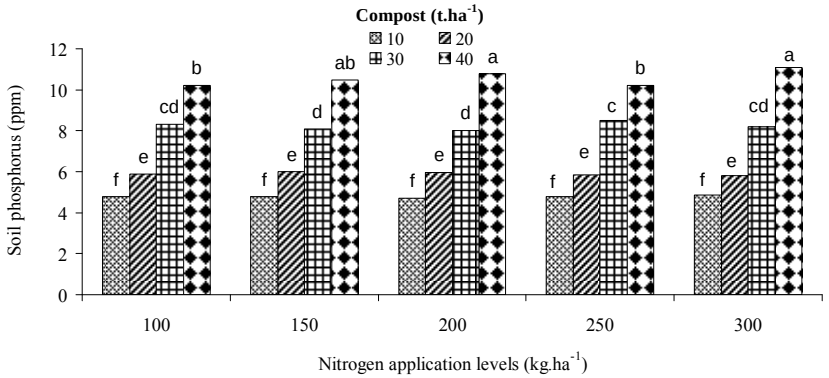
* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.

حجم استفاده شده کمپوست نسبت به حجم خاک کم می‌باشد؛ به طوری که در وزن متوسط ۴۵۰۰ تن خاک زراعی و وزن ۴۰ تن در هکتار کمپوست در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، به ازای هر کیلوگرم خاک ۸/۸ گرم کمپوست افزوده می‌شود. همچنین شستشوی به وسیله آبیاری می‌تواند باعث کاهش شوری خاک شد، ولی استفاده مکرر این نوع کودها می‌تواند شوری خاک را افزایش دهد. همچنین قبل از مصرف این نوع کودها باید این گونه عوامل سوء اصلاح گردد، تا باعث کاهش حاصلخیزی مزارع در بلند مدت نگردد.

نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف جهت رشد گیاه می‌باشد. این عنصر را به عنوان گلوگاه رشد گیاه می‌شناسند. غلظت آن در گیاه ۵- ۱ درصد وزن خشک می‌باشد. بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه به صورت نیترات (NO_3) و آمونیوم (NH_4) جذب می‌شود. عمده نیتروژنی که گیاه جذب می‌کند، در نهایت در ساختمان پروتئین استفاده می‌شود. نیتروژن در ساختمان RNA، DNA و کلروفیل گیاه نقش مهمی دارد (Malakouti & Gheibi, 2000). بالاترین درصد نیتروژن خاک در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار و کمترین درصد نیتروژن در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن کمپوست به ترتیب معادل ۰/۰۷۳ و ۰/۰۳۲ درصد حاصل شد (شکل ۴). طبق تجزیه کمپوست مصرف شده در این تحقیق دارای سه درصد نیتروژن می باشد که همین امر باعث افزایش نیتروژن خاک می‌گردد.

بیشترین مقدار فسفر خاک هم در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار و کمترین درصد فسفر در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن کمپوست به ترتیب معادل ۱۰/۹۷ و ۴/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد (شکل ۵). در آزمایش معماری (Memari, 2004) تأثیر کاربرد کمپوست بر مقدار فسفر و پتاسیم و درصد مواد آلی خاک معنی‌دار گردید. فسفر در ساختمان سلولی گیاهان (RNA و DNA) نقش دارد و در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی گیاه از جمله ذخیره و انتقال انرژی شرکت می‌کند. این عنصر باعث تسریع در رشد و رسیدگی محصول می‌گردد، کیفیت بافت‌های سبزینه‌ای را افزایش می‌دهد و وجود آن برای ایجاد برگ و رشد ریشه لازم و ضروری می‌باشد (Khajepoor, 2003). در صورت کمبود فسفر در گیاه، انتقال فسفر از برگ‌های مسن به سوی برگ‌های جوان و دانه انجام می‌شود. گیاهان نسبت به کمبود فسفر عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان می‌دهند، که مهمترین آن‌ها کاهش رشد بخصوص در ریشه و ساقه، ریزش برگ‌های مسن و در نهایت، کاهش عملکرد می‌باشند (Khajepoor, 2003). یکی از دلایل افزایش حلالیت فسفر در نتیجه افزودن کمپوست، وجود مقادیر بالای فسفر در کمپوست و ایجاد پیوندهای فسفو هیومیک در خاک و کند شدن روند تثبیت فسفر در خاک است (Giusquiani et al., 1988).

پتاسیم در سنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها نقش مؤثری دارد و برای تشکیل دیواره سلولی ضرورت دارد. جذب آب و تعادل جذب عناصر به کفایت پتاسیم در سلول‌ها بستگی دارد. پتاسیم کیفیت محصول را بالا می‌برد، راندمان فتوسنتز را افزایش می‌دهد، بر مقاومت گیاه در مقابل بعضی امراض می‌افزاید و برای تشکیل دانه‌ی حجیم و ساقه‌ی مقاوم در غلات ضروری می‌باشد (Khajepoor, 2003). بیشترین درصد پتاسیم خاک در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ تن کمپوست در هکتار و کمترین درصد پتاسیم در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن کمپوست به ترتیب معادل ۶۴۲ و ۳۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (شکل ۶).

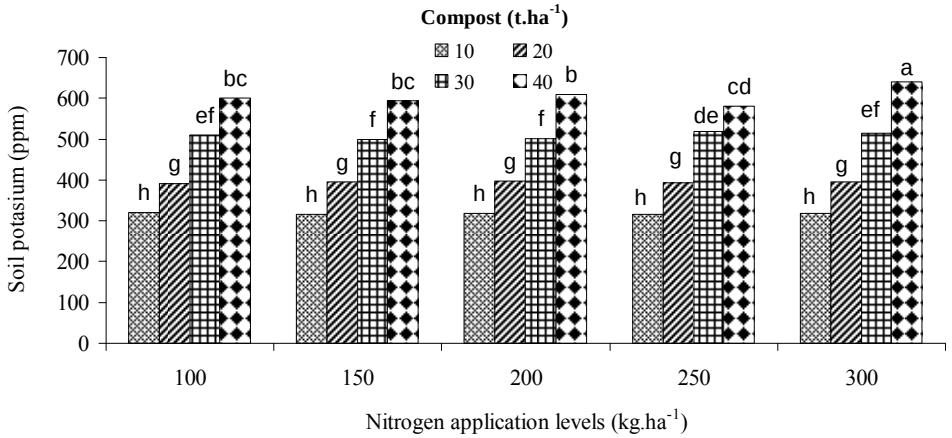


شکل ۵- تأثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر مقدار فسفر خاک در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 5- Effect of compost application in different levels of nitrogen on soil phosphor percent

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.



شکل ٦- تأثیر کاربرد کمپوست زباله شهری بر مقدار پتاسیم خاک در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 6- Effect of compost application in different levels of nitrogen on soil potassium percent

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each figure have not significant difference at 5% probability level based on LSD test.

قیامتی و همکاران (Ghyamati et al., 2009) نیز افزایش پتاسیم در اثر تیمارهای حاوی کمپوست زباله گزارش کردند و دلیل آن را محتوای بالای کمپوست از نظر پتاسیم بیان داشتند. در آزمایش سینگر و همکاران (Singer et al., 2004) کاربرد کمپوست میزان اسیدیته، کربن آلی، محتوای پتاسیم خاک را افزایش داد. همچنین این مواد موجب بهبود خواص فیزیکی خاک از جمله چگالی ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و ساختمان خاک شدند. مارینا‌ری و همکاران (Marinari et al., 2000) نیز با بررسی اثرات کمپوست بر خواص شیمیایی و فیزیکی خاک افزایش معنی‌دار نیتروژن و فسفر خاک را گزارش کردند. افزایش نیتروژن، پتاسیم و فسفر خاک حاوی کمپوست به دلیل بالا بودن این عناصر در کمپوست می‌باشد (Hayes et al., 1990). با توجه به شکل‌های ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد که در تمامی سطوح نیتروژن با افزایش کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم روند افزایشی دارد، ولی این افزایش در سطوح مختلف نیتروژن اندکی تفاوت دارد.

نتیجه‌گیری

در کل نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد بهینه بلال‌تر و دانه کنسروی با استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۳۰ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد. همچنین با کاربرد ۴۰ تن کمپوست در هکتار و حداقل ۱۵۰ و حداکثر ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به نتایج مطلوبی در مورد عملکرد کمی و کیفی دست یافت. قبل از مصرف این قبیل کودها باید نسبت به اصلاح آلاینده‌ها بخصوص فلزات سنگین و شوری که در این تحقیق مشهودتر بود اقدام شود و استاندارد جامعی در مورد تمام خصوصیات کمی و کیفی تدوین و در تولید و فرآوری رعایت گردد. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی یکی از مسائل مهم کشاورزی است که مصرف کودهای آلی با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در پی آن کاهش هزینه تولید یکی از راهبردهای مهم برای نیل به کشاورزی پایدار است. مصرف ترکیبی کودهای شیمیایی و آلی در این تحقیق باعث بهبود صفات اندازه‌گیری شد که می‌توان از ترکیب این دو کود (۴۰ تن کمپوست در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با این تفاسیر و رعایت استانداردهای زیست محیطی در تولید کمپوست‌های زباله شهری و سایر کودهای آلی برای افزایش عملکرد کمی و کیفی این محصول برای خاک‌ها و شرایط آب و هوایی مشابه توصیه نمود.

منابع

Aggelides, S.M., and Londra, P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Bioresource Technology 71: 253-259.

Alidost, R. 2001. Effect of different levels municipal solid waste compost and nitrogen and phosphorus on the growth and mineral nutrition of maize forage. MSc Thesis Faculty of Agriculture, Abourihan University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Bar-Tal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D., Rosen, V., and Fine, P. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in I soil following successive, annual compost applications. Environmental Quality Journal 33: 1855-1865.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D.L. et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. SSSA Book Ser. SSSA and ASA, Madison, USA. p. 1085-1122.

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.

Duraisami, V.P., and Mani, A.K. 2001. Residual effect of inorganic nitrogen composted coripith and biofertilizer on yield and uptake of soybean in an inceptisoil. Madras Agriculture Journal 88(4,6): 277-280.

Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis (Vol. I). Publication No. 982, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)

Erhart, E., Hartl, W., and Putz, B. 2005. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. European Agronomy Journal 23: 305-314.

Eriksen, G.N., and Coale, F.J. 1999. Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. Agronomy Journal 91: 1009-1016.

Faraji, H. 2006. Evaluation Effect of nitrogen on the yield of grain of sweet corn hybrids produces suker in Yasouj. Final report from the Research Project, University of Yasouj, Yasouj, Iran. 75 pp. (In Persian with English Summary)

Fereidouni, M.J. 2010. Effect of sewage effluent and nitrogen on yield quality and quantity of sweet corn and some soil characteristics on Yasouj region. MSc. Thesis Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghiamty, G., Astaraii, A., and Zamani, G.R. 2009. Effect of municipal solid waste compost and sulfur on yield sugar beet and chemical properties of soil. Agronomy Research Journal 1(7): 153-162. (In Persian with English Summary)

Giusquiani, P.L., Arcchini, C.M., and Businelli, M. 1988. Chemical properties of soils amended with compost of urban waste. Plant and Soil Journal 109: 73-73.

Hartl, W., Putz, B., and Erhart, E. 2003. Influence of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. European Journal of Soil 39: 129-139.

Hayes, A.R., Mancio, C.F., and Pepper, I.L. 1990. Irrigation of turf grass with secondary sewage effluent. Soil and Leachate Water Quality. Agronomy Journal 13: 441-448.

Khajepoor, M.R. 2003. Principles of agronomy. Jahad Daneshgahi Press. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. 375 pp. (In Persian)

Khoshgoftar Manesh, A.H., and Eolbasi, K. 2002. Effect of residual processed municipal waste leachat on soil properties and wheat growth and yield. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural 3: 141-148. (In Persian with English Summary)

Kumawat, S.M., Dhakar, L.L., and Maliwal, P.L. 2000. Effect of irrigation regimes and nitrogen on yield, oil content and nutrient uptake of soybean. Indian Agronomy Journal 45(2): 361-366.

Malakouti, M.J., and Gheibi, M.N. 2000. Determination of critical levels of nutrients in soil, plant, and fruit for the quality and yield improvements in strategic crops of Iran. 2nd ed. (completely revised). High Concoil for Appropriate Use of Pesticides and Chemical Fertilizers, Ministry of Agriculture, 92 pp. Karaj, Iran. (In Persian)

Marinari, S.G., Masciandaro, B., and Ceccanti, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biophysical properties. Bio−Resource Technology 72: 9-17.

Mbarki, S., Labidi, N., Mahmoudi, H., Jedidi, N., and Abdelly, C. 2008. Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K, content and heavy metal toxicity. Bio−Resource Technology 99: 6745-6750.

Memari, A. 2004. The effect different levels of municipal solid waste compost on yield, growth and mineral nutrition of some important crop plants and soil in Tehran region. M.Sc. Thesis Faculty of Agriculture, Abourihan University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Mohamadinia, G. 2005.The chemical composition of latex and compost effects on soil and plant. M.Sc. Thesis Soil Science, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Morshed, R.M., Rahman, M.M., and Rahman, M.A. 2008. Effect of nitrogen on seed yield, protein content and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*). Agriculture Research Journal 6(1,2): 13-17.

Oikeh, S.O., Kling, J.G., and Okoruwa, A.E. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African moist savanna. Crop Science Journal 38: 1056-1061.

Oktem, A., Oktem, A.G., and Emeklierc, H.Y. 2010. Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. Soil Science and Plant Analysis Journal 41: 832–847.

Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus in method of soil analysis. Part 2. Madison, Wisconsin. American Agronomy Society 403-430.

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part II: Chemical and microbiological

properties (2nd edition). Am .Soc. of Agronomy, Soil Sciences Publisher. Madison, Wisconsin. USA.
Sadeghi, H., and Bahrani M.J. 2002. Effect of plant density and nitrogen levels on morphological characteristics and grain protein contact of corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences 3: 1-11. (In English with Persian Summary)
Sarmadnia, G.H., and Koocheki, A. 2003. Crop Physiology. Jihad Danshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. 234 pp. (In Persian)
Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., and Buhler, D.D. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96: 531-537.
Smit, S.J., and Scott, A.D. 1966. Extractable potassium and classism in granites illite: Method of extraction. Soil Science 102: 115-122.
Thomas, G.W., and Hargrove, W.L. 1984. The chemistry of soil acidity. Agronomy Monograph 3-56.
Tufenkci, S., Sonmez, F., and Sensoy, R.I. 2006. Effect of *Arbuscular mycorrhiza* fungus inoculation and phosphorus and nitrogen fertilizer on some plan growth parameters and nutrient content of soybean. Biological Science 9(6): 1121-1127.
Vazquezmontiel, O., Horan, N.J., and Mara, D.D. 1996. Management of domestic waste water for reuse in irrigation. Water Science Technology 33: 355-362.
Walkly Black, C.A. 1934. An Experimentation of Data. 39 pp.
Williams, D.E., Vlamis, J., and Pukite, A.H. 1978. Metal movement in sludge amended soils: A nine year study. Soli Science 143: 124-131.
Wolkowski, R.P. 2003. Nitrogen management considerations for land spreading municipal solid waste compost. Environmental. Quality Journal 32: 1844-1850.
Wong, J.W.C., and Ma, K.K. 1999. Utilization of manure compost for organic farming in Hong Kong. Bioresource Technology 67: 43-46.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۴۱-۱۳۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 130-141

بررسی تأثیر تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تربت حیدریه

احمد احمدیان[1*] و سودابه نورزاد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم ابی و مراحل برداشت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربت حیدریه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمار اصلی شامل زمان های آبیاری در سه سطح ۹۰ (عدم تنش)، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و تیمار فرعی نیز شامل مراحل مختلف برداشت در سه سطح قبل از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی بود. نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن گردید؛ در حالی‌که میزان پرولین و کربوهیدارت گیاه، بطور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین درصد اسانس و ترکیبات اصلی آن (لینالول، آلفا پینن، گاماترپینین، ژرانیول استات، کامفور) در تیمار تنش ملایم مشاهده شد. تأخیر در برداشت باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد تا مرحله دانه‌بندی گردید. کربوهیدرات گیاه در مراحل پایانی رشد افزایش یافت؛ در حالی‌که اختلاف معنی داری بین میزان پرولین در مراحل گلدهی و دانه‌بندی وجود نداشت. بیشترین درصد اسانس و مقادیر ترکیبات اصلی اسانس در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد. بطور کلی، بالاترین عملکرد گیاه در شرایط عدم تنش در مرحله دانه بندی بدست آمد، در حالی‌که بالاترین درصد اسانس و ترکیبات کیفی آن در تیمار تنش ملایم در مرحله دانه‌بندی مشاهده گردید. بنابراین، توصیه می‌گردد که برای کسب حداکثر کیفیت و درصد اسانس و حصول عملکرد قابل قبول، گیاه گشنیز تحت تنش ملایم خشکی قرار گرفته و برداشت گیاه در مرحله اتمام دانه‌بندی صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش کم آبی، غلظت عناصر، مراحل رشدی

مقدمه

اهمیت تولید و فرآوری گیاهان دارویی بدلیل عوارض جانبی کمتر، روز به روز در حال افزایش است و بیشتر کشورها سرمایه‌گذاری زیادی را در راستای تولید گیاهان دارویی انجام داده‌اند. یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در بخش کشاورزی و علوم پزشکی و حتی تجارت جهانی توجه به تولید، فرآوری و استفاده از گیاهان دارویی می‌باشد (Pirzad et al., 2006).

پرورش گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در اغلب نواحی دنیا به منظور استفاده از آن در تهیه‌ی اغذیه و شیرینی معمول است. میوه‌ی گشنیز دارای ۰/۵ تا یک درصد اسانس و در حدود ۱۳ درصد روغن ثابت، تانن و اگسالات کلسیم می‌باشد. ترکیب اصلی لینالول، دارای اهمیت بسزایی در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی می‌باشد (Volatil, 2000). اسانس میوه که دارای ۵۰ درصد ترکیب لینالول می‌باشد، در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوه در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Sefidkon et al., 2007). از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، کاهش اشتها، تشنج، بیخوابی و اضطراب استفاده می‌شود (Volatil, 2000). بررسی‌های انجام شده در خصوص اثرات بیولوژیک این گیاه حاکی از آن است که اسانس گشنیز دارای خاصیت ضدباکتریایی (Burt, 2004; Contore et al., 2004; Kubo et al., 2004)، آنتی‌اکسیدان (Wangensteen et al., 2004)، ضد دیابت (Gallagher et al., 2003)، ضدسرطان و ضدجهش می‌باشد (Chithra & Leelamma, 2000). میوه گشنیز دارای خاصیت نیرودهنده، هضم کننده‌ی غذا، بادشکن، مدر، ضدتشنج و به طور ملایم قاعده‌آور، ضدصرع و ضدکرم است (Zargari,

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه تولیدات گیاهی و کارشناس ارشد باغبانی، پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه
*- نویسنده مسئول: (Email: Aahmadian59@torbath.ac.ir)

2010). سابقه کشت این گیاه در ایران بسیار طولانی است و از سطح عمده زیرکشت، اندام‌های هوایی گیاه به صورت تازه برداشت و به بازار مصرف عرضه می‌گردد (Zargari, 2010).

از جمله عوامل مهمی که بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر است، می‌توان به تنش خشکی اشاره نمود. کیفیت و کمیت گیاهان دارویی به‌طور خاصی تحت تأثیر ژنتیک، عوامل محیطی و اثر متقابل این دو عامل است (Abdalla & El-Khoshiban, 2007). از طرفی، با توجه به کمبود شدید منابع آب در آینده‌ی نزدیک، مدیریت منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا بتوان بهره‌وری و راندمان مصرف آب را افزایش داد.

برای حصول حداکثر درصد اسانس، زمان مناسب برداشت گیاهان دارویی باید به دقت انتخاب شود. از آنجا که عملکرد پیکر رویشی و مقدار اسانس در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه متفاوت می‌باشد، تعیین بهترین مرحله برداشت از بین مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه دارویی، اهمیت ویژه‌ای دارد (Omidbeigi et al 2003). از طرفی، گیاه در اثر مواجه شدن با تنش‌های محیطی بویژه خشکی، تغییرات متفاوتی در مراحل فنولوژیکی خود ایجاد می نماید تا سازگاری بیشتری به شرایط تنش داشته باشد (Ahmadian et al., 2011). تعیین بهترین زمان برداشت در شرایط متفاوت رطوبتی در هر گیاه دارویی بسیار مهم و ضروری بوده و می‌بایست در هر منطقه مورد بررسی و پژوهش قرار گیرد. لذا هدف این آزمایش تعیین تأثیر زمان-های برداشت و سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقات کشاورزی و گیاهان دارویی دانشگاه تربت‌حیدریه با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن و آمبرژه به ترتیب خشک و خشک سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۲۷۵ میلی‌متر بوده که در مدت اجرای طرح (شش ماه اول سال) ۱۳/۶ میلی‌متر گزارش شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی شامل آبیاری در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد از ظرفیت زراعی و برداشت محصول در سه مرحله رشدی گیاه شامل مرحله‌ی رویشی (قبل از گلدهی)، گلدهی و بعد از گلدهی (اتمام دانه-بندی) به‌عنوان تیمار فرعی بود.

فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود که در کرت هایی به ابعاد ۳×۲ متر در اسفند ماه ۱۳۸۹ کشت شدند. کاشت بذر به عمق دو سانتی‌متر بود که به روش دستی انجام گرفت. بذر گشنیز از مرکز تهیه بذر و نهال کرج تهیه شد. پیش تیمار بذر بصورت خیساندن در آب سرد جهت تسریع در جوانه‌زنی به مدت ۲۴ ساعت قبل از کاشت انجام شد. قبل از خیساندن، بذرها با دست به منظور جدا کردن مزوکارپ‌ها مالش داده شدند. پس از تعیین ظرفیت زراعی و درصد تخلیه رطوبت خاک با کمک دستگاه صفحات فشاری و کالیبره نمودن دستگاه رطوبت‌سنج با داده‌های حاصل از تعیین بافت و ساختمان خاک در آزمایشگاه، میزان رطوبت خاک در تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه رطوبت سنج Wet HH_2 به-طور مرتب اندازه‌گیری شد. با انجام محاسبات مربوطه درصد رطوبت خاک در هر مرحله اندازه‌گیری تعیین گردید. آبیاری بصورت کرتی و غرقابی در طول دوره رویش گیاه بر اساس ظرفیت زراعی هر کرت جهت اعمال تنش، به طور منظم و دقیق و با استفاده از کنتور انجام شد. اِعمال رژیم‌های آبیاری بعد از مرحله تنک کردن آغاز شد.

برداشت گیاه در روزهای ۲۵ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۹ تیر ماه با توجه به تیمار موردنظر، با حذف اثرات حاشیه به روش تصادفی انجام شد. برداشت مرحله قبل از گلدهی یا اتمام رویشی به محض دیدن اولین گلها در مزرعه صورت پذیرفت. برداشت مرحله گلدهی در زمانی که گل‌ها به طور کامل باز شده بودند و گل‌های سفید رنگ کوچک روی چترها قرار گرفته بودند و برداشت مرحله سوم در زمان اتمام دانه‌بندی قبل از آغاز ریزش بذرها صورت گرفت. بدین منظور از هر کرت ۱۰ بوته به عنوان نمونه‌ی جامعه و به طور تصادفی انتخاب شدند. صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، قطر ساقه، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و عملکرد بود. در هر مرحله‌ی رشدی، سطح یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه ای برداشت گردید که پس از توزین به‌عنوان وزن تر زیست‌توده یادداشت‌برداری شد. با قرار دادن زیست‌توده تر در دمای ۶۵ درجه در آون به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک زیست‌توده برای هر پلات حاصل شد.

در مراحل مختلف برداشت، کربوهیدرات با استفاده از اتانول ۹۵ درصد و بر اساس روش اسید سولفوریک استخراج شد (Schlegel, 1956). جهت اندازه گیری پرولین از روش (Bates et al., 1973) و برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش SPAD استفاده شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و به کمک دستگاه اسانس‌گیری کلونجر صورت گرفت. به منظور تجزیه اسانس به ترکیبات تشکیل‌دهنده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل شده با طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال داده‌ها، محاسبات

آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند ($p\leq$۰/۰۵).

نتایج و بحث

عملکرد و اجزاء عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، زمان برداشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد گشنیز معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود؛ به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، وزن تر و خشک و همچنین عملکرد گیاه دارویی گشنیز به‌طور معنی‌داری کاهش داشت (جدول ۱).

تنش خشکی با محدودیت‌هایی که در جذب آب توسط گیاه و همچنین جذب عناصر غذایی برای گیاه ایجاد می‌کند باعث کاهش بیوماس تولیدی می‌شود (Ashraf & Foolad, 2007). به عقیده بسیاری از محققین، نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس سلول و در نتیجه کاهش رشد می‌باشد (Mandal et al., 2008; Larcher, 1995). به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد و رشد گیاه گشنیز تحت تنش شدید در نتیجه محدودیت آبی ناشی از اعمال تیمار تنش باشد که رشد و توسعه سلول‌ها را کاهش داده و در نهایت، رشد گیاه را محدود می‌کند (Sreevalli et al., 2001). کاهش وزن تک بوته در طی افزایش سطح تنش خشکی بر اساس نظر (Sreevalli, et al., 2001) می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد. سایر محققین نیز کاهش عملکرد گیاه را با افزایش شدت تنش گزارش کرده‌اند (Ahmadian, et al., 2011; Tawfik, 2008).

تأخیر در برداشت نیز باعث افزایش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه اصلی، وزن تر و خشک و عملکرد گیاه گشنیز گردید (جدول ۱). این افزایش عملکرد و اجزاء آن که ناشی از تأخیر در برداشت می باشد در تمام سطوح تنش خشکی قابل مشاهده است (جدول ۲). طبق نتایج (Ozguven & Tansi, 1998) مراحل مختلف برداشت بر عملکرد وزن خشک آویشن باغی بسیار معنی‌دار بود و بیشترین وزن خشک در مرحله بذردهی حاصل گردید.

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد اندام رویشی و اجزاء عملکرد گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت

Table 1- Means comparison of yield and its components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant(g)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)	قطرساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	تعداد ساقه اصلی (تعداد درگیاه) Number of branch per plant	تعداد برگ در بوته (تعداد در بوته) Number of leaf per plant
خشکی Drought							
تنش شدید High stress	17.71c *	1315.2c	1.593c	1.99c	2.9a	4.2c	20.3c
تنش ملایم Low stress	31.31b	1400.8b	1.728b	2.13b	2.5b	5.3b	23.2b
بدون تنش No stress	38.16a	1458.8a	1.972a	2.37a	2.2c	6.2a	24.9a
مراحل برداشت Harvesting stages							
قبل از گلدهی Before flowering	29.99c	1259.8b	1.578c	1.98c	2.4c	4.2c	21.0c
گلدهی Flowering	32.44b	1456.0a	1.700b	2.10b	2.5b	5.2b	23.3b
بعداز گلدهی After flowering	34.75a	1459.0a	2.015a	2.42a	2.7a	6.2a	24.0a

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گشنیز

Table 2- Means comparison of interaction affect of yield and its components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد برگ در بوته (تعداد در بوته) Number of leaf per plant	تعداد ساقه اصلی (تعداد درگیاه) Number of branch per plant	قطرساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)	وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant (g)	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages							
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	25.2e *	18.3f	2.12f	2.67c	1.85e	1.45e	1161.7e
	گلدهی Flowering	27.6c	20.9e	4.16e	2.94b	1.93e	1.53e	1399.0c
	بعداز گلدهی After flowering	30.3b	21.7d	5.17c	3.15a	2.19cd	1.79cd	1385.0c
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	29.5d	21.2de	4.32d	2.38e	1.94e	1.54e	1235.3d
	گلدهی Flowering	31.6b	23.6c	5.16c	2.49d	2.09d	1.69d	1463.7b
	بعد از گلدهی After flowering	32.8a	24.8b	5.31b	2.63c	2.35b	1.95b	1503.3a
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	35.3cd	23.6c	5.12c	1.99g	2.14cd	1.74cd	1382.3c
	گلدهی Flowering	38.1b	25.4ab	6.26b	2.17f	2.27bc	1.87bc	1505.3a
	بعد از گلدهی After flowering	41.1a	25.5a	7.17a	2.31e	2.71a	2.31a	1488.7ab

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

مطالعه نحوه‌ی تغییرات وزن تر و خشک زیست‌توده (جدول ۲) نشان داد که سیر صعودی وزن تر و خشک از مرحله رویشی تا مرحله بذردهی افزایش چشمگیری داشت. علت آن علاوه بر طول دوره رشد گیاه، می‌تواند روزهای آفتابی با دمای هوای گرم به خصوص در ماه‌های تیر و مرداد باشد، زیرا در این زمان، طول روز بلندتر بوده و در نتیجه میزان تابش افزایش یافته است (Letchamo & Vomel, 1992).

محتوای کلروفیل و تنظیم‌کننده‌های اسمزی

تأثیر تیمارهای تنش و مراحل برداشت بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی و کلروفیل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود؛ به‌طوری‌که افزایش شدت تنش باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ‌ها (شاخص SPAD) و افزایش معنی‌دار غلظت پرولین و میزان کربوهیدارت در اندام‌های هوایی گیاه گشنیز گردید (جدول ۱). به نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی، به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد. رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون رنگیزه (Wise & Naylor, 1989) و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌گردند (Schutz & Fangmeir, 2001). اساس نتایج تحقیقات (Heuer, 1994) در طی بروز تنش خشکی بر میزان تجمع ترکیبات آلی همانند پرولین در اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت کلروفیل، پرولین و کربوهیدرات گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 3- Means comparison of chlorophyll, proline and carbohydrate contents of coriander under water stress and harvesting times

تیمارها Treatments	قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading	پرولین (میکرومول برگرم وزن تر) Proline ($\mu mol.g^{-1}$ fresh W)	میزان کربوهیدرات (میکروگرم برگرم وزن تر) Carbohydrate ($\mu g.g^{-1}$ fresh W)
تنش خشکی Drought stress			
تنش شدید High stress	24.1c*	4.45a	13.0a
تنش ملایم Low stress	26.9b	4.03b	12.6b
بدون تنش No stress	29.5a	3.03c	12.3c
مراحل برداشت Harvest stages			
قبل از گلدهی Before flowering	28.5b	4.52a	12.5c
گلدهی Flowering	29.2a	3.49b	12.6b
بعد از گلدهی After flowering	22.9c	3.50b	12.8a

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و مانع غیرطبیعی شدن آلبومین گردد (Slama, et al., 2006). این خصوصیت پرولین بدان جهت است که رابطه متقابل بین پرولین و سطح پروتئین‌های آبگریز برقرار شده و به علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آبدوست، پایداری آن‌ها افزایش یافته و از تغییر ماهیت آن‌ها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار قرار گرفته و محافظت می‌شوند (Kuzentsov & Shevykova, 1999) که احتمالاً به دلایل فوق پرولین خود را افزایش می‌دهند.

بر اساس نظر (Good & Zaplachiniski, 1994) تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه کلزا تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند. افزایش پرولین و کربوهیدرات تحت شرایط خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Ghoulam et al., 2002; Slama et al., 2006; Ashraf & Foolad 2007).

در شرایط تنش، گیاه برای حفظ تعادل اسمزی و توانایی جذب بیشتر آب از محیط ریشه، ترکیباتی مثل کربوهیدرات‌ها را در خود افزایش می‌دهد تا تنظیم اسمزی بهتر صورت گیرد (Abdalla & El-Khoshiban, 2007).

بالاترین میزان کلروفیل در مرحله گلدهی، پرولین در مرحله رویشی و کربوهیدارت در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد (جدول ۳). نیاز بالای فتوسنتزی در مرحله گلدهی، نیاز به رشد بیشتر در مرحله رویشی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه ها در مرحله دانه بندی می توانند از دلایل مشاهدات مذکور باشند.

غلظت عناصر معدنی

نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) سدیم در اندام هوایی گیاه گشنیز گردید (جدول ۵). تأخیر در برداشت نسبت به سایر مراحل برداشت در این آزمایش نیز باعث کاهش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد؛ در حالی‌که اختلاف مراحل برداشت از لحاظ غلظت سدیم معنی‌دار نبود.

محدودیت آبی ممکن است تجمع عناصر معدنی در بافت‌های گیاهی را از طریق تأثیر بر رشد ریشه، تحرک عناصر غذایی در خاک و جذب آن‌ها تحت تأثیر قرار دهد. غلظت نهایی عناصر در بافت‌های گیاهان، بستگی زیادی به کاهش نسبی جذب عناصر، تجمع ماده‌ی خشک کل و چگونگی تغییر آن‌ها نسبت به هم دارد (Sanchez-Blanco et al., 2006).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت بر میزان کلروفیل، پرولین و کربوهیدرات موجود در گیاه گشنیز
Table 4 - Means comparison of interactions effect of chlorophyll, proline and carbohydrate contents of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading	پرولین (میکرومول برگرم وزن تر) Proline (µmol.g^{-1} fresh W)	میزان کربوهیدرات (میکروگرم برگرم وزن تر) Carbohydrate (µg.g^{-1} fresh W)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages			
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	25.3d*	5.05a	12.8c
	گلدهی Flowering	26.3c	4.11b	13.0b
	بعد از گلدهی After flowering	20.7d	4.20b	13.2a
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	28.6b	4.83a	12.5e
	گلدهی Flowering	29.3b	3.67c	12.6d
	بعد از گلدهی After flowering	23.0e	3.57c	12.7c
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	31.5a	3.67c	12.1g
	گلدهی Flowering	32.0a	2.70d	12.3f
	بعد از گلدهی After flowering	25.1d	2.72d	12.4e

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p\leq$۰/۰۵).
* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test ($p\leq0.05$).

هر چند احتمال می‌رود که توسعه ریشه‌ها باعث جذب بیشتر نیتروژن شده و غلظت آن را در گیاه افزایش دهد (Otoo et al., 1989; Ram et al., 1995)، اما در موقعیت تنش شدید که ریشه-های گیاه با کمبود آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مواجه می-شوند، باعث کاهش غلظت و جذب نیتروژن از خاک می‌گردد (Prasertsak & Fukai, 1997; Saneoka et al., 2004). افزایش سدیم متعاقب تنش خشکی، توسط (Ahmadian et al., 2011; Hammoda, 2001; Al-Karaki et al., 1996; Wang, 2000; El-Tayeb, 2006) نیز گزارش شده است و آن را به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی می‌دانند که گیاهان تحت تنش می‌توانند به منظور تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و بافت‌های تحت تنش، آن را افزایش داده تا قابلیت جذب آب خود را از خاک افزایش دهند.

محتوی و ترکیبات اسانس

با افزایش سطح تنش خشکی از شاهد به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بر درصد و عملکرد اسانس گشنیز افزوده شد؛ بطوری‌که بالاترین درصد و عملکرد اسانس تولیدی در سطح تنش ملایم (۶۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) مشاهده گردید. میزان افزایش درصد اسانس در تیمار تنش ملایم نسبت به شاهد (عدم تنش) معادل ۵/۲ درصد بود (جدول ۷). نتایج مشابهی در گیاه ریحان *Mentha piperitta* L.)، (Letchamo et al., 1994) و (Omidbeigi et al., 2003). در بابونه (*Matricaria chamomile* L.) به دست آمده است. (Ahmadian et al., 2011). رفات و صالح (Refaat & Saleh, 1997) ، در ریحان (*Mentha piperitta* L.) گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش یافت. در آزمایش (Letchamo et al., 1994) بر آویشن نیز بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌دست آمد.

نتایج نشان داد که مقدار اسانس در طول مراحل بلوغ گیاه افزایش یافت (جدول‌های ۷ و ۸). بررسی سیر تغییرات درصد اسانس نشان می‌دهد که این گیاه در مرحله رویشی از اسانس کمتری برخوردار بود، ولی پس از عبور از دوره رویشی به گلدهی، افزایش چشمگیری در مقدار اسانس تولیدی دیده می‌شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر معدنی اندام هوایی گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 5- Means comparison of mineral elements concentration of coriander under water stress and harvesting times

سدیم (میکروگرم برگرم) Sodium ($\mu g.g^{-1}$)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	تیمار Treatment
		تنش خشکی Drought stress		
2.528a	2.239c	0.458c	2.062c	تنش شدید High stress
2.282b	3.082b	0.569b	2.301b	تنش ملایم Low stress
1.167c	3.622a	0.772a	2.660a	بدون تنش No stress
		مراحل برداشت Harvest stages		
1.960a	3.249a	0.671a	2.483a	قبل از گلدهی Before flowering
1.937a	2.911b	0.578b	2.314b	گلدهی Flowering
1.844a	2.783c	0.550c	2.226c	بعد از گلدهی After flowering

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است (p≤۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test (p≤0.05).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی و مراحل برداشت بر غلظت عناصر معدنی در گشنیز

Table 6- Means comparison of interactions effect of mineral elements concentration in coriander under water stress and harvesting times

سدیم (میکروگرم برگرم) Sodium ($\mu g.g^{-1}$)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	تیمار Treatment	
2.31a	2.57f	0.54e	2.21d*	قبل از گلدهی Before flowering	تنش شدید High stress
2.38a	2.15g	0.43f	2.04e	گلدهی Flowering	
2.26ab	2.00h	0.41f	1.94f	بعد از گلدهی After flowering	
2.41b	3.24d	0.64d	2.43c	قبل از گلدهی Before flowering	تنش ملایم Low stress
2.26b	3.06e	0.54e	2.28d	گلدهی Flowering	
2.18b	2.95e	0.52e	2.19d	بعد از گلدهی After flowering	
1.24bc	3.94a	0.83a	2.81a	قبل از گلدهی Before flowering	بدون تنش No stress
1.17c	3.53b	0.76b	2.62b	گلدهی Flowering	
1.09d	3.40c	0.72c	2.55b	بعد از گلدهی After flowering	

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است (p≤۰/۰۵).

* Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan Multiple Range test (p≤0.05).

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی و مراحل برداشت

Table 7- Means comparison of oil yield and its chemical components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment	محتوی اسانس (درصد) Oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم درهکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)		لینالول (٪) Linalol (%)	آلفا- پینن (٪) α-pinene (%)	گاما- ترپینن (٪) γ-terpinene (%)	ژرانیول استات (٪) Geranial acetate (%)	کامفور (٪) Camphor (%)	ژرانیول (٪) Geranial (%)	۲-دکنال (٪) 2-deknal (%)	۲- دکنول (٪) 2-deknol (%)
تنش خشکی Drought stress											
تنش شدید High stress	0.50c*	663c	32.2c	2.99c	1.93c	2.84c	2.17a	0.95c	11.4b	8.40c
تنش ملایم Low stress	0.57a	801a	35.9a	3.26a	2.25a	3.00a	2.33a	1.14a	12.4b	9.61b
بدون تنش No stress	0.54b	785b	33.9b	3.14b	2.17b	2.92b	2.52a	1.04b	16.0a	11.9a
مراحل برداشت Harvest stages											
قبل از گلدهی Before flowering	0.44c	561c	16.5c	0.64b	0.67b	1.87b	0.88b	0.78b	24.8a	17.8a
گلدهی Flowering	0.54b	790b	34.8b	1.02b	0.98b	1.98b	0.98b	0.88b	13.7b	11.4b
بعد از گلدهی After flowering	0.62a	897a	50.6a	7.72a	4.71a	4.91a	4.90a	1.47a	1.3c	0.7c

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن است ($P\leq0.05$).

* Similar letters in each column are not significantly different at $p\leq0.05$ based on Duncan Multiple Range test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش کم آبی و مراحل برداشت بر عملکرد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در گشنیز

Table 8- Means comparison of interactions effect of oil yield and its chemical components of coriander under water stress and harvesting times

تیمار Treatment		محتوی اسانس (درصد) Oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	لینالول (٪) Linalol (%)	آلفا- پینن (٪) α-pinene (%)	گاما- ترپینن (٪) γ-terpinene (%)	ژرانیول استات (٪) Geranial acetate (%)	کامفور (٪) Camphor (%)	ژرانیول (٪) Geranial (%)	۲-دکنال (٪) 2-deknal (%)	۲- دکنول (٪) 2-deknol (%)
خشکی Drought	مراحل برداشت Harvest stages										
تنش شدید High stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.41g*	476h	15.5h	0.60e	0.63h	1.80g	0.80b	0.70f	21.6c	15.6c
	گلدهی Flowering	0.51e	709e	32.5f	0.96d	0.93f	1.93ef	0.93b	0.83de	11.2e	9.1d
	بعداز گلدهی After flowering	0.58c	803d	48.4c	7.41c	4.25c	4.79c	4.79a	1.32c	1.2f	0.6e
تنش ملایم Low stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.47f	581g	17.6g	0.69e	0.71g	1.95e	0.95b	0.85de	23.4b	17.7b
	گلدهی Flowering	0.58c	845c	37.3d	1.07d	1.03d	2.03d	1.03b	0.93d	12.5e	10.5d
	بعداز گلدهی After flowering	0.65a	977a	52.8a	8.01a	5.02a	5.02a	5.01a	1.64a	1.3f	0.7e
بدون تنش No stress	قبل از گلدهی Before flowering	0.45f	626f	16.5gh	0.64e	0.67gh	1.87f	0.87b	0.77ef	29.4a	20.2a
	گلدهی Flowering	0.54d	817d	34.6e	1.03d	0.98e	1.98de	0.98b	0.88de	17.3d	14.8c
	بعداز گلدهی After flowering	0.62b	911b	50.5b	7.75b	4.86b	4.90b	4.90a	1.48b	1.4f	0.6e

* حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن است ($P\leq0.05$).

* Similar letters in each column are not significantly different at $p\leq0.05$ based on Duncan Multiple Range test.

بـا ادامـه رشـد و پایـان دوره‌ی گلـدهی میـزان اسـانس رشـد چشمگیری داشت که این افزایش می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلـف محیطی و درونی باشد. بدلیل افزایش دما در اثر تـأخیر در برداشـت و افزایش مقدار نور و مدت آن با توجه به افـزایش طـول روز ، احتمـالاً افزایش اسانس در گیاه ایجاد شده است.

این پدیده علاوه بر این‌که از نظر مقدار تولید اسانس حائز اهمیت است، از جنبه‌های مختلف دیگر نظیر تغییراتی که در مقـدار برخـی از اجزای آن به وجود می‌آید نیز مهـم اسـت. احتمـالاً عوامـل محیطـی منطقه مانند افزایش دما (Ghanbari et al., 2010)، افزایش شدت و مدت نور، ایجـاد تـنش رطـوبتی (Ahmadian et al., 2011) باعـث تغییر در اسانس گیاه شده است. ذکـر ایـن نکتـه ضـروری اسـت کـه مشخص شده تأثیر عوامل محیطی از نقش عوامل ژنتیکی که خود نیز ممکن است تحت تأثیر محیط قرار گیرند، کم نمی‌کنـد (Letchamo et al., 1994). افزایش شدت تـنش باعـث افـزایش ترکیبـات اصـلی اسانس شامل لینالول، آلفا–پینن، گاما–ترپینن، ژرانول استات، کـامفور، ژرانیول و کاهش معنی‌دار دو ترکیب ۲- دکنال و ۲- دکنـول گردیـد (جدول ۷). این افزایش در سطح ۶۰ درصد تنش خشکی و مرحله دانه بندی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بود که با سایر تیمارها اخـتلاف معنـی-داری داشت (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی می‌توان از نتایج حاصل از این پژوهش نتیجه گرفت که با افزایش شدت تنش، عملکرد گیاه کاهش یافته و با تأخیر در برداشت این عملکرد افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که بالاترین عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه در شرایط عدم تنش در مرحله دانه‌بندی حاصل گردید. از طرفی، با افزایش تنش، درصد و عملکرد اسانس ابتدا افزایش و با بالاتر رفتن شدت تنش، بطور معنی‌دار کاهش یافت. همچنین تأخیر در برداشت باعث افزایش درصد اسانس و تعدادی از اجزاء شیمیایی تشکیل‌دهنده اسانس گردید؛ بطوریکه بالاترین درصد اسانس و ترکیبات کیفی آن در تیمار تنش ملایم در مرحله دانه‌بندی مشاهده شد. بنابراین، می‌توان توصیه نمود به منظور تولید و پرورش گیاه دارویی گشنیز و کسب حداکثر کیفیت و درصد اسانس و همچنین حصول عملکرد قابل قبول و اقتصادی، اعمال تنش ملایم خشکی و برداشت در مرحله اتمام دانه‌بندی (نسبت به مراحل برداشت زودتر) مناسب می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه انجام شده است که بدینوسیله از معاونت و مدیریت محترم پژوهشی، کارشناسان مزرعه، آزمایشگاه‌های دانشگاه تربت‌حیدریه و پژوهشکده زعفران صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع

Abdalla, M.M., and El-Khoshiban, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Applied Science Research 3(12): 2062-2074.

Ahmadian, A., Ghanbari, A. Galavi, M. Siahsar, B., and Arazmjo, E. 2010. The effect different irrigation regimes and animal manure on nutrient, essential oil and chemical composition on Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Crop and Weed Ecophysiology 4(16): 83-94. (In Persian with English Summary)

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heydari, M., Ramroodi M., and Moosavinik, M. 2011. Study of Chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. Journal of Microbiology and Antimicrobials 3(2): 23-28.

Al-Karaki, G.N., Clark, R.B., and Sullivan, C.Y. 1996. Phosphorus nutrition and water stress effects on proline accumulation in Sorghum and Bean. Journal of Plant Physiology 148: 745-751.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review. International Journal of Food Microbiology 94: 223-253.

Cantore, P.L., Iacobellis, N.S., De Marco, A., Capasso, F., and Senatore, I.F. 2004. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. vulgare (Miller) essential oils. Journal of Agricultural Food Chemistry 52: 7862-7866.

Chithra, V., and Leelamma, S. 2000. *Coriandrum sativum* L. effect on lipid metabolism in 1, 2-dimethyl hydrazine induced colon cancer. Journal of Ethnopharmacology 71: 457-463.

El-Tayeb, M.A. 2006. Differential response of two *Vicia faba* cultivars to drought: growth, pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity. Acta Agronomica Hungarica 54: 25-37.

Gallagher, A.M., Flatt, P.R., Duffy, G., and Abdelvahab, Y.H.A. 2003. The effects of traditional antidiabetic plants on in vitro glucose diffusion. Natural Research 23: 413-424.

Ghanbari, A., Ahmadian, A., Mir, B., and Arazmjo, E. 2010. The effect of harvesting time on quantitative and qualitative characteristics of forage of corn. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 4(15):41-54. (In Persian with English Summary)

Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beets cultivars. Environmental Experiment of Botany 47: 39-50.

Good, A., and Zaplachiniski, S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 90: 9-14

Hammoda, S.S. 2001. Effect of some agricultural treatments on growth and productivity of Moghat plant under Siani conditions. M.Sc. Thesis, Fac. Agriculture Cario University of Egypt.

Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. pp 363-481. In: M. Pessarkli (Ed), Handbook of Plant and Crop stress. Marcel Dekker pub. New York

Kubo, I., Fujita, K.I., Kubo, A., Nihei, K.I., and Ogura, T. 2004. Antibacterial activity of coriander volatile compounds against Salmonella choleraesuis. Journal of Agricultural Food Chemistry 52: 3329-3332.

Kuzentsov, V.I., and Shevykova, N.I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.

Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. Third edition. Berlin springer– Verlag. Letchamo, W., and Vomel, A. 1992. A comparative investigation of Chamomile genotypes under extremely varying ecological conditions. Acta Horticulturae 306: 105-114.

Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* L. selections. Angewandte Botanik 68: 83-88.

Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew *(Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop protection 27(6): 988-995.

Omidbeigi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants 6: 104-108.

Otoo, E., Ishi, R., and Kumura, A. 1989. Interaction of nitrogen supply and soil water stress on photosynthesis and transpiration in rice. Japanese Journal of Crop Science 58(3): 424-429.

Ozguven, M., and Tansi, S. 1998. Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L. as in influenced by ecological and ontogenetical variation Cukurova University. Journal of Agriculture and Forestry 22: 537-542.

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. Journal of Agronomy 5(3): 451-455.

Prasertsak, A., and Fukai, S. 1997. Nitrogen availability and water stress interaction on Rice growth and yield. Field Crops Research 52: 249-256.

Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet Basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Repcak, M., Imrich, J., and Franekova, M. 2001. Umbelliferone, a stress metabolite of *Chamomilla recutita* L. Rauschert. Journal of Plant Physiology 158: 1085-1087.

Sanchez-Blanco, J., Fernandez, T., Morales, A., Morte, A., and Alarcon, J.J. 2006. Variation in water stress, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* L. plants infected with *Glamus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology 161: 675-682.

Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, S., and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental Experiment of Botany 52: 131-138.

Schlegel, H.G. 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plata 47: 510-515.

Schutz, H., and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.

Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z., and Ahmadi, S. 2007. The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad. Food Chemistry 100: 1054-1058.

Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A., and Abdelly, C. 2006. Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum* L. Environmental Experiment of Botany 56: 231-238.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., kuikkarni, R., SuShil Hasan, S., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science

22: 356-358.
Tawfik, K.M. 2008. Effect of water stress in addition to potassiomag application on Mungbean. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2(1): 42-52.
Volatil, O. 2000. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Plant Foods for Human Nutrition 51: 167-172.
Wang, S.Y. 2000. Effect of methyl jasmonate on water stress in Strawberry. Acta Horticulture 516: 89-93.
Wangensteen, H., Samuelsen, A.B., and Malterud, K.E. 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. Food Chemistry 88: 293-297.
Wise, R.R., and Naylor, A.W., 1989. Chilling enhanced photo-oxidation, the peoxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrasracture. Plant physiology 83: 278-282.
Zargari, A. 2010. Medicinal plants. Tehran University Press, Tehran, Iran. 270 pp. (In Persian)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۵۱-۱۴۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 142-151

ارزیابی عملکرد و صفات زراعی اکوتیپ‌های زیره سبز در تاریخ‌های متفاوت کاشت در منطقه کرمان

جلال قنبری[1*] و غلامرضا خواجویی‌نژاد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور مطالعه اثرات تاریخ‌های متفاوت کاشت بر پتانسیل عملکرد اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و تعیین بهترین تاریخ کاشت این گیاه در کرمان؛ این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. تاریخ‌های متفاوت کاشت (۵ دی، ۲۰ دی، ۵ بهمن، ۲۰ بهمن و ۵ اسفند) به‌عنوان فاکتور اصلی و اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز (سمنان، فارس، یزد، گلستان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، اصفهان و کرمان) به‌عنوان فاکتور فرعی به‌کار برده شدند و صفات مختلف زراعی ارزیابی گردیدند. اثر تاریخ‌های کاشت بر تمام صفات به‌جز تعداد چتر در بوته، معنی‌دار بود. بسیاری از صفات نظیر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، کاه و شاخص برداشت در بین اکوتیپ‌های مختلف معنی‌دار بود. اثر متقابل تاریخ‌های کاشت و اکوتیپ‌های مختلف بر تمام صفات به‌جز وزن هزار دانه معنی‌دار گردید که در برخی صفات نیز به‌صورت اثر متقابل تغییر در رتبه مشاهده شد. بر طبق نتایج، اکوتیپ کرمان در تاریخ کاشت پنجم اسفند از نظر عملکرد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها برتری قابل توجهی نشان داد. بنابراین باتوجه به پاسخ بهتر اکوتیپ کرمان در اسفندماه برای منطقه کرمان، مطالعات بیشتر برای معرفی به کشاورزان در جنوب شرقی ایران، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، گیاه داروئی، زمان کاشت

مقدمه

گیاهان داروئی و معطر نقش مهمی در بهداشت و درمان مردم در سراسر دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارند (Rao et al., 2004) زیره سبز مهم‌ترین گیاه داروئی اهلی در ایران (Kafi et al., 2002) و یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین دانه‌های ادویه‌ای است که توسط بشر استفاده می‌شده است. اعتقاد بر این است که زیره سبز بومی منطقه مدیترانه و خاور نزدیک است، ولی جهان غرب آن را به‌عنوان یک ادویه از ایران می‌شناسد. این گیاه دارای سابقه طولانی است به‌طوری‌که در تمدن مصر باستان به‌عنوان ادویه و همچنین ماده محافظ در مومیائی استفاده می‌شده است. میوه آن خاصیت داروئی دارد و برای درمان دل‌درد، سوءهاضمه، اسهال، صرع و یرقان به‌کار می‌رود (Bettaieb et al., 2012) و همچنین مدر، محرک و ضدنفخ است. عطر خوشایند دانه آن مربوط به وجود اسانس فرار آن است که جزء اصلی آن کومینول می‌باشد که فعالیت‌های بیولوژیک آن نظیر ضدباکتریایی، ضدقارچی، ضددیابت، آنتی اکسیدانت، آنتی‌ترومبوتیک، ضدسرطانی و ضدمیکروبی گزارش شده است (Sowbhagya et al., 2011; Zaman & Abbasi, 2009).

رشد، عملکرد و خصوصیات غذایی گیاهان داروئی زراعی تحت تأثیر فاکتورهای محیطی نظیر درجه حرارت و نور قرار داشته که می‌توانند توسط تاریخ‌های مختلف کاشت، متفاوت باشند . همچنین اصلاح تاریخ کاشت می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای کنترل بیماری‌های گیاهی به‌کار رود که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر شدت بیماری اثر بگذارد (Epplin et al., 2000; Hong et al., 2012; Ullaha & Honermeier, 2013). در بررسی تاریخ‌های کاشت پاییزه زیره سبز (۲۶ مهر، ۱۷ آبان و ۸ آذر) در مشهد گزارش شد که تمامی صفات و عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ‌های کاشت اول و دوم دارای برتری معنی‌داری نسبت به تاریخ کاشت سوم بودند (Khorasani et al., 2012). در مطالعه‌ای اثر چهار تاریخ کاشت ۲۱

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: Jghanbari_62@yahoo.com)

آبان، ۲۱ آذر، ۲ و ۲۷ اسفند بر چهار توده‌ی بومی زیره سبز در شرایط آب و هوایی مشهد بررسی و گزارش شد که علیرغم برتری اجزای عملکرد در تاریخ کاشت اول نسبت به دیگر تاریخ‌های کاشت بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک به‌دلیل عدم وجود تلفات زمستانه، در تاریخ کاشت سوم (۲ اسفندماه) به‌دست آمد (Soheili et al., 2010). نتایج مدل مورد استفاده توسط کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2007) در سه استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی حاکی از آن است که آذر ماه و در شرایطی که امکان کاشت برای این گیاه فراهم باشد، بهمن ماه بهترین تاریخ کاشت برای این گیاه است. در بررسی چهار تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۳۰ آذر، ۱۷ بهمن و ۱۵ اسفند، در استان فارس (Ehteramian et al., 2007) توصیه نمودند که تاریخ‌های کاشت دیر هنگام (۱۷ بهمن و ۱۵ اسفند) به‌دلیل عدم احتمال وقوع سرمای نابهنگام، بر دیگر تاریخ‌های کاشت برتری دارند.

بنابر ویژگی‌های خاص، از جمله توجیه اقتصادی بالا و صادراتی بودن محصول این گیاه، فصل رشد کوتاه، تعادل در توزیع زمانی کار زارعین و ماشین آلات، نیاز آبی کم و انطباق فصل رشد با فصل بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر کرمان از گذشته مورد توجه کشاورزان این خطه از کشور بوده است. با توجه به تمامی ویژگی‌های مثبت این گیاه، تحقیقات بنیادی در زمینه‌های به زراعی آن در منطقه کرمان صورت نگرفته است، لذا این تحقیق با هدف بررسی پتانسیل عملکرد اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز تحت اثر تاریخ‌های متفاوت کاشت و تعیین مناسب‌ترین زمان کاشت برای این گیاه در شرایط آب و هوایی کرمان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان واقع در ۶ کیلومتری جنوب شرقی کرمان با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی با میانگین بارندگی سالانه ۱۵۰میلیمتر و ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهانه منطقه اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

تاریخ‌های متفاوت کاشت (۵ دی، ۲۰ دی، ۵ بهمن، ۲۰ بهمن و ۵ اسفند) به‌عنوان فاکتور اصلی به‌کار برده شدندو اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز (سمنان ، فارس، یزد، گلستان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، اصفهان، کرمان)،به‌عنوان فاکتور فرعی در هر تاریخ، کشت شدند. این اکوتیپ‌ها از ۴۹ منطقه از استان‌های مختلف کشور که تولید کنندگان عمده زیره سبز در سطح کشور هستند جمع‌آوری شده بودند. محل جمع‌آوری اکوتیپ‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از انجام عملیات آماده سازی زمین (شخم، دیسک و عملیات تسطیح) و کود دهی، ردیف‌های کاشت با فاصله ۴۰ سانتی متر جهت کاشت آماده شدند. هر کرت فرعی شامل ۳ ردیف کاشت به طول ۲ متر در نظر گرفته شد و فاصله هر کرت فرعی از کرت مجاور۸۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر اعمال گردید. بذور اکوتیپ‌های مختلف در هر تاریخ کاشت با دست در یک طرف پشته بصورت شیاری و در عمق ۲- ۱/۵ سانتیمتر کشت شدند و سپس آبیاری انجام شد.بسته به میزان بارندگی آبیاری از کاشت تا جوانه زنی هر دو هفته یک‌بار و از جوانه زنی تا رسیدگی با توجه به نیاز آبی کم زیره سبز هر یک ماه یک‌بار انجام شد. پس از سبز شدن، عملیات تنک دوبار و مبارزه با علف‌های هرز در سه مرحله برای هر تاریخ کاشت انجام شد. نمونه برداری و برداشت از اوایل خردادماه برای تاریخ کاشت اول شروع گردید و تا اواسط خرداد برای آخرین تاریخ کاشت ادامه یافت. برای اندازه گیری تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و شاخص برداشت از هر کرت فرعی پنج نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و جهت اندازه گیری و شمارش به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت اندازه گیری عملکرد بیولوژیک، دانه، کاه و وزن هزار دانه از هر کرت به مساحت ۱/۲ متر مربع برداشت انجام شد و نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شدند و سپس بذور از کاه و کلش جدا و وزن گردید.

جدول ۱- اطلاعات منطقه‌ای هواشناسی محل انجام مطالعه در طول فصل رشد

Table 1-Regional meteorological records of study site during the growing season

		آذر 26- 31 December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May
میانگین درجه حرارت (°c)	Min.	-4.5	-2.43	-0.17	3.87	8.87	14.11
Mean of temperature (°c)	Max.	12.8	14.03	12.11	19.51	24.19	31.14
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)		0	19.4	50.7	14.5	3.3	0.2

جدول ۲- اکوتیپ‌های تشکیل دهنده‌ی جمعیت هر استان

Table 2- Ecotypes for population of each province

Sample Number شماره نمونه	Populations جمعیت‌ها	Sub-Populations /Ecotypes /زیرجمعیت‌ها/ اکوتیپ‌ها	Sample No. شماره نمونه	Populations جمعیت‌ها	Sub-Populations /Ecotypes /زیرجمعیت‌ها/ اکوتیپ‌ها	Sample No. شماره نمونه	Populations جمعیت‌ها	Sub-Populations /Ecotypes /زیرجمعیت‌ها/ اکوتیپ‌ها
1	Fars	Sarvestan	18	Kerman	Kooh-banan	35	Semnan	Shahmirzad
2	Fars	Sepidan	19	Kerman	Mahan	36	Semnan	Sorkheh
3	Fars	Sivand	20	Kerman	Ravar	37	Semnan	Ivanaki
4	Fars	Estahban	21	Kerman	Rafsanjan	38	Semnan	Kalateh
5	Yazd	Ardekan	22	Kerman	Sirjan	39	Kh*-Shomali	Esfarayen
6	Yazd	Bafq	23	Kerman	Zarand	40	Kh-Shomali	Shirvan
7	Yazd	Sadoq	24	Kh*-Jonoubi	Qaen	41	Kh-Shomali	Bojnord
8	Yazd	Khatam	25	Kh-Jonoubi	Nahbandan	42	Kh-Shomali	Baneh
9	Yazd	Sadroea	26	Kh-Jonoubi	Birjand	43	Kh*-Razavi	Gonabad
10	Golestan	Maraveh-Tapeh	27	Kh-Jonoubi	Sarayan	44	Kh-Razavi	Ferdows
11	Golestan	Jat	28	Kh-Jonoubi	Darmian	45	Kh-Razavi	Torbat-Heidareh
12	Golestan	Aq-Qala	29	Esfahan	Feridan	46	Kh-Razavi	Torbat-Jam
13	Golestan	Gonbad	30	Esfahan	Semirom	47	Kh-Razavi	Kashmar
14	Kerman	Baft	31	Esfahan	Ardestan	48	Kh-Razavi	Taybad
15	Kerman	Bardsir	32	Esfahan	Naien	49	Kh-Razavi	Bardsekan
16	Kerman	Chatrood	33	Esfahan	Khansar			
17	Kerman	Joopar	34	Esfahan	Natanz			

*Kh: Khorasan

تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش با نرم افزارهای Excel, SAS و Mstat-C و مقایسه میانگین‌ها به‌کمک آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد چتر در بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از اثر متقابل معنی‌دار اکوتیپ در تاریخ کاشت برای صفت تعداد چتر در بوته بود، در حالی‌که اثرات اصلی تاریخ کاشت و اکوتیپ اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت نشان ندادند (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در زیره سبز

Table 3- Analysis of variance, for the measured traits in cumin

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد چتر در بوته Umbel per plant	تعداد دانه در چتر Seed per umbel	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	105.5 ns	17.5 ns	0.1 ns	20946.7 ns	6181 ns	477.4 ns	7.6 ns
تاریخ کاشت Sowing date	4	76.9 ns	111.8 **	0.55 *	301047.9 **	187531.7 **	32134.3 **	126 **
خطای اصلی Main error	8	71.2	5.7	0.12	14985.2	11226.9	2687	2.6
اکوتیپ Ecotype	8	34.4 ns	5.15 ns	0.2 **	147517.3 **	96959.8 **	23089.7 **	7.5 **
تاریخ کاشت× اکوتیپ Sowing date×ecotype	32	86.1 **	6.6 *	0.07 ns	86815.7 **	42057 **	12265.3 **	7.7 **
خطای فرعی Sub error	80	32.5	3.5	0.07	24459.3	9470.7	3412	2.41

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

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

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مختلف برای اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز و تاریخ‌های متفاوت کاشت

Table 4- Comparison of different traits for different ecotypes of cumin and different planting dates

تیـــمار Treatment		تعداد چتر در بوته Umbel per plant	تعداد دانه در چتر Seed per umbel	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) Straw yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
تاریخ کاشت Planting date	۵ دی 25th Dec.	25.4 a*	11.9 b	2.88 b	908.2 c	524.9 c	388.9 b	58.6 b
	۲۰ دی 9th Jan.	21.2 a	16.9 a	2.87 b	1024.1 b	662.5 ab	361.6 b	63.5 a
	۵ بهمن 24th Jan.	23.9 a	16.0 a	3.00 ab	1036.2 b	633.8 b	357.2 b	63.7 a
	۲۰ بهمن 8th Feb.	21.7 a	16.3 a	3.22 a	1053.6 b	641.1 b	370.1 b	62.8 a
	۵ اسفند 23th Feb.	23.4 a	16.3 a	2.96 ab	1204.1 a	758.6 a	441.7 a	63.4 a
اکوتیپ Ecotype	سمنان Semnan	21.3 a	15.3 a	2.99 ab	1026.6 bc	652.4 bc	384.1 bc	62.8 ab
	فارس Fars	21.3 a	15.1 a	3.20 a	904.3 c	519.8 d	342.0 c	61.8 b
	یزد Yazd	23.6 a	16.0 a	3.00 ab	1032.3 bc	649.5 bc	383.4 bc	62.0 b
	گلستان Golestan	22.8 a	16.6 a	2.98 ab	1043.4 bc	641.5 bc	383.3 bc	63.5 a
	خراسان رضوی Khorasan-Razavi	24.3 a	14.8 a	2.89 ab	980.0 bc	591.9 cd	338.7 c	63.4 a
	خراسان شمالی Khorasan-Shomali	24.6 a	15.6 a	2.97 ab	1156.0 ab	729.9 ab	415.3 ab	61.8 b
	خراسان جنوبی Khorasan-Jonoubi	21.3 a	15.1 a	2.76 b	996.6 bc	609.3 cd	365.6 bc	62.8 ab
	اصفهان Esfahan	23.7 a	15.0 a	3.03 ab	1025.3 bc	606.2 cd	374.5 bc	62.0 b
	کرمان Kerman	25.2 a	16.0 a	3.03 ab	1242.7 a	797.1 a	468.2 a	61.7 b

* مقایسه میانگین‌ها برای هر عامل به‌طور مجزا انجام شد و برای هر کدام داشتن حداقل یک حرف مشترک گویای عدم اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون توکی می‌باشد (p≤۰/۰۵).

* Means comparison carried out separately for each factor, and based on HSD Test having asimilar letter for each trait, shows non-significant differences.

این مسئله می‌تواند ناشی از اثر متقابل تغییر در رتبه باشد و بر ضرورت بررسی پتانسیل اکوتیپ‌های مختلف در تاریخ‌های متفاوت کاشت تأکید دارد. اکوتیپ خراسان رضوی در تاریخ ۵ بهمن، بیشترین و همین اکوتیپ در تاریخ ۵ دی‌ماه، کمترین تعداد چتر در بوته را دارا بودند. نتایج حاکی از وجود اثر متقابل شدید بین تاریخ‌های مختلف کاشت و اکوتیپ‌های مختلف از نظر این صفت بود. با یک ماه تأخیر در کاشت اکوتیپ خراسان رضوی تعداد چتر در بوته از میانگین ۱۴ چتر دربوته به ۳۹ چتر افزایش یافت، اما اکوتیپ کرمان در ۵ دی و ۲۰ بهمن حداکثر تعداد چتر را دارا بود (جدول ۶) که می‌توان این نتایج را این‌گونه تفسیر کرد که اکوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی متنوع از نظر پتانسیل تولید چتر متفاوتند.

تعداد دانه در چتر

تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تاریخ-های مختلف کاشت قرار گرفت. در بین اکوتیپ‌های مختلف از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما اثر متقابل بین تاریخ-های کاشت و اکوتیپ معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) (جدول۳). گیاهان تاریخ کاشت اول (۵ دی) از نظر صفت تعداد دانه در چتر کاهش معنی‌داری نسبت به گیاهان بقیه تاریخ‌های کاشت نشان دادند. در سایر

تاریخ‌های کاشت گیاهان از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

اکوتیپ گلستان در تاریخ ۲۰ بهمن بیشترین و اکوتیپ فارس در تاریخ کاشت ۵ دی کمترین تعداد دانه در چتر را دارا بودند (جدول ۶). اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز بر تعداد دانه در چتر گزارش شده است (Soheili et al.,2010; Nezami et al., 2009). نتایج این بررسی نسبت عکس تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر را نشان داد (جدول ۵)؛ به‌طوری‌که در تاریخ کاشت اول بیشترین تعداد چتر در بوته بدست آمد و تعداد دانه در چتر در این تاریخ کاشت بطور معنی‌داری نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت کاهش نشان داد، برعکس در تاریخ کاشت دوم که کمترین تعداد چتر در بوته به‌دست آمد بیشترین تعداد دانه در چتر حاصل گردید (جدول ۴). در مورد اثرات متقابل نیزاکوتیپ گلستان در تاریخ ۲۰ بهمن که کمترین تعداد چتر در بوته را تولید کرد بیشترین تعداد دانه در چتر را دارا بود (جدول ۶). دلیل این مسئله را می‌توان این‌طور بیان کرد که با کاهش تعداد چتر در بوته، مواد فتوسنتزی که سهم هر چتر می‌شود، افزایش یافته که سبب افزایش تعداد دانه در هر چتر می‌شود (Soheili et as al., 2010; Amin poor & Moosavi, 1995; Rahimian, 1991).

وزن هزار دانه

نتایج به‌دست آمده نشان داد وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه از تاریخ کاشت‌های دیر هنگام به‌دست آمد (جدول ۴). برخی از محققین تأثیر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه را معنی‌دار گزارش نکرده و این صفت را بیشتر وابسته به عوامل ژنتیکی دانسته‌اند تا به عوامل محیطی، و عنوان کردند که تنش‌های محیطی روی این صفت اثر معنی‌داری ندارد (Rahnavard et al., 2010)، برخی دیگر تأثیر تاریخ کاشت را بر وزن هزار دانه معنی‌دار گزارش کرده و عنوان کردند که با تأخیر در تاریخ کاشت وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Arslan & Bayrak 1987; Khorasani et al., 2012; Soheili et al., 2010; Nezami et al., 2009)، اما رسام و همکاران (Rassam et al., 2007) با بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت در آنیسون گزارش کردند که با تأخیر در کاشت بر وزن هزار دانه آنیسون اضافه می‌شود که دلیل آن را این‌طور بیان کردند درکاشت زودهنگام بدلیل بالابودن تعدادچترها، چترک‌هاودانه‌های تولیدی و بالارفتن رقابت درون بوته‌ای،سهم هردانه جهت دریافت مواد فتوسنتزی کاهش و متعاقب آن وزن هر دانه نیز کاهش می‌یابد. کاهش وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت اول و دوم را می‌توان به‌دلیل افزایش تعداد چتر در بوته در تاریخ کاشت اول و تعداد دانه در چتر در تاریخ کاشت دوم نسبت داد (جدول ۴). گیاهان تاریخ کاشت چهارم در مقایسه با تاریخ کاشت اول تعداد چتر در بوته و در مقایسه با تاریخ کاشت دوم تعداد دانه در چتر کمتری داشتند و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به هر چتر و دانه اختصاص یافته و سبب افزایش وزن هر دانه گردیده است. در بین اکوتیپ‌های مختلف از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده گردید (جدول ۳). اکوتیپ فارس با میانگین ۳/۲ گرم بیشترین و اکوتیپ خراسان جنوبی با میانگین ۲/۸ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند سایر اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری باهم نشان ندادند (جدول ۴). در مطالعات مختلف نیز صفت وزن هزار دانه در بین اکوتیپ‌های مختلف معنی‌دار گزارش شده است (Khorasani et al., 2012; Soheili et al.,2010) اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ برای صفت وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۳).

عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه

اثر تاریخ‌های متفاوت کاشت، اکوتیپ و اثر متقابل تاریخ‌های کاشت و اکوتیپ بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کاه معنی‌دار بود (جدول ۳). تاریخ کاشت پنجم (۵ اسفند ماه) از نظر هر سه صفت نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت افزایش نشان داد (شکل ۱). تأخیر در کاشت به اواخر زمستان برای حصول حداکثر عملکرد بیولوژیک و دانه توسط محققان توصیه شده است (Ehteramian et al., 2007; Soheili et al., 2010). تاریخ کاشت اول (۵ دی‌ماه) کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه را دارا بود (جدول ۴ و شکل ۱). در بین اکوتیپ‌های مختلف از نظر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و کاه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۳).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد زیره سبز

Tables 5- Correlation coefficients of yield components in cumin

	تعداد چتر در بوته Umbel per plant	تعداد دانه در چتر Seed per umbel	وزن هزار دانه 1000-seed weight
تعداد دانه در چتر Seed per umbel	-0.227	1	
وزن هزار دانه 1000-seed weight	-0.114	0.135	1

جدول ٦- اثر متقابل تاریخ‌های متفاوت کاشت و اکوتیپ بر صفات مختلف زراعی و عملکرد زیره سبز

Table 6- Interaction of different sowing dates and ecotypes on the yield and different agronomic traits in cumin

شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	عملکرد کاه Straw yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000-seed weight (gr)	تعداد دانه در چتر Seed per umbel	تعداد چتر در بوته Umbel per plant	تیمار Treatment: اکوتیپ Ecotype	تیمار Treatment: تاریخ کاشت Sowing date
56.1 i	477.2 abc	639.3 c-i	1116.5 a-e	2.84 ab	11.6 cde	23.5 ab*	1	
59.6 d-i	320.9 b-f	440.8 ghi	768.4 cde	3.19 ab	9.10 e	21.8 ab	2	
59.8 c-i	256.5 f	337.7 i	633.9 e	2.91 ab	13.4 b-e	30.7 ab	3	
60.0 c-i	441.1 a-f	624.9 c-i	1065.9 b-e	3.02 ab	11.8 cde	29.5 ab	4	
58.7 f-i	342.8 b-f	462.6 f-i	805.4 b-e	2.70 ab	10.8 de	14.0 b	5	
58.8 f-i	352.0 b-f	471.8 e-i	791.7 b-e	2.72 ab	13.1 b-e	22.6 ab	6	۵ دی
58.5 ghi	462.8 a-e	627.1 c-i	1000.4 b-e	2.60 b	11.5 de	24.0 ab	7	25th Dec.
56.9 hi	403.0 b-f	562.3 d-i	965.3 b-e	2.95 ab	15.0 a-e	30.0 ab	8	
59.0 e-i	443.6 a-f	557.2 d-i	1026.6 b-e	2.98 ab	10.8 de	32.3 ab	9	
61.7 b-h	422.4 a-f	747.3 a-g	1104.5 a-e	2.99 ab	16.7 a-d	22.8 ab	1	
61.5 b-i	283.9 c-f	367.9 hi	724.6 de	2.99 ab	16.0 a-d	20.5 ab	2	
63.4 a-g	352.1 b-f	619.9 c-i	998.3 b-e	2.73 ab	17.1 a-d	22.3 ab	3	
64.9 a-d	413.4 b-f	694.9 b-h	1157.0 a-e	2.76 ab	20.4 a	22.9 ab	4	
64.0 a-f	336.5 b-f	602.4 c-i	938.9 b-e	2.89 ab	16.4 a-d	23.1 ab	5	۲۰ دی
63.9 a-g	408.1 b-f	920.5 abc	1324.1 ab	2.87 ab	16.0 a-d	19.4 ab	6	9th Jan.
63.2 a-g	265.5 ef	461.2 f-i	726.7 de	2.73 ab	16.3 a-d	17.7 b	7	
65.7 ab	327.9 b-f	569.7 d-i	910.9 b-e	2.95 ab	15.5 a-d	22.5 ab	8	
63.4 a-g	444.8 a-f	979.2 ab	1331.5 ab	2.89 ab	18.1 abc	19.5 ab	9	
68.5 a	267.9 def	561.9 d-i	829.9 b-e	3.12 ab	16.6 a-d	17.8 b	1	
61.5 b-i	356.9 b-f	518.0 d-i	954.2 b-e	3.15 ab	17.3 a-d	25.5 ab	2	
64.2 a-e	394.7 b-f	784.1 a-f	1178.6 a-e	3.07 ab	16.5 a-d	22.3 ab	3	
64.1 a-f	291.7 b-f	513.3 d-i	805.0 b-e	3.00 ab	14.6 a-e	23.6 ab	4	
64.4 a-e	351.3 b-f	670.7 b-i	1197 a-d	2.77 ab	15.6 a-e	39.0 a	5	
62.9 b-g	491.1 ab	812.0 a-d	1258.1 a-d	2.95 ab	17.0 a-d	29.2 ab	6	۵ بهمن
65.1 abc	306.9 b-f	587.3 c-i	1091.8 b-e	2.78 ab	15.6 a-e	14.8 b	7	24th Jan.
60.6 b-i	339.7 b-f	529.5 d-i	869.2 b-e	3.33 ab	13.7 b-e	20.3 ab	8	
62.1 b-h	414.9 b-f	726.8 b-g	1141.7 a-e	2.79 ab	17.0 a-d	22.7 ab	9	
64.6 a-d	408.5 b-f	721.5 b-g	1145.8 a-e	2.94 ab	15.1 a-e	24.6 ab	1	
63.4 a-g	299.0 b-f	525.0 d-i	824.0 b-e	3.62 a	16.8 a-d	17.2 b	2	
59.8 c-i	451.4 a-f	730.5 a-g	1181.8 a-d	3.30 ab	15.6 a-e	22.4 ab	3	
63.6 a-g	318.9 b-f	594.2 c-i	957.3 b-e	3.24 ab	20.4 a	14.0 b	4	
64.9 a-d	318.8 b-f	615.7 c-i	934.6 b-e	3.07 ab	15.7 a-d	20.5 ab	5	
61.6 b-h	394.8 b-f	717.6 b-g	1248.3 a-d	3.45 ab	16.5 a-d	22.4 ab	6	۲۰ بهمن
63.3 a-g	390.8 b-f	651.0 b-i	1041.7 b-e	2.86 ab	16.6 a-d	22.4 ab	7	8th Feb.
63.0 b-g	332.0 b-f	559.3 d-i	1076.9 b-e	3.08 ab	14.5 a-e	20.6 ab	8	
61.0 b-i	416.8 b-f	655.1 b-i	1071.8 b-e	3.43 ab	15.7 a-d	31.8 ab	9	
63.1 a-g	344.5 b-f	591.8 c-i	936.3 b-e	3.09 ab	16.6 a-d	17.7 b	1	
63.2 a-g	449.4 a-f	747.2 a-g	1250.1 a-d	3.05 ab	16.1 a-d	21.6 ab	2	
62.5 b-g	462.1 a-e	775.2 a-g	1168.7 a-e	3.02 ab	17.2 a-d	20.2 ab	3	
64.7 a-d	451.4 a-f	780.1 a-g	1231.5 a-d	2.89 ab	15.6 a-e	23.9 ab	4	
64.9 a-d	344.2 b-f	608.1 c-i	1024.2 b-e	3.04 ab	15.2 a-e	24.9 ab	5	
61.8 b-h	430.5 a-f	727.3 b-g	1157.8 a-e	2.84 ab	15.7 a-d	29.2 ab	6	۵ اسفند
63.8 a-g	402.1 b-f	720.0 b-g	1122.1 a-e	2.84 ab	15.6 a-e	27.8 ab	7	23th Feb.
63.8 a-g	469.8 a-d	810.0 a-e	1303.9 abc	2.83 ab	16.5 a-d	25.3 ab	8	
62.9 b-g	621.0 a	1067.4 a	1641.9 a	3.07 ab	18.4 ab	19.8 ab	9	

* در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند (p≤۰/۰۵).

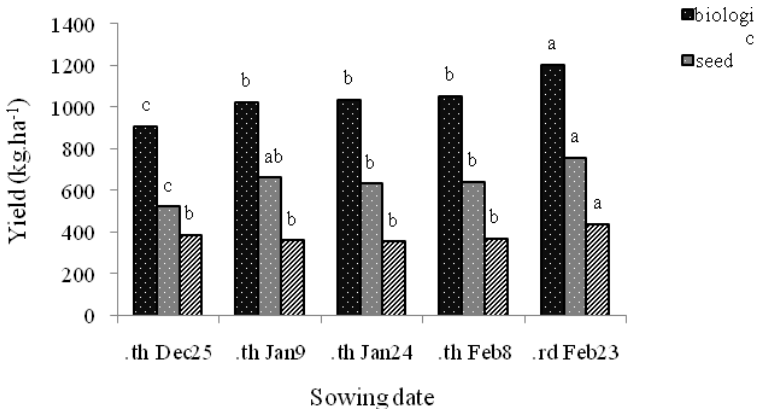
* Means that have a similar letter in each column show non-significant differences based on HSD Test.

1: Semnan; 2: Fars; 3: Yazd; 4: Golestan; 5: Khorasan-Razavi; 6: Khorasan-Shomali; 7: Khorasan-Jonoubi; 8: Esfahan; 9: Kerman)

اکوتیپ‌های کرمان و خراسان شمالی بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه را به خود اختصاص دادند و اختلاف معنی‌داری را با اکوتیپ فارس که کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه را دارا بود، نشان دادند. از نظر عملکرد کاه اکوتیپ کرمان از نظر این صفت نیز نسبت به

سایرین برتر بود و اکوتیپ خراسان رضوی کمترین عملکرد کاه را دارا بود (جدول ۴ و شکل ۲). اختلاف معنی‌دار اکوتیپ‌های مختلف از نظر تولید عملکرد بیولوژیک و دانه توسط محققان مختلف گزارش شده است (Khorasani et al., 2012; Soheili et al., 2010).

اثر متقابل تاریخ‌های متفاوت کاشت و اکوتیپ‌های مختلف نیز در سطح احتمال یک درصد برای صفت عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کاه معنی‌دار بود (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که اکوتیپ کرمان در تاریخ کاشت ۵ اسفند بیشترین عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را تولید کرد و اکوتیپ یزد در تاریخ کاشت ۵ دی‌ماه کمترین مقدار را برای این سه صفت دارا بود (جدول ۶). این دو اکوتیپ با وجود این‌که در تاریخ کاشت ۵ دی تعداد چتر بیشتری نسبت به تاریخ کاشت ۵ اسفند تولید کردند، اما در دیگر اجزاء عملکرد کاهش نشان دادند (جدول ۶) دلیل آن‌را می‌توان در رقابت درون بوته‌ای دانست که با افزایش تعداد چتر در بوته سهم هر چتر از مواد فتوسنتزی کاهش یافته و سبب کاهش تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه می‌گردد (جدول ۵). واکنش اکوتیپ‌های مختلف از نظر عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه در تاریخ-های کاشت، متفاوت بود. بسیاری از اکوتیپ‌ها با تغییر در تاریخ کاشت، واکنش‌های متفاوتی نسبت به تغییرات شرایط محیطی نشان دادند در برخی نیز تغییرات شرایط محیطی نتوانست روی تغییر میزان عملکرد تأثیرگذار باشد. بدین مفهوم که با تغییر در شرایط محیطی درصد کاهش و یا افزایش عملکرد در میان اکوتیپ‌های مختلف، متفاوت بود. به‌عنوان مثال، اکوتیپ‌های فارس، گلستان، خراسان جنوبی، اصفهان در تاریخ کاشت پنجم اسفند، اکوتیپ یزد در پنجم بهمن و پنجم اسفند، اکوتیپ‌های خراسان شمالی و سمنان در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه و اکوتیپ کرمان در تاریخ‌های کاشت پنجم اسفند و ۲۰ دی، بیشترین عملکرد دانه را نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت دارا بودند و عملکرد دانه اکوتیپ خراسان رضوی بجز در تاریخ کاشت پنجم دی در سایر تاریخ‌های کاشت روند ثابتی داشت. با تأخیر در کاشت اکوتیپ یزد از پنجم دی به پنجم اسفند، عملکرد بیولوژیک ۴۵ درصد و عملکرد دانه ۵۶ درصد افزایش نشان داد؛ این افزایش در اکوتیپ کرمان در عملکرد بیولوژیک ۳۷ درصد و عملکرد دانه ۴۷ درصد بود (جدول ۶). دلایل کاهش عملکرد این اکوتیپ‌ها در تاریخ کاشت زودهنگام را می‌توان در توسعه بیشتر بیماری‌های قارچی در این تاریخ کاشت و همچنین عوامل مختلف محیطی ازجمله کندی رشد در ابتدای فصل رشد در اثر تنش سرما دانست که در مراحل مختلف رشد گیاهان سبب کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌شود که البته تنش سرما در مراحل مختلف رشد متناسب با ویژگی‌های ژنتیکی اکوتیپ‌های مختلف و شرایط آب و هوایی محل جمع‌آوری با یکدیگر متفاوت می‌باشد (Kafi et al., 2002; Chaichi & Maleki Farahani, 2007). اکوتیپ کرمان با داشتن پتانسیل عملکرد بالاتر در محیط مورد آزمایش، توانست برتری قابل توجهی نسبت به سایر اکوتیپ‌ها نشان دهد، به‌طوری‌که این اکوتیپ در تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه نیز نسبت به سایراکوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت مختلف از نظر تولید برتری داشت (جدول ۶) که این نشان‌دهنده پتانسیل رشد و تولید بالای اکوتیپ کرمان در شرایط آب و هوایی محل مورد مطالعه می‌باشد.

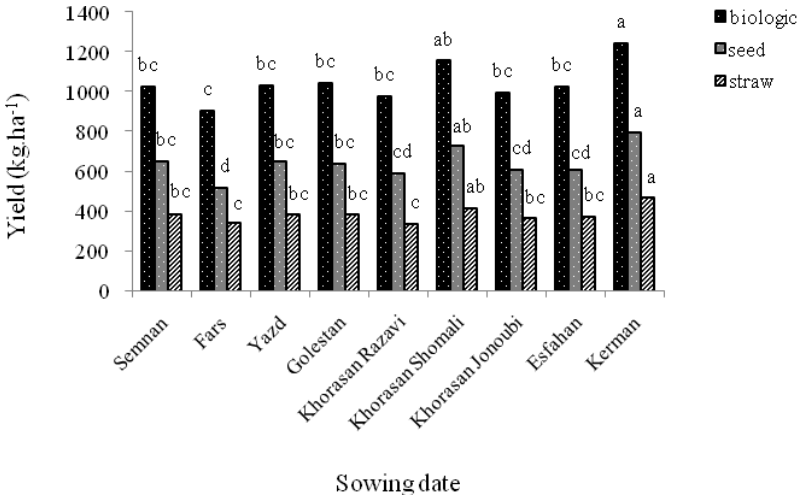


شکل ۱- مقادیر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کاه زیره سبز در تاریخ‌های متفاوت کاشت

Fig. 1- Biological, seed and straw yield values of cumin in different sowing dates

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند (p≤۰/۰۵).

Means that have asimilar letter show non-significant differences, based on HSD Test.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کاه اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز.

Fig. 2- Means comparison of biological, seed and straw yields of cumin in different sowing dates

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند (p≤۰/۰۵).

Means that have asimilar letter show non-significant differences, based on HSD Test.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس صفات اثر معنی‌دار تاریخ‌های متفاوت کاشت بر شاخص برداشت را نشان داد (جدول ۳). کمترین شاخص برداشت از تاریخ کاشت ۵ دی به‌دست آمد. سایر تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری باهم نشان ندادند. تاریخ کاشت ۵ بهمن بیشترین مقدار را دارا بود (جدول ۴). در برخی منابع گزارش شده که شاخص برداشت تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نمی‌گیرد (Arslan & Bayrak, 1987; Ehteramian et al., 2007; Rassam et al., 2007). در مطالعه‌ای بیشترین شاخص برداشت را از تاریخ کاشت ۲۷ اسفند و کمترین را از تاریخ کاشت ۲۱ آبان گزارش شده است و این‌طور بیان کردند که شاخص برداشت در تاریخ‌های کاشت بهاره بیشتر از پائیزه و زمستانه بوده است و دلیل آن‌را رشد رویشی کمتر تاریخ‌های کاشت بهاره به‌دلیل فرصت رویشی کمتر و در نتیجه وارد شدن گیاه با رشد رویشی کمتر به فاز زایشی دانسته‌اند که سهم بخش رویشی گیاه از عملکرد زیستی کمتر شده و در نتیجه شاخص برداشت افزایش می‌یابد (Soheili et al., 2010). در مطالعات دیگر نیز افزایش در شاخص برداشت با تأخیر کاشت گزارش شده است (Nezami et al., 2009). نتایج مطالعه حاضر نیز اثر تاریخ کاشت زودهنگام (۵ دی) را بر کاهش معنی‌دار شاخص برداشت نشان داد (جدول ۴). توسعه شدید بیماری‌های قارچی در تاریخ کاشت اول نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت سبب کاهش سهم عملکرد دانه در عملکرد بیولوژیک و در نتیجه کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردیده است. در میان اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار وجود داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۳). اکوتیپ‌های گلستان و خراسان رضوی به‌ترتیب با ۶۳/۴۵ و ۶۳/۳۹ درصد بیشترین و اکوتیپ کرمان با ۶۱/۶۹ درصد کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۴). اثر متقابل تاریخ‌های کاشت و اکوتیپ‌های مختلف نیز برای صفت شاخص برداشت معنی‌دار گردید (p≤۰/۰۱) (جدول ۳) و اکوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی متفاوت نسبت‌های متفاوتی از عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک را تولید کردند؛ اکوتیپ سمنان در تاریخ کاشت ۵ بهمن دارای بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۶۸/۵۲ درصد و همین اکوتیپ در تاریخ کاشت ۵ دی با میانگین ۵۶/۰۶ درصد کمترین درصد شاخص را دارا بود (جدول ۶). افزایش ۱۲/۵ درصدی شاخص برداشت اکوتیپ سمنان با تأخیر در تاریخ کاشت از ۵ دی به ۵ بهمن نیز نشان دهنده کاهش سهم عملکرد دانه در عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت ۵ دی است. عوامل محیطی نیز بر تولید عملکرد دانه و بیولوژیک و در نتیجه در تغییرات شاخص برداشت می‌تواند تأثیر زیادی داشته باشد که در منابع نیز تأثیر عوامل محیطی مختلف بر شاخص برداشت مورد تأیید می‌باشد (Kafi et al., 2002). با توجه به نتایج به‌دست آمده از تمامی اکوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۵ دی، کمترین شاخص‌های برداشت از اثر متقابل این تاریخ کاشت و تمامی اکوتیپ‌ها به‌دست آمده است (جدول ۶). دلیل این مسئله را می‌توان آلودگی به بیماری قارچی دانست که در تمام این اکوتیپ‌ها درصد خسارت یکسانی را روی عملکرد دانه داشته و سهم عملکرد دانه را در عملکرد بیولوژیک کاهش داده است.

نتیجه‌گیری

در منابع مختلف در مورد اثر تاریخ‌های مختلف کاشت روی عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز گزارش‌های متعددی منتشر شده است که هر کدام با دلائل خاص و با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه، کاشت این گیاه را در فصل خاصی از سال توصیه کرده‌اند. بسیاری تاریخ‌های پائیزه و زمستانه را به‌دلیل وجود فرصت کافی جهت رشد رویشی قبل از ورود به فاز زایشی که در اثر حساسیت این گیاه به فتوپریود و دما است، ضروری میدانند. اما برخی کاشت این گیاه را به‌دلیل وجود تلفات شدید گیاه در اثر سرما؛ در اواخر زمستان (اواخر بهمن و اوایل اسفند) که احتمال خطر وقوع یخبندان کمتر است، توصیه می‌کنند. که البته این موارد بسته به شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه است که تحت تنش‌های زنده و غیر زنده نیز می‌باشد. یکی از اهداف تعیین تاریخ کاشت مناسب برایبک گیاه این است که گیاه ضمن بهره وری حداکثر از عوامل محیطی در طول فصل رشد به علف‌های هرز، تنش‌های زنده و غیر زنده مثل آفات و بیماری‌ها، سرما و گرما نیز برخورد نکند و بتواند طول دوره رشد خود رادر محیطی نسبتاً ایده‌آل سپری کند. در پژوهش‌های مختلف اثر تاریخ کاشت روی تراکم علف‌های هرز، شدت آلودگی به بیماری‌های مختلف و تنش‌های غیر زنده محیطی ازقبیل سرما و گرما تحقیق شده است. با این‌که یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش محصول در زیره سبز تاریخ‌های نامناسب کاشت است اما مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد زیره سبز در مزارع ایران بیماری‌های قارچی و ازجمله پژمردگی در زیره سبز است که بیشترین خسارت را در ایران (۳۸٪) و دیگر کشورها (۴۰٪) به عملکرد زیره سبز وارد می‌کند(Israel et al., 2011; Kamkar et al., 2011). با توجه به اینکه این بیماری تقریبا غیر قابل کنترل می‌باشد، راه‌های پیشگیری از جمله تاریخ کاشت مناسب می‌تواند تاحد زیادی سبب کاهش خسارت وارده گردد. در مورد اثر تاریخ کاشت بر وقوع بیماری‌ها در گیاهان مختلف از جمله رازیانه (Ullaha & Honermeier, 2013)، سویا (Hongetal., 2012) و زیره‌سبز (Reuveni et al., 1983) تحقیق و تأثیر معنی‌دار آن روی شدت بیماری‌هاگزارش شده است. اثر مثبت تاریخ کاشت دیر هنگام در کاهش شدت آلودگی به بیماری‌های قارچی در مطالعه (Reuveni et al.,1983) در زیره سبز گزارش و توصیه شده که مناسب‌ترین تاریخ‌های کاشت از نظر کاهش وقوع پژمردگی در زیره سبز تاریخ‌های کاشت بعد از نیمه ژانویه است که سبب کاهش پژمردگی و حداقل شدن خسارت عملکرد می‌شود. با توجه به این یافته‌ها و نتیجه گیری کلی که از این پژوهش صورت گرفت در راستای تحقیقات گذشته به‌منظور تعیین سهم ژنوتیپی تغییرات نسبت به تاریخ کاشت، با به‌کار گیری اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز نشان داده شدکه اثر متقابل بسیار شدیدی برای اکوتیپ‌های مختلف در تاریخ‌های متفاوت کاشت وجود دارد که در برخی صفات نیز به‌صورت اثر متقابل تغییر در رتبه می‌باشد که گویای این مطلب است که برای توصیه تاریخ کاشت مناسب برایاکوتیپ‌های مختلف زیره سبز در هر منطقه، با توجه به تنوع ژرم پلاسم زیره سبز برای توصیه تاریخ کاشت مناسب در هر منطقه متناسب با نوع اکوتیپ مورد بررسی، بایستی برای هر اکوتیپ آزمایش تعیین تاریخ مناسب کاشت صورت پذیرد و سپس اقدام به کاشت شود به این معنی که نمی‌توان برای تمام اکوتیپ‌های منطقه‌ای در سرتاسر ایران برای کاشت در مناطق متنوع آب و هوایی توصیه واحدی نمود. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش؛ کاشت اکوتیپ کرمان در تاریخ کاشت ۵ اسفندماه بدلیل کاهش خطر وقوع پژمردگی، عدم برخورد با سرما و یخبندان زمستانه، کاهش هزینه نیروی انسانی و نهاده‌های کشاورزی و به‌دلیل پتانسیل بالای عملکرد این اکوتیپ، در جنوب شرقی ایران و منطقه کرمان جهت تحقیقات بیشتر در زمینه‌های مختلف به زراعی و به نژادی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر قاسم محمدی‌نژاد برای زحمات بی‌دریغ و مشاوره‌های ارزشمند ایشان در تمامی مراحل اجرای این طرح صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Arslan, N., and Bayrak, A. 1987. Effect of sowing date on fruit yield and some characters of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Horticultural Abstracts 58: 562.

Bettaieb R.I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., and Marzouk, B. 2012.Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cumin cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products 36: 238-245.

Chaichi, M.R., and Maleki Farahani, S. 2007.Effects of chilling stress at different phenological stages on the growth performance of black chickpea. Journal of Agricultural Scientific 30(2):13-24. (In Persian)

Ehteramian, K., Bahrani, M.J., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. Effects of different levels of nitrogen fertilizer and sowing dates on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Kooshkak region of Fars province. Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Epplin, F.M., Hossain, I., and Krenzer, E.G.Jr. 2000. Winter wheat fall-winter forage yield and grain yield response to

planting date in a dual-purpose system. Agricultural Systems 63: 161-173.
Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahani, M., Hosseini, A., Mohammad-Abadi, A.A. and Sabet Teimouri, M. 2009.Effect of planting date, weed control time and method on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 143-151. (In Persian with English Summary)
Hong,J.K., Sung, C.H., Kim, D.K., Hong-Tai, Yun, Jung, W., and Kim, K.D. 2012. Differential effect of delayed planting on soybean cultivars varying in susceptibility to bacterial pustule and wildfire in Korea. Crop Protection 42:244-249.
Israel, S., Mawar, R., and Lodha, S. 2011. Combining sub-lethal heating and on-farm wastes: effects on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* causing wilt of cumin. Phytoparasitica 39:73–82.
Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2002. Cumin (*Cuminum cyminum* L.): Production Technology and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publication. Mashhad, Iran. (In Persian)
Kamkar, B., Koocheki, A.., Nassiri mahallati, M. and Rezvani moghaddam, P. 2007. Yield gap analysis of cumin in nine regions of Khorasan provinces using modelling approach. Iranian Journal of Field Crops Research 5(2):333-341. (In Persian with English Summary)
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.
Khorasani, Z., Nezami, A. Nassiri Mahallati, M., and Mohammad-Abadi, A.A. 2012. Evaluation of fall sowing ecotypes of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Mashhad climatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10(1):43-52. (In Persian)
Nezami, A., Khorramdel, S., Nassiri-Mahallati, M., and Mohammad-Abadi, A.A. 2009. Effect of planting date on cumin (*Cuminum cyminum*) landraces in Mashhad condition. Environmental Stresses in Agricultural Sciences (ESAS) 2(1): 1-13. (In Persian with English Summary)
Rahnavard, A., Sadeghi, S., and Ashrafi Z.Y. 2010. Study of sowing date and plant density effect on Black Cumin (*Cuminum carvi* L.) yield, in Iran. Biological Diversity and Conservation 3(1): 23-27.
Rao, M.R., Palada, M.C. and Becker, B.N. 2004. Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. Agroforestry Systems 61: 107–122.
Rassam, G., Naddaf, M., and Sefidcon, F. 2007. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of anise (*Pimpinella anisum* L.).Pajouhesh & Sazandegi 75: 127-133. (In Persian with English Summary)
Reuveni, R., Shamian, S., Bar-Droma, M., and Aref, G. 1983. Wilt of cumin (*Cuminum cyminum* L.) as influenced by date of sowing. Hassadeh 64(1):40-42.
Soheili, R., Nezami, A., Khazaei, H., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of planting date on yield and yield components of four landraces of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 772-783. (In Persian)
Sowbhagya, H.B., Srinivas, P., Kaul, T., Purnima, and Krishnamurthy, N. 2011. Enzyme-assisted extraction of volatiles from cumin (*Cuminum cyminum L.*) seeds. Food Chemistry 127: 1856–1861.
Ullaha, H., and Honermeier, B. 2013. Fruit yield, essential oil concentration and composition of three anise cultivars (*Pimpinella anisum L.*) in relation to sowing date, sowing rate and locations. Industrial Crops and Products 42: 489–499.
Zaman, U., and Abbasi, A. 2009. Isolation, purification and characterization of a nonspecific lipid transfer protein from *Cuminum cyminum* L. Phytochemistry 70: 979–987.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۶۱-۱۵۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 152-161

تأثیر تلقیح با گونه‌های میکوریزا و سطوح آبیاری بر خصوصیات رشد، عملکرد، کارایی مصرف آب و برخی صفات گیاه ذرت (*Zea mays* L.)

محمدرضا عامریان[1*]، مریم السادات یوسف ثانی[2] و علیرضا کوچکی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب است. استفاده از انواع میکروارگانیزم‌ها در این مناطق یکی از راه‌حل‌های نوین کشاورزی پایدار در جهت کاهش خسارت ناشی از تنش‌های محیطی است. همزیستی قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار با ریشه گیاهان زراعی تاثیرات مثبتی در نظام‌های زراعی نشان داده است. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح آبیاری بر خصوصیات رشدی ریشه و کارایی مصرف آب گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح میکوریزا (شاهد و دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *G. intraradices*)) و چهار سطح آبیاری (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت) بود. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب ذرت بودند. نتایج نشان داد که استفاده از هر دو نوع میکوریزای مذکور، تأثیر معنی‌داری بر طول مخصوص ریشه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت داشت ($p\leq$۰/۰۵). نوع میکوریزای استفاده شده، تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه نداشت. استفاده از سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب داشت ($p\leq$۰/۰۵). به‌طور کلی، تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در شرایط کمبود آب، می‌تواند با گسترش ریشه و افزایش سطح جذب آن، جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه افزایش داده و ضمن افزایش مقاومت گیاه در برابر کم آبی، موجب افزایش عملکرد در ازای مقدار آب مصرفی (افزایش کارایی مصرف آب) گردیده و میزان مصرف آب را در تولید این گیاه کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون، عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از نظر تولید و سطح زیر کشت، بعد از گندم و برنج، سومین گیاه زراعی مهم در دنیا است (Jami-Alahmadi et al., 2006). ذرت گیاهی چهار کربنه می‌باشد و لذا پتانسیل بالایی در تبدیل انرژی خورشیدی به ماده خشک دارد. ذرت سازگاری وسیعی به شرایط محیطی از خود نشان می‌دهد و بنابراین، میزان تولید بالایی در واحد سطح دارد (Shrestha Ladha, 1998; Jami-Alahmadi et al., 2006). بین مصرف ذرت برای نیاز انسان و حیوانات رقابت وجود دارد. به منظور کاهش این رقابت دستیابی به عملکرد بالا، خاک باید منبعی کافی از مواد غذایی را از طریق کودهای آلی- زیستی برای گیاه و حصول به سیستم تغذیه تلفیقی گیاهان (IPNS)[4] داشته باشد تا بتواند بر هزینه بالای کودهای شیمیایی غلبه کند. بنابراین نیاز است که سیستم تغذیه تلفیقی گیاهان برای افزایش حاصلخیزی خاک و تولید پایدار گیاهان زراعی معرفی شود (Abd El-Gawad, 2008).

خشکی از اصلی‌ترین فاکتورهای غیرزندهٔ محدودکنندهٔ رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد. امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. استفاده از کودهای بیولوژیک به

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Amerianuk@Yahoo.co.uk)

4- Integrated plant nutrient system (IPNS)

منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان، یک مسئله مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می‌باشد (Abbaszadeh, 2005). در حال حاضر، به‌کارگیری جانداران مفید خاک‌زی تحت عنوان کودهای بیولوژیک به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی مطرح می‌باشد. عرضه مواد آلی به خاک به دلیل پاسخگویی به مهم‌ترین نیاز آن، بزرگترین مزیت این قبیل کودها می‌باشد. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهم‌ترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (Saleh Rastin, 2001).

قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار (AM)[1]، یکی از انواع کودهای زیستی بوده و جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشند (Panwar & Tarafdar, 2006). مطالعات مختلف نشان داده که همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه گیاهان، از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌گردند (Sainz et al., 1998).

یکی از مکانیسم‌های افزایش پایداری گیاهان در مقابل تنش کم آبی، استفاده از رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشد. ۸۰ درصد مطالعات انجام شده در زمینه میکوریز به بررسی توانایی افزایش تحمل گیاهان به تنش آبی در حضور این قارچ‌ها بوده است (Augé, 2001). تنش آبی از جمله فاکتورهای مهم تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک ایران محسوب می‌گردد. تحقیقات اخیر نشان داده که میکوریزا سبب بهبود میزان نسبی آب گیاه می‌گردد. خلوتی و همکاران (Khalvati et al., 2005) گزارش کردند که میزان وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گندم کلونیزه شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد (گیاه غیرمیکوریزایی) تحت شرایط تنش کم آبی بیشتر بود. وو و زیا (Wu & Xia, 2006) در بررسی خود نشان دادند که نهال‌های لیموی کلون شده با میکوریزا در مقایسه با نهال‌های غیرمیکوریزایی از میزان پتانسیل آب برگ، میزان فتوسنتز و تعرق بیشتر و دمای کمتر برگ برخوردار بودند. نتایج بررسی روی تأثیر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا به نام‌های (*G. mosseae* و *G. caledonium*) سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول گیاه شد (Toussaint et al., 2007). در پژوهش دیگری که روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) انجام شد، مشخص شد که تلقیح این گیاه با دو گونه قارچ میکوریزا آرباسکولار موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد بیولوژیک، غلظت فسفر، درصد اسانس و عملکرد در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده گردید (Kapoor et al., 2002). گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح نعناع با قارچ میکوریزا، به طور قابل توجهی، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را افزایش داد. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) در بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیکی در تلقیح با میکوریزا حاصل شد.

با توجه به وضعیت اقلیمی خشک کشور ما و با توجه به اهمیت و جایگاه گیاه ذرت، این تحقیق با هدف افزایش کارایی مصرف آب به کمک همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا با گیاه ذرت طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی اثر همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا بر کارایی مصرف آب گیاه ذرت به کمک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش، از خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری و خصوصیات محل اجرای آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخصات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

کرت‌های اصلی، چهار سطح آبیاری شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت بود. کرت‌های فرعی شامل تلقیح با گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* و شاهد (بدون میکوریزا) بود. بذر مصرفی، بذر ذرت (متوسط رس) سینگل کراس ۷۰۴[2] بود. ابعاد هر کرت فرعی ۴×۳ متر انتخاب گردید. بین کرت‌های متوالی در هر تکرار، حدود یک متر و بین هر تکرار، دو متر فاصله به عنوان راهرو و برای جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی و فاصله بذور روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر بود. به این ترتیب، برای کاشت ابتدا شیاری به عمق ۵-۴ سانتی‌متر در خاک ایجاد و ۱۵ گرم از مایه تلقیحی میکوریزا (همراه با خاک) در شیار ریخته و دو عدد بذر ذرت روی مایه تلقیح گذاشته و سپس روی آن با خاک پوشانیده شد. آبیاری زمین به صورت کامل و یکنواخت تا رسیدن گیاه به مرحله ۴-۳ برگی، انجام گردید.

1- Arbuscular mycorrhizae (AM)

2- SC 704

جدول ۱- مشخصات خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil characteristics of the experimental site

نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	فسفر قابل استفاده (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل استفاده (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)
0.024	8.8	125	2.04	0.4

سپس زمین تنک گردید و اِعمال تنش خشکی (بر اساس میـزان نیاز آبی ذرت) پس از رسیدن گیاه به مرحله سه تا چهـار برگـی آغـاز شد. مقدار نیاز آبی ذرت در مشهد با استفاده از نرم افزار NETWAT، به صورت هفت روزه در نظر گرفته شد و محاسبات لازم برای تعیـین مقدار آب لازم برای اعمال هر کدام از سطوح تنش آبی در طول فصل رشد انجام گردید. آبیاری به طریق نشتی انجام شد. مقدار آب آبیـاری برای کل طرح، توسط کنتـور ثبت و پس از رسیدن به مقدار محـاسبه شده، آبیاری قطع گردید. در نهایت، پس از رسـیدن گیـاه بـه مرحلـه رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانـه، طـول مخصـوص ریشـه (طـول ریشهٔ موجود در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک)، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب ذرت تعیین گردید. کارایی مصرف آب به صورت عملکرد دانه (کیلـوگرم در هکتـار) بـه ازای میـزان آب مصـرفی (آب آبیاری+ بارندگی) (مترمکعب در هکتار) محاسبه گردید.

برای تجزیه آماری داده‌هـای آزمـایش از نـرم افـزار SAS 9.1 و برای رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

تلقیح با هر دو گونه میکوریزا، تأثیر معنی‌داری بـر عملکـرد دانـه داشت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). تلقیح با *Glomus intraradices* تـأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت، اما این تفاوت، معنـی‌دار نبـود (شـکل ۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات طول ریشه، درصد کلویزاسیون و کارایی مصرف آب (در مورد عملکرد دانه) ذرت

Table 2- The result of variance analysis for root length, colonization percentage and water use efficiency (grain yield) of corn

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of squares			
		طول ریشه Length of root	درصد کلونیزاسیون Colonization percentage	عملکرد دانه Grain yield	کارایی مصرف آب (در مورد عملکرد دانه) Water use efficiency (about grain yield)
بلوک Block	2	205.03 ^{ns}	103.36 **	89197525 ^{ns}	1.4275840 ^{ns}
فاکتور A (تلقیح با میکوریزا) Factor A (Mycorrhziae inoculation)	2	28514.9 **	17539.5 **	198694258 **	13.6797691 **
خطای اصلی Main error	4	78.7	35.36	47846358	4.2896288
فاکتور B (آبیاری) Factor B (Irrigation)	3	40726.4 **	410.32 **	374619607 **	38.1004339 **
A×B	6	1100.7 ^{ns}	106.8 **	12906655 ^{ns}	0.6463960 ^{ns}
خطای فرعی Sub error	18	1171.5	9.1	31842747	1.2644635
کل Total	35	–	–	–	–
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		9. 72	6. 3	24. 95	18. 5

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

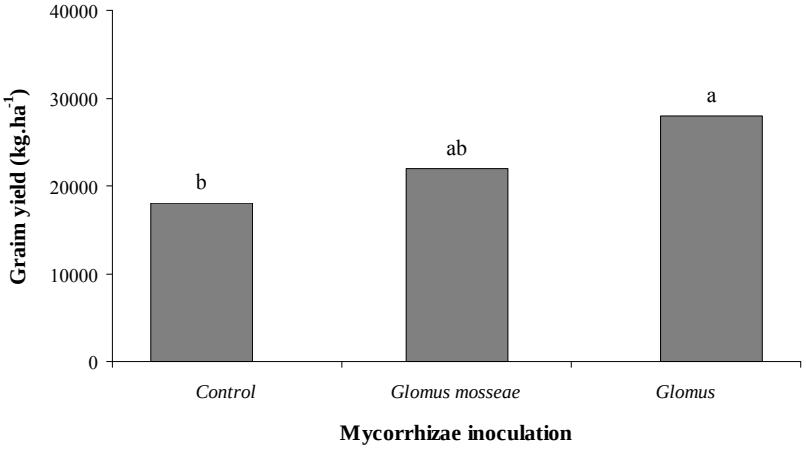
سطوح مختلف آبیاری نیز تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی ذرت و کمترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار ۲۵٪ نیاز آبی ذرت بود (شکل ۲). هدف نهایی از زراعت ذرت، عملکرد دانه است. عملکرد هر جامعه گیاهی، نحوه فعالیت آن را در طی فصل رشد و نمو و نحوه استفاده از تشعشع، مواد غذایی، آب و سایر منابع محیطی نشان می‌دهد. تقسیم و تخصیص مواد فتوسنتزی در گیاهان مختلف، تابع خصوصیات ژنتیکی گیاه و نیز شرایط محیطی است. ظرفیت مخزن، روابط بین مبدأ و مخزن، نسبت بین هورمون‌های مختلف، شرایط محیطی به خصوص دما و رطوبت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری عملکرد گیاهان زراعی هستند (Evans, 1993).

در این تحقیق، به نظر می‌رسد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه ذرت، از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر سبب تولید فرآورده بیشتر و از جمله عملکرد دانه گردیده است. محققان مختلف اشاره کرده‌اند که یکی از فواید میکوریزا، می‌تواند افزایش عملکرد گیاه میزبان باشد. سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 1997) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای نیتروژن، فسفر، پتاس، منیزیم، منگنز و روی در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006; Darzi et al., 2009) در تحقیق خود روی رازیانه بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۶۷ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۸۸ و ۱۰۴۷ کیلوگرم در سال ۱۳۸۵) در تلقیح با میکوریزا به‌دست آمد. اگوئیلرا- گومز و همکاران (Aguilera-Gomez et al., 1999) نیز افزایش زیست توده میوه فلفل (*Capsicum annum* L.) میکوریزایی شده را نسبت به شاهد گزارش کردند. نامبردگان دلیل این امر را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود وضعیت عناصر غذایی گیاه ذکر کردند. علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzade et al., 2006) گزارش مشابهی را در مورد سویا (*Glycine max* L.) ارائه نمودند. همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری سبب بهبود زیست توده و عملکرد دانه رازیانه گردید (Kapoor et al., 2004).

طول مخصوص ریشه

اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا بر طول مخصوص ریشه معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). در مقایسه بین دو گونه میکوریزا، *G. intraradices* تأثیر بیشتری بر طول مخصوص ریشه داشت (شکل ۳).

کاربرد سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر طول مخصوص ریشه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). از میان چهار سطح آبیاری به کار رفته، سطح ۵۰ درصد نیاز آبی ذرت، بیشترین تأثیر را بر طول مخصوص ریشه گذاشت (شکل ۴).

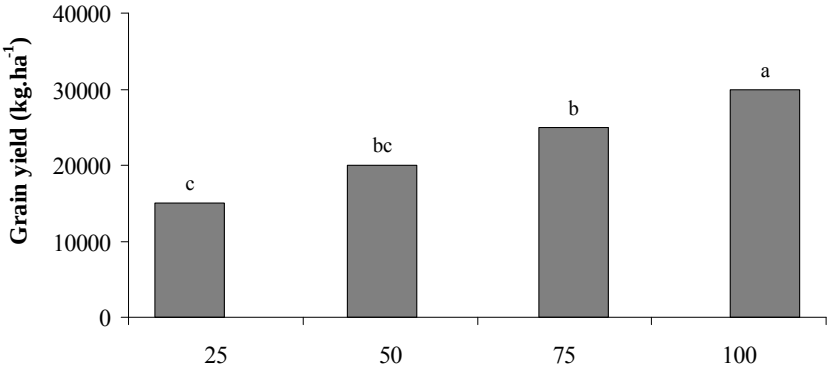


شکل ۱- تأثیر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 1- Effect of mycorrhizae inoculation on grain yield of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ۲- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪)) بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 2- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%) on grain yield of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

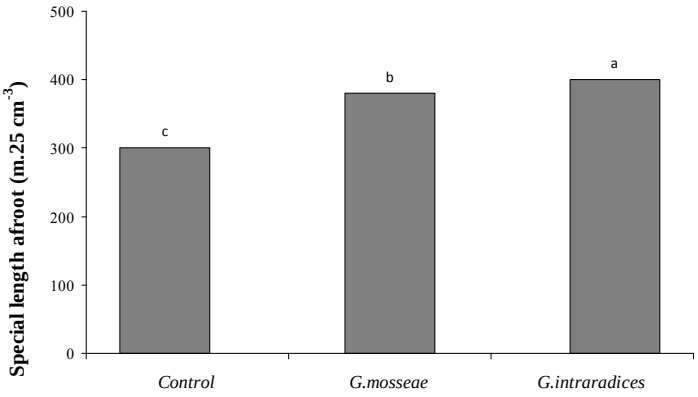
* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

این نتیجه بیانگر آن است که در شرایط تنش آبی، گیاه برای تأمین رطوبت مورد نیاز خود و جذب آب از مناطق دورتر از ریشه، طول ریشه خود را افزایش می‌دهد. قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش آبی، به گیاه کمک کرده و با گسترش طول ریشه و افزایش سطح جذب ریشه، موجبات جذب آب بیشتر برای گیاه را فراهم می‌آورند. فنگ و همکاران (Feng et al., 2002) در تحقیق بر روی تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت میکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجهٔ همزیستی با میکوریزا (جنس *گلوموس*) افزایش یافت. نامبردگان این موضوع را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقدار الکترولیت در ریشه‌ها نسبت دادند و آن را ناشی از ظرفیت بالای چنین گیاهانی برای تنظیم اسمزی دانستند. پنوار (Panwar 1991) در تحقیق خود بر گندم تلقیح شده با میکوریزا گزارش کرد که قارچ وزن ریشه و وزن اندام‌های هوایی را افزایش داد. گزارشات متعدد (Cardoso & Kuyper, 2006; Smith, & Gianinazzi-Pearson, 1988) حاکی از آن است که میکوریزا رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه را برای جذب آب ایجاد می‌کند. نتایج تحقیق مارولاندا و همکاران (Marulanda et al., 2007) بر روی گیاه اسطوخودوس میکوریزایی شده، حاکی از آن بود که سویه‌های مقاوم به خشکی *G. intraradices* و *G. mosseae*، رشد ریشه را به ترتیب به میزان ۳۵ و ۱۰۰ درصد افزایش دادند. آنها همزمان با این تغییرات، افزایش محتوای آب گیاه و کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانت را گزارش کردند. ابونصر (Aboul-Nasr, 1998) گزارش کرد که تلقیح کدو تخم پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با *G. intraradices*، موجب افزایش طول ریشه در مقایسه با شاهد شد. علی‌آبادی فراهانی و همکاران (Aliabadi Farahani et al., 2007) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا (*G. hoi*) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و طول ریشه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گردید. سانچز- بلانکو و همکاران (Sanchez-Blanco et al., 2004) گزارش کردند که تحت شرایط خشکی، زیست توده ریشه و اندام‌های هوایی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) میکوریزایی شده در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش یافت. آگوئیلرا- گومز و همکاران (Aguilera-Gomez et al., 1999) نیز افزایش زیست توده ریشه، اندام‌های هوایی و میوه را در گیاهان فلفل میکوریزایی شده با *G. intraradices* مشاهده کردند.

درصد کلونیزاسیون طول ریشه

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تلقیح با قارچ‌های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)، اما گونه میکوریز بر کلونیزه شدن ریشه اثر معنی‌داری نداشت و بین دو گونه میکوریزا، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵).

استفاده از سطوح مختلف آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲) (شکل ۶)؛ به‌طوری که تیمار *G. intraradices* + ۲۵٪ نیاز آبی ذرت، بیشترین (۸۴ درصد) و تیمار شاهد + ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت، کمترین (۲ درصد) درصد کلونیزاسیون ریشه را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا، در تیمارهای تحت تنش آبی بیشتر از تیمارهای با آبیاری مناسب بود و کلونیزاسیون در تیمارهای تحت تنش، افزایش یافت و این افزایش در قارچ گونه *G. intraradices* و در کمترین مقدار آبیاری (۲۵ درصد نیاز آبی ذرت) بیشتر بود (شکل ۷).

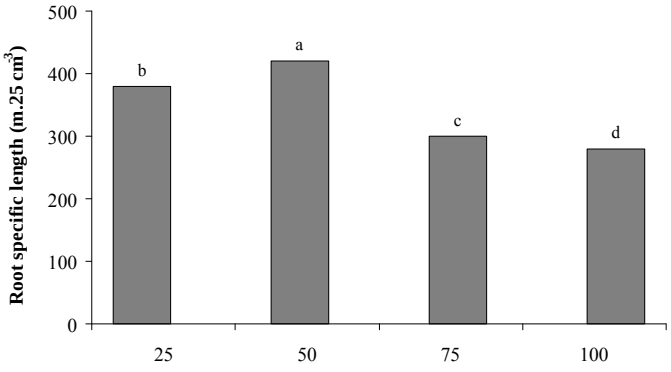


شکل ۳- اثر تلقیح با میکوریزا بر طول مخصوص ریشه ذرت

Fig. 3- Effect of mycorrhiza inoculation on root special length of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ٤- تأثیر سطوح آبیاری (براساس نیاز آبی (٪)) بر طول مخصوص ریشه ذرت

Fig. 4- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on grain yield of corn

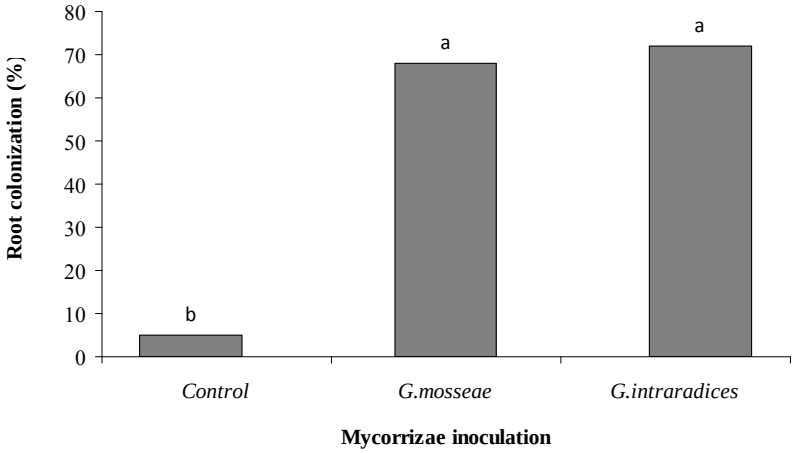
* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که در شرایط تنش آبی، قارچ‌های میکوریزا جهت کمک به گیاه، برای جذب بیشتر آب و عناصر غذایی، بیشتر تکثیر شده و میزان کلونیزاسیون ریشه افزایش می یابد. وان در هیدن و ساندرز (Van der Heijden & Sanders, 2002) گزارش کردند که عوامل محیطی به شدت بر کلونیزاسیون ریشه تأثیر می‌گذارند. جهرینگ و همکاران (Gehring et al., 2006) گزارش کردند که میزان رطوبت خاک به مقدار زیادی کلونیزاسیون ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzade et al., 2006) گزارش کردند که بین کلونیزاسیون ریشه و محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل آب برگ، محتوای نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی گیاه و وزن دانه، همبستگی مثبت وجود دارد و این موضوع می‌تواند دلیلی بر بهبود وضعیت آبی و تغذیه‌ای گیاه در نتیجهٔ کلونیزاسیون باشد. در بررسی اوج (Augé, 2001) شرایط تنش موجب افزایش میزان میکوریزا در ریشه گردید.

کارایی مصرف آب (براساس عملکرد دانه)

همان‌طور که داده‌های جدول ۲ نشان داده شده است، تلقیح با گونه‌های قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب ذرت داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که تلقیح باعث افزایش کارایی مصرف آب ذرت گردید (شکل ۷). کاربرد سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب داشت (p≤۰/۰۱)؛ به نحوی‌که در تیمار ۲۵٪ نیاز آبی ذرت، بیشترین و در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت، کمترین کارایی مصرف آب به دست آمد (شکل ۸).

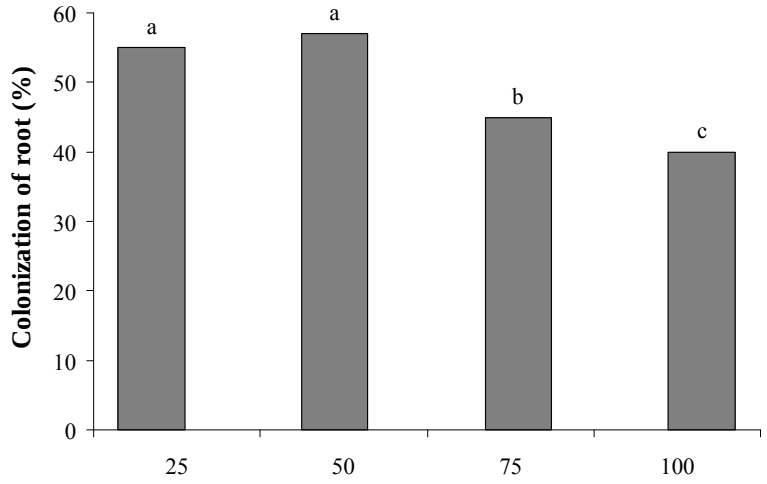


شکل ۵- اثر تلقیح با میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

Fig. 5- Effect of mycorrhiza inoculation on colonization percentage of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

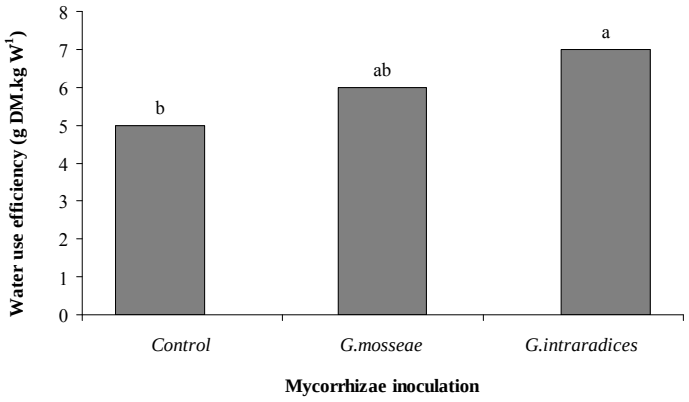


شکل ٦- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪)) بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

Fig. 6- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on colonization percentage of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

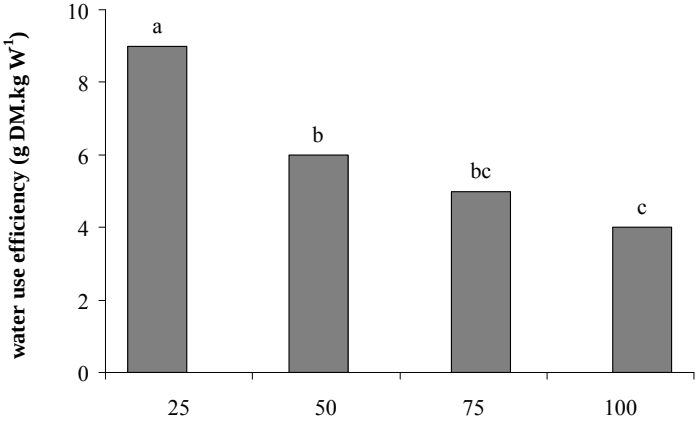


شکل ۷- اثر تلقیح با میکوریزا بر کارایی مصرف آب ذرت

Fig. 7- Effect of mycorrhiza inoculation on water use efficiency of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ۸- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪) بر کارایی مصرف آب ذرت

Fig. 8- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on water use efficiency of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (P≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

بدین ترتیب، عملکرد دانه ذرت به واسطه تلقیح با میکوریزا تحت شرایط تنش کم آبی افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان چنین بیان کرد که در نتیجه همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه ذرت، رشد ریشه و سطح جذب آن افزایش یافته و ضمن افزایش جذب عناصر غذایی (به‌ویژه افزایش محتوی فسفر خاک)، موجب جذب بیشتر آب از مناطق دورتر از ریشه گردیده و موجبات عملکرد بیشتر گیاه را فراهم آورده است که این افزایش جذب آب و عناصر غذایی در تیمارهای تحت تنش آبی بیشتر بوده است. به عبارت دیگر، در گیاهان میکوریزایی تحت تنش، مقدار تولید و عملکرد به ازای مقدار آب داده شده به گیاه، بیشتر از تیمارهای با آبیاری مناسب بود. این اطلاعات نشان می‌دهد که میکوریزا سبب افزایش تحمل گیاه در مقابل تنش کم آبی شده و احتمالاً از افت عملکرد جلوگیری نموده است. یکی از خصوصیات نواحی خشک و نیمه‌خشک، مواجه شدن زمان پر شدن دانه با تنش کم آبی است. بنابراین، به‌کارگیری روش‌هایی که سبب افزایش تحمل گیاه به کم آبی در این مرحله گردد، در واقع سبب افزایش عملکرد خواهد شد که استفاده از میکوریزا در چنین شرایطی می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه کمک شایان توجهی بنماید. در بررسی جمشیدی و همکاران

(Jamshidi et al., 2008) گیاهان آفتابگردان تلقیح شده با میکوریزا هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم تحت شرایط تنش آبی، در مقایسه با گیاهان شاهد، تعداد دانه بیشتری تولید کرده و عملکرد دانه بیشتری داشتند. جفریز (Jeffries, 1987) نیز نشان داده که همزیستی گیاه میکوریزا به خصوص تحت شرایط حاصلخیزی و آبیاری کم از طریق افزایش دسترسی عناصر و انتقال آن به گیاه سبب افزایش عملکرد می‌گردد. گریندلر و همکاران (Gryndler et al., 2006) بیان کردند که سطوح بالای عناصر غذایی محلول موجود در کودهای غیرزیستی، از طریق تأثیر بر جمعیت میکروبی خاک، بر کلونیزاسیون ریشه اثر منفی گذاشته و موجب کاهش مقدار ریشه می‌شوند. بدیهی است در نتیجه شکل‌گیری روابط پیچیده و متقابل بین گیاهان و سایر موجودات زنده در نظام‌های زیستی و پایدار، رشد و نمو گیاهان از هر نظر، بهتر صورت گرفته و پایداری در طول زمان را به همراه دارد (Probst et al., 2007). بسیاری از محققین معتقدند که شرایط حاکم بر نظام‌های اکولوژیک و پایدار، باعث عملکرد اکولوژی میکروبی خاک (زیست توده و فعالیت میکروبی) در سطحی برتر از نظام‌های رایج می‌شود (Toyota & Kuninaga, 2006).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش آبی (سطوح کم آبیاری) و آبیاری مناسب، می‌تواند با گسترش رشد ریشه و افزایش سطح جذب آن، موجب جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و در نهایت، افزایش کارایی مصرف آب در این گیاه گردد. اهمیت تلقیح با قارچ‌های میکوریزا، در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در شرایط کمبود آب بیشتر است. در واقع، در شرایط کمبود آب و تنش آبی، میکوریزا از طریق همزیستی با ریشه گیاه موجب می‌شود رشد ریشه گیاه و سطح جذب آن افزایش یابد. در نتیجهٔ افزایش رشد ریشه، جذب آب و عناصر غذایی بیشتر شده و به تبع آن، رشد گیاه و تولید فراورده‌های آن در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش می‌یابد. در گیاهان میکوریزایی تحت تنش آبی، تولید و عملکرد به ازای مقدار آب مصرفی، بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی تحت تنش است.

منابع

Abbaszadeh, B. 2005. Effect of different nitrogen levels and methods of consume of nitrogen on extent beebalm essence. MSc Thesis, Islamic Azad University-Karaj Branch, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Abd El-Gawad, A.M. 2008. Employment of Bio-organic Agriculture Technology for *Zea mays* L. cultivation in some desert soils. Research Journal of Agriculture and Biological Science 4(5): 553-565.

Aboul-Nasr, A. 1998. Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress conditions. Annals of Agricultural Science 1: 119-133.

Aguilera-Gomez, L., Davies, F.T., Olalde-Portugal, V.S., Duray, A., and Phavaphutanon, L. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis). Photosynthetica 36: 441-449.

Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A., Hamidi, A., Daneshian, J., Abbaszadeh, B., and Sehzabi, A. 2007. The effects of *Glomus hoi* fungi, different levels of phosphorus and drought stress on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23(3): 405-415.

Aliasgharzade, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologiae 61: 324-328.

Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11: 3-42.

Cardoso, I., and Kuyper, M.T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 276-292.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(1): 1-19.

Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press 512 pp. ISBN: 0521295580.

Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, Tang, C.Y.C., and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12: 185-190.

Gehring, C.A., Mueller, R.C., and Whitham, T.G. 2006. Environmental and genetic effects on the formation of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal associations in cottonwoods. Oecologia 149: 158-164.

Ghazi Al-Karaki, B., and McMichael, J.Z. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263- 269.

Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi

in a long-term field experiment. Mycorrhiza 16: 159-166.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77- 79.

Jamiolahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2006. Agriculture, Fertilizer and Life Environment. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (Iran)

Jamshidi, A., Ghalavand, A., Salehi, A., and Jamshidi, A.R. 2008. Decrease of drought stress damage on sunflower yield with arbuscular mycorrhizae. International Congress on Modern Technology in Agriculture and Natural Sources. Rasht, Guilan, Iran. p. 2181-2188. (In Persian)

Jeffries, P. 1987. Use of mycorrhizae in agriculture. Critical Review in Biotechnology 5: 319–357.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 82(4): 339-342.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Khalvati, M.A., Hu, Y., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relation, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology 7: 706-712.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M., and Azcon, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought- sensitive *Glomus* Species. Microbial Ecology 543-552.

Panwar, J.D.S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology 34: 357-361.

Panwar, J., and Tarafdar, J.C. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under *Mitragyna parvifolia* (Roxb.) Korth. in Thar Desert. Applied Soil Ecology 34: 200–208.

Probst, B., Schuler, C., and Joergensen, R.G. 2007. Vineyard soils under organic and conventional management-microbial biomass and activity indices and their relation to soil chemical properties. Biology and Fertility of Soils 44: 443-450.

Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil 205: 85-92.

Saleh Rastin, N. 2001. Biologic fertilizers and role of them in attain to sustainable agriculture. Soil and Water Sciences Journal (Biologic Fertilizers Particular Journal) 23: 10-23. (In Persian with English Summary)

Sanchez-Blanco, M.J., Ferrandez, T., Morales, M.A., Morte, A., and Alarcon, J.J. 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology 161: 675-682.

Shrestha, R.K., and Ladha, J.K. 1998. Nitrate in groundwater and integration of nitrogen-catch crop in rice-sweet pepper cropping system. Soil Science Society of America Journal 62: 1610–1619.

Smith, S.E., and Gianinazzi-Pearson, V. 1988. Physiological interaction between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annuals Reviews in Plant Physiology 39: 221-244.

Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. Canadian Journal of Botany 75: 1582-1591.

Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Toyota, K., and Kuninaga, S. 2006. Comparison of soil microbial community between amended with or without farmyard manure. Applied Soil Ecology 33: 39-48.

Van der Heijden, M.G.A., and Sanders, I. 2002. Mycorrhizal ecology. Springer, Berlin, Heidelberg 469 pp. ISBN: 3540424075

Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163: 417-425.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۷۰-۱۶۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 162-170

بررسی تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی

مهدی نقی‌زاده[1*] و محمود غلامی توران پشتی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

این آزمایش مزرعه‌ای با هدف بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، رقم روشن، در شرایط تنش خشکی، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، به صورت کرت‌های خرده شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. آبیاری (شاهد، قطع آبیاری بعد از گل‌دهی) و اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۱ و۰/۵ میلی‌مولار)، به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. بر اساس نتایج مشخص گردید که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب (۳۵٪)، تعداد سنبله بارور در متر مربع (۱۰٪)، تعداد دانه در سنبله (۲۵٪)، وزن هزار دانه (۳۰٪)، عملکرد دانه (۶۵٪) و عملکرد بیولوژیک (۴۰٪) و نیز افزایش معنی‌دار نشت یونی (۵۵٪) و مقدار پرولین برگ پرچم (۶۰٪) گردید. در مقابل، اسید سالیسیلک بطور معنی‌داری افزایش محتوی نسبی آب، عملکرد دانه و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و پرولین برگ و نیز کاهش نشت یونی را به همراه داشت و این تأثیر در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک محسوس‌تر از ۰/۱ میلی-مولاربود. بنابراین، به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک می‌تواند با افزایش غلظت پرولین و کاهش نشت یونی برگ، مقاومت گندم را در برابر تنش خشکی افزایش دهد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسلیک یک تکنیک آسان و با خطر پایین است که ممکن است به عنوان راه حلی برای بهبود تولید گندم در شرایط تنش خشکی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، نشت یونی، محتوی نسبی آب

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) تقریباً ۶۰ درصد انرژی مورد نیاز بشر را تأمین می‌کنند و به عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا در بسیاری از زمین‌های کشاورزی کشت می‌گردد (Kaydan et al., 2006). گندم در بسیاری از کشورها از جمله ایران، عاملی بسیار مهمی برای پایداری سیاسی و اقتصادی و همچنین عاملی مهمی در بهبود درآمد بیشتر کشاورزان محسوب می‌گردد.

در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل کم بودن و توزیع غیریکنواخت بارندگی از سالی به سال دیگر، عملکرد سال‌های متوالی نوسانات زیادی نشان می‌دهد. از طرف دیگر زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق، سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان می‌شود (Maiti et al., 2000). خشکی مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بوده که ۴۰ تا۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش رشد و عملکرد گندم می‌شود (Majer et al., 2008). پاسخ گیاهان به خشکی دارای مکانیسم‌های پیچیده‌ای است که شامل تغییرات مولکولی و گسترش آن به فعالیت‌های متابولیسمی گیاه و تأثیر بر فیزیولوژی و مورفولوژی و گیاه می‌باشد (Molnar et al., 2004). تنش خشکی باعث تجزیه نشاسته و مصرف تدریجی آن می‌شود. کاهش مقدار نشاسته در نتیجه فعالیت آمیلاز، منجر به افزایش مقدار قندهای محلول می‌گردد (Maiti et al., 2000).

در غلات حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی، حد فاصل سنبله رفتن تا گلدهی است و ارقامی که قبل از گلدهی بتوانند زیست‌توده بالایی تولید و ذخیره آسیمیلات در ساقه را افزایش دهند، جزء ارقام متحمل به خشکی محسوب می‌شوند. تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش گرده‌های بارور می‌شود (Ji et al., 2010). کاهش پتانسیل آب در اثر تنش خشکی باعث کاهش

۱ و ۲- به ترتیب استادیار دانشگاه شهید باهنر و دانشجوی دکترای فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: msnaghizadeh@gmail.com)

تقسیم سلولی، رشد اندام‌های گیاه، کاهش فتوسنتز خالص، سنتز پروتئین و تغییر توازن هورمونی گیاه می‌گردد (Mary et al., 2001).

تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت وکارایی مصرف آب گندم می‌شود (Majer et al., 2008). کاهش پتانسیل آب در اثر تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی، رشد اندام‌های گیاه، کاهش فتوسنتز خالص، سنتز پروتئین و تغییر توازن هورمونی گیاه می‌گردد (Ji et al., 2010). کمبود آب پس از گل‌دهی احتمالاً از طریق آسیب رساندن به فرایند باروری دانه، می‌تواند تعداد دانه در هر سنبله را کاهش دهد. تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه موجب کاهش محصول می‌گردد (Maiti et al., 2000).

افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل اصلاح نباتات و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد، امکان‌پذیر است. در مقایسه با روش های اصلاحی که اغلب بلند مدت و هزینه بردار می‌باشند (Bartels & Sunkar, 2005)، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است.

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. اسید سالیسلیک به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعددی زیستی و غیرزیستی، شناخته شده است (EL-Tayeb, 2005) که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین، موجب تعدیل اثرات ناشی از تنش گرما (Dat et al., 2000)، سرما (Kang & Saltveit 2002; Tasgin et al., 2003)، فلزات سنگین (Metwally et al., 2003) و خشکی (Singh & Usha, 2003) می‌گردد. کابرد اسید سالیسیلیک در گیاهان باعث تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر شده که به دنبال آن مقاومت در گیاهان ایجاد می‌شود. همچنین اسید سالیسلیک باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها (Shakirova et al., 2003) و کاهش نشت یونی از سلول‌های گیاهی می‌گردد (Borsani et al., 2001; Ghoulam et al., 2001; Maria et al., 2000).

بر طبق گزارش‌ها، اسید سالیسیلیک تأثیرات بسیاری بر مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه داشته و در تحریک مکانیسم‌های حمایتی افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده نقش دارد (Maibangsa et al., 2000; Hayat & Ahmad, 2007; Hussein et al., 2007). با توجه به پایین بودن میزان بارندگی سالیانه و بروز کم‌آبی در کرمان، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گندم، در شرایط تنش خشکی، به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی پارامترهای بیوشیمیایی گندم در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرده شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. آبیاری به عنوان فاکتور اصلی، در دو سطح شاهد (آبیاری معمول) و تنش خشکی (قطع آبیاری بعد از گل‌دهی) در کرت‌های اصلی و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در سه سطح (۰، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) به عنوان فاکتور فرعی، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط به طول دو متر و با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود.

عملیات تهیه بستر شامل شخم و دیسک و تسطیح زمین بوسیله لولر و ایجاد خطوط به کمک فارور بود. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص، از منبع اوره، (در دو نوبت کاشت و پنجه زنی)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل (قبل از کاشت) و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم (قبل از کاشت) در هکتار به زمین اضافه شد. بذر رقم روشن از مؤسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج تهیه گردید. بذرها به مدت شش ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (دمای معمول آزمایشگاه) با اسید سالیسیلک ۰/۱ و ۰/۵ میلی مولار پیش تیمار شدند و همزمان از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد. سپس بذرهای پیش تیمار شده به‌صورت دستی کشت شدند.

آبیاری به صورت سطحی با استفاده از سیفون انجام شد. به این ترتیب که در تیمار آبیاری معمولی تا انتهای فصل رشد، هر ۱۰ روز یکبار آبیاری انجام شد و در تیمار تنش خشکی، هر۱۰ روز یکبار تا زمان گلدهی آبیاری و پس از آن آبیاری تا انتهای فصل رشد، قطع گردید. همچنین برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ، در مرحله پنجه‌زنی از علفکش 2,4-D استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات خاک محل انجام آزمایش

Table 1 – Soil profile testing

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
0-30	لومی Loam	2.55	7.9

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ پرچم، در اواسط دوره

پر شدن دانه تعداد پنج برگ پرچم از هر کرت انتخاب و پس از قطع شدن درون کیسه‌های نایلونی قرار گرفت و به سرعت به آزمایشگاه منتقل گردید. وزن تر با ترازوی دیجیتال LIBROR مدل ALE-40SM ساخت شرکت Shimatzu با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری و سپس به منظور تعیین وزن در حالت تورژسانس، به مدت ۲۰ ساعت در آب مقطر قرار گرفته و سپس وزن شدند. در پایان، به منظور تعیین وزن خشک آن‌ها، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. محتوای نسبی آب برگ‌ها با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد (Hanson & Hitz, 1982) که در آن، DW: وزن خشک،FW: وزن تر و TW: وزن اشباع می‌باشد.

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100$$

معادله (۱)

نشت یونی برگ‌ها نیز در اواسط دوره پر شدن دانه، اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها ابتدا با آب مقطر شستشو داده شد و در لوله‌های درب دار قرار گرفتند و ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد و در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر دورانی قرار گرفتند. سپس هدایت الکتریکی محلول (C_1) اندازه‌گیری و نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو در دمای $120^{O}C$ قرار گرفتند و مجددا هدایت الکتریکی (C_2) اندازه گیری شد. نشت یونی EC(%) بر اساس معادله (۲) محاسبه شد (Lutts et al., 1996) که C_1 هدایت الکتریکی محلول ۲۴ ساعت بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها در آب مقطر و C_2 دومین قرائت یعنی ۲۰ دقیقه بعد از قرار گرفتن در اتوکلاو است:

$$EC\ (\%)=(C_1/C_2)\times 100$$

معادله (۲)

غلظت پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری و با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردید (Bates et al., 1973) که در آن، M: عدد قرائت شده با دستگاه اسپکتروفتومتر، T: حجم تولوئن مورد استفاده و W: وزن نمونه برگی مورد استفاده می‌باشد.

$$\text{Proline } (\mu M\ g^{-1}\ \text{fresh wt}) = \frac{M \times T \times W}{115.5} \times 10$$

معادله (۳)

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، پس از حذف اثر حاشیه ای کل پلات برداشته شد. پس از خشک کردن آن‌ها صفات عملکرد بیولوژیک با وزن کردن کل نمونه‌های برداشت شده، عملکرد دانه با جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلش و توزین آن‌ها، تعداد سنبله در متر مربع با شمارش تعداد سنبله‌های برداشت شده در سطح برداشتی، تعداد دانه در سنبله با جدا کردن ۲۰ سنبله در نمونه برداشت شده و جدا کردن دانه‌ها و محاسبه میانگین تعداد دانه در یک سنبله، وزن هزار دانه با جدا کردن ۵۰۰ دانه به طور تصادفی و وزن کردن آن‌ها، اندازه‌گیری شد. در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک و نیز اثر متقابل آن‌ها بر صفات محتوی نسبی آب، نشت یونی برگ، غلظت پرولین، عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) و عملکرد بیولوژیک گندم معنی‌دار بود (جدول۲).

براساس مقایسه میانگین تیمارها مشخص گردید که قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی موجب کاهش بسیار معنی‌دار (۳۵ درصد) محتوی نسبی آب گردید (شکل ۱). در مقابل، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک سبب بهبود محتوی نسبی آب هم در شرایط شاهد (آبیاری بهینه) و هم در شرایط تنش خشکی گردید، اما تأثیر اسید سالیسیلیک در شرایط تنش بیشتر از شرایط آبیاری بهینه بود؛ به طوری‌که کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب موجب افزایش ۱۲ و ۲۵ درصد محتوی نسبی آب در شرایط تنش و نیز به طور میانگین موجب افزایش ۷ درصدی این صفت در شرایط شاهد گردید (شکل ۱).

یکی از مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌باشد. این صفت می‌تواند توانمندی گیاه را در مواجهه با تنش خشکی نشان دهد. محتوای نسبی آب عبارت از نسبت میزان آب گیاه در شرایط تنش به میزان آب گیاه در حالت آماس کامل را نشان می‌دهد (Hanson & Hitz, 1982). محتوای نسبی آب برگ در واقع ابزار بسیار مناسبی برای گزینش در تنش خشکی است و ارقامی که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند برای مناطق خشک مناسب هستند. به طور کلی، تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Blum et al., 1994). محتوای نسبی آب نقش مهمی در تنظیم هدایت روزنه‌ای و در نتیجه سرعت فتوسنتزی گیاه دارد که در نهایت می‌تواند روی عملکرد دانه اثر مثبتی داشته باشد (Hanson & Hitz, 1982). سایرام و سریواستاوا (Sairam & Srivastava, 2001) نیز اعلام کردند که در شرایط تنش میزان محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد. همچنین بیان داشتند که کاهش محتوای نسبی آب و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی بوده که در ساخت مواد فتوسنتزی ایجاد اختلال کرده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

نتایج حاصل از این آزمایش حاکی از آن بود که تنش خشکی، درصد نشت یونی از سلول‌های برگ را به میزان ۵۵ درصد افزایش داد (شکل ۲). در مقابل، کاربرد اسید سالیسیلک در شرایط تنش خشکی، موجب کاهش ۴۰ درصدی نشت یونی برگ در مقایسه با عدم پیش تیمار بذر در این شرایط گردید (شکل ۲). حائز اهمیت است که مصرف اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط تنش خشکی، تأثیر مثبت بیشتری در مقایسه با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار داشت (شکل ۲).

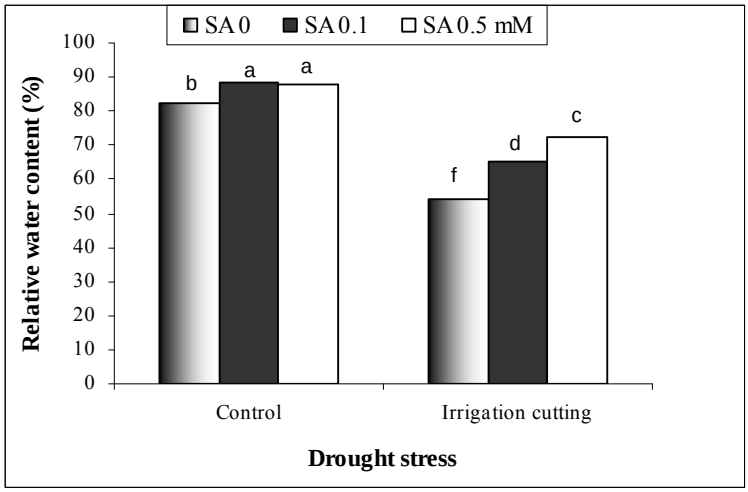
جدول ۲- میانگین مربعات محتوای نسبی آب، نشت یونی، پرولین، عملکرد و اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک گندم

Table 2- Mean square of relative water content, electrolyte leakage, proline, yield and yield components and biological yield of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب RWC	نشت یونی EL	پرولین Proline	تعداد سنبله بارور Fertile spike (Number. m^{-2})	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	3	88.57ns	29.59ns	52.25ns	742.23ns	21.32ns	33.23ns	1011.65ns	1356.56ns
آبیاری Irrigation (a)	1	1187.23**	199.56**	8812.23**	1689.23*	329.25**	542.85**	63542.54**	1058965.56**
خطای اصلی E (a)	3	12.35	45.23	56.23	235.21	3.25	7.53	1102.23	15463.23
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (b)	2	988.28**	189.56*	201.23*	1168.23*	101.23**	56.56*	1006.23**	13691.98*
اسید سالیسیلیک× آبیاری a*b	2	897.25*	205.32**	253.68*	1145.23*	98.96*	638.56**	876.59*	200871.23**
خطای فرعی E (b)	12	7.28	21.32	35.23	87.23	0.87	3.56	232.25	1058.09

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

Ns, * and **: non-significant significant in levels of 5 and 1 probability levels, respectively.



شکل ۱- تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های اسید سالیسلیک بر محتوی نسبی آب برگ پرچم گندم

Fig. 1- The effect of drought stress and salicylic asid concentration interaction on relative water content of wheat flag leaf

میانگین‌های با حروف متفاوت براساس آزمون اختلاف آماری معنی‌دار دارند (p≤۰/۰۵).

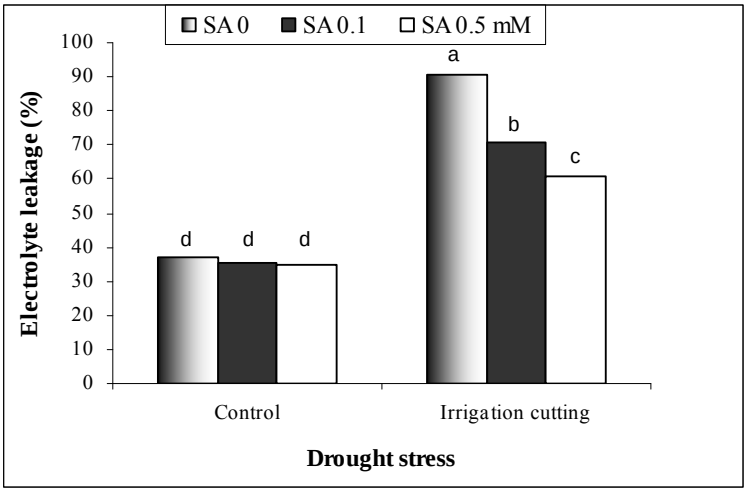
Means with different letters are significantly based on Duncan test (p≤0.05).

تنش خشکی تولید یک سری رادیکال‌های آزاد می‌کند که سبب خسارت به غشای سلول می‌شوند که این خسارت را می‌توان بوسیله نشت یونی سلول اندازه‌گیری کرد. افزایش در نشت یونی در گیاهان تحت شرایط تنش در بسیاری از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (Borsani et al., 2001; Ghoulam et al., 2001; Maria et al., 2000). کاهش خسارت غشاء در اثر کابرد اسید سالیسیلیک که به عنوان راه اصلی برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان شناخته شده است، ممکن است با تولید آنتی‌اکسیدان در ارتباط باشد که تولید آنتی اکسیدان پاسخی از گیاه برای کاهش خسارت اکسید شدن است. به عبارت دیگر اسید سالیسلیک سبب افزایش پایداری غشاء در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌گردد (Ghoulam et al., 2001; Maria et al., 2000).

در پژوهش حاضر، مشخص گردید که میزان پرولین در شرایط قطع آبیاری نسبت به شرایط آبیاری بهینه افزایش یافت. به طوری‌که

اعمال تنش خشکی موجب ۶۰ درصد افزایش در غلظت پرولین برگ گندم در مقایسه با شاهد گردید (شکل۳). همچنین مشخص گردید که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در شرایط قطع آبیاری، افزایش ۲۵ درصدی غلظت پرولین را به همراه داشت و بیشترین غلظت پرولین با اعمال اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۳). لازم به ذکر است که در شرایط شاهد (آبیاری بهینه) استفاده از اسید سالیسیلیک به عنوان پیش تیمار، تأثیری بر غلظت پرولین نداشت (شکل ۳).

از آنجا که زیاد شدن پرولین یکی از شاخص‌های مقاومت به خشکی می‌باشد، تنش خشکی باعث افزایش شدید در تجمع این اسید آمینه گردید. در هیچ یک از معیارهای بیوشیمیایی مقاومت به خشکی چنین افزایشی (تا چندین برابر) که در پرولین مشاهده می‌شود، گزارش نشده است (Sarvajeet & Renu & Devarshi, 2007; Narendra, 2010).

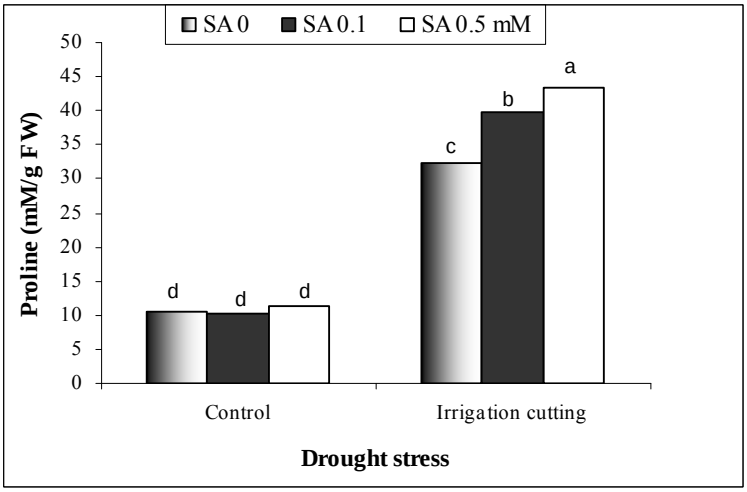


شکل ۲- تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های اسید سالیسلیک بر نشت یونی برگ پرچم گندم

Fig. 2- The effect of drought stress and salicylic asid concentration interaction on electrolyte leakage of wheat flag leaf

میانگین‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون اختلاف آماری معنی‌دار دارند (p≤۰/۰۵).

Means with different letters are significantly based on Duncan test (p≤0.05).



شکل ۳- تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های اسید سالیسلیک بر مقدار پرولین برگ پرچم گندم

Fig. 3- The effect of drought stress and salicylic asid concentration interaction on proline of wheat flag leaf

میانگین‌های با حروف متفاوت براساس آزمون اختلاف آماری معنی‌دار دارند (p≤۰/۰۵).

Means with different letters are significantly based on Duncan test (p≤0.05).

به همین دلیل، در بسیاری از پژوهش‌ها از آن به عنوان شاهدی برای سایر معیارهای بیوشیمیایی استفاده می‌شود (Sarvajeet & Narendra, 2010). پرولین به عنوان آنتی اکسیدانی غیرآنزیمی باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. همچنین پرولین مانند یک آنتی اکسیدان قوی این توانایی را دارد که از مرگ سلول‌ها در برابر تنش‌های محیطی جلوگیری کند (Chen & Dickman, 2005). در همین رابطه پروالتم و همکاران (Pireivatlou et al., 2010) بیان کردند که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار در تجمع میزان پرولین در ارقام مختلف گندم گردید و این افزایش با مقاومت به خشکی در این ارقام همراه بود.

براساس نتایج این آزمایش مشخص گردید که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد سنبله بارور در متر مربع (۱۰ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۲۵ درصد)، وزن هزار دانه (۳۰ درصد)، عملکرد دانه (۶۵ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۴۰ درصد) گردید. در واقع تنش خشکی از طریق کاهش اجزای عملکرد گندم، منجر به افت شدید و معنی‌دار عملکرد دانه گندم گردید. محققان کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی را به کاهش فتوسنتز بر اثر تنش خشکی نسبت داده اند (Uhart & Andrade, 1995). در همین راستا زارع و قدسی (Zarea & Ghodsi, 2004) و همچنین پلات و همکاران (Plaut et al., 2004) بیان داشتند که تنش خشکی کاهش عملکرد دانه گندم را به همراه داشت که این کاهش عملکرد به علت کاهش در تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله بود. همچنین آبیت و همکاران (Abbate et al., 1998) همبستگی معنی‌داری میان تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد نهایی دانه در ارقام گندم گزارش کردند. علت کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی احتمالاً به علت محدود بودن انتقال مجدد در تیمارهای تحت تنش خشکی می‌باشد. همچنین تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Zarea & Ghodsi, 2004).

پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم به ویژه در شرایط تنش خشکی گردید و در اکثر موارد تأثیر غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشتر از ۰/۱ میلی‌مولار بود (جدول ۳). لازم به ذکر است که اعمال اسید سالیسیلیک در شرایط شاهد (آبیاری بهینه) تأثیر مثبت معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نداشت، اما افزایش ۱۴ درصدی عملکرد دانه و پنج درصدی عملکرد بیولوژیک را در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی گندم، به همراه داشت که این بسیار حائز اهمیت می‌باشد (جدول ۳). طبق نتایج مشخص گردید که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلک به ترتیب در شرایط شاهد و تنش خشکی موجب افزایش سه و پنج درصدی تعداد سنبله بارور در متر مربع، افزایش ۵ و ۲۲ درصدی تعداد دانه در سنبله و افزایش ۵ و ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گردید (جدول ۳).

نتایج به‌دست آمده در خصوص اثر غلظت‌های پایین اسید سالیسیلک بر افزایش عملکرد، در گیاهان دیگر نیز مشاهده شده است. برای مثال، خیساندن بذر گندم در محلول ۰/۵ میلی‌مولار (Senaratna et al., 2000)، یونجه در محلول ۰/۰۱ میلی‌مولار (Drazic et al., 2006) و جو در محلول یک میلی‌مولار (El-Tayeb, 2005) باعث افزایش رشد گیاهان از طریق افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های ریشه گردیده است. همچنین کاربرد این ماده به صورت محلول‌پاشی نیز باعث تحریک و بهبود رشد گردیده است. برای مثال، محلول‌پاشی گیاهان گلرنگ با محلول یک میلی‌مولار باعث افزایش وزن خشک گیاهان به میزان ۲۷ درصد در مزرعه و ۵۰ درصد در گلخانه گردید (Ebrahimzadeh et al., 2009).

جدول ۳- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک گندم تحت تأثیر اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش خشکی

Table 3- Mean of yield and yield components of wheat affected by Salicylic acid and drought stress interaction

تنش خشکی Drought stress	اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار) SA (mM)	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	تعداد سنبله بارور (تعداد در متر مربع) Fertile spike (Number.m^{-2})	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Grain yield (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع) Biological yield (g.m^{-2})
شاهد Control	0	45.12ab*	521.23b	41.23b	815.20a	1798.21a
	0.1	47.23a	529.56a	41.42b	820.25a	1812.23a
	0.5	47.25a	532.15a	43.65a	825.89a	1815.54a
قطع آبیاری Irrigation cutting	0	32.35c	491.25e	30.21d	352.14c	1102.23c
	0.1	39.54b	501.23d	33.56d	390.54bc	1125.23b
	0.5	41.25b	521.87c	36.25c	408.25b	1140.87b

*در هر ستون برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون دانکن معنی‌داری دارند.

*In each column means with different letters are significantly based on Duncan test ($p\leq0.05$).

دلیل این بهبود رشد و عملکرد به تأثیر اسید سالیسیلک در انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مخزن ربط داده شده است. ضمن اینکه برخی دلایل افزایش رشد به افزایش در میزان فتوسنتز خالص و کربوکسیلاسیون و افزایش در فعالیت آنزیم‌های نیترات رداکتاز و کربنیک آنهیدراز مربوط می‌گردد. از طرفی، ترکیبات فنلی از جمله اسید سالیسیلک مانع از اکسیداسیون اکسین می‌گردد و به این طریق نیز می‌توانند بر رشد تأثیر بگذارند (Fariduddin et al., 2003). گزارش‌های مقدماتی در خصوص اثر اسید سالیسیلک بر رشد و افزایش محصول برخی از سبزی‌ها نیز حاکی از اثر مثبت این ماده می‌باشد. برای مثال، مصرف غلظت‌های خیلی پایین این ماده (۰/۰۱ میکرومولار) باعث افزایش وزن ریشه‌های هویج به میزان ۶۰ درصد، چغندر لبویی به میزان ۱۶ درصد، میوه گوجه فرنگی به میزان ۳۳ درصد و خیار به میزان ۲۲ درصد گردید (Larque-Saavedra & Martin-Mex, 2008).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی در دوره پرشدن دانه تأثیر منفی بارزی بر عملکرد و اجزای آن و همچنین محتوای نسبی آب برگ پرچم گذاشت و در مقابل، افزایش غلظت پرولین و نشت یونی را به همراه داشت. کمبود آب از یک طرف با تأثیر بر ساختار غشای سلول سبب افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد و از طرف دیگر، با افت محتوی رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز را فراهم آورد. از طرفی، اسید سالیسلیک موجب تعدیل تنش خشکی از طریق کاهش نشت یونی و افزایش غلظت پرولین و در نتیجه بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط تنش گردید. اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین حالت سازگاری به تنش‌ها در گیاهان ایجاد می‌کند (Dat et al., 2000). بعد از مصرف SA، مقدار گونه های اکسیژن واکنش‌پذیر افزایش می‌یابد که این افزایش باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها می‌گردد (Fariduddin et al., 2003). اگر غلظت SA مصرف شده از حدی بالاتر رود باعث تشدید علائم تنش در گیاه می‌گردد (Drazic et al., 2006). همچنین لازم به ذکر است که روش مصرف، غلظت اسید سالیسیلیک، گونه گیاهی و مرحله رشد از عواملی هستند که در تاثیرگذاری اسید سالیسیلیک موثرند. برای مثال، زمانی که به بذر ذرت با ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک تیمار شد باعث افزایش مقاومت به خشکی گردید. ولی، استفاده از همین غلظت بصورت محلول پاشی، باعث کاهش مقاومت به خشکی گردید (Nemeth et al., 2002)، به هر حال به نظر می رسد که اسید سالیسیلیک می‌تواند بخشی از اثرات خشکی را بر گندم کاهش دهد. براساس نتایج مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار بذر یک تکنیک آسان و با خطر پایین است که ممکن است به عنوان راه حلی برای بهبود مشکلات خشکی در کشاورزی استفاده شود.

منابع

Abbate, P.E., Andrate, F.H., Lazaro, L., Briffi, J.H., and Berardocco, H.G. 1998. Grain yield increase in recent Argentine wheat cultivars. Crop Science 38: 1203-1209.

Bartels D., and Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. Critical Review in Plant Science 24: 23–58.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-107.

Blum, A., Simmena. B., Mayer. J., Golan. G., and Shpiler, L. 1994. Stem reserve mobilization support wheat-grain filling under heat stress. Australian Journal Plant Physiology 21: 771-781.

Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M.N. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedling. Plant Physioogy 126: 1024-1030.

Chen, C., and Dickman, M.B. 2005. Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen Colletotrichum trifolii. PNAS 102: 3459-3464.

Dat, J,F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H., and Scott, I.M. 2000. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. Journal Plant Physiology 156: 659-665.

Drazic, G., Mihailovic, N., and Lojic, M. 2006. Cadmium accumulation in *Medicago sativa* seedlings treated with salicylic acid. Biology Plant 50(2): 239-244.

Ebrahimzadeh, L., Farahbakhsh, H., and Arvin, S.M.J. 2009. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and development to exogenous application of plant growth regulators. Plant Ecophysiology 2: 57-61.

EL-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant, Growth Regulation 45: 215-225.

Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reducutase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41(2): 281-284.

Ghoulam, C.F., Ahmed, F., and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experiment Botany 47: 139-150.

Hanson, A. D., and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. Ann. Review Plant Biology 33: 163-203.

Hayat S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid - A Plant Hormone. Springer 410 pp.

Hussein, M.M., Balbaa, L.K., and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Research Journal of Agricultural Biological Science 3: 321-328.

Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D.C., Jenkins, C.L.D., Condon, A.G., Richards, R.A., and Dolferus, R. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant, Cell and Environment 33: 926-942.

Kang, H.M., and Saltveit, M.E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedlings leaves and roots are differently affected by salicylic acid. Physiologia Plantarum 115: 571-576.

Kaydan, D., Yagmur, M., and Okut, N. 2006. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi 13: 114-119.

Larque-Saavedra, A., and Martin-Mex, R. 2008. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants: IN Salicylic acid- A Plant Hormone (eds. Hayat, S and Ahmad, A, 2007) Springer p. 15-23.

Lutts, S., Kint, J.M., and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oriza sativa* L.*)* cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 78: 389-398.

Maibangsa, S., Thangaraj, M., and Stephen, R. 2000. Effect of brassinosteriod and salicylic acid on rice grown under low irradiance condition. Indian Journal Agriculture Research 34: 258-260.

Maiti, R.K., Moreno-Limon, S., and Wesche-Ebeling, P. 2000. Responses of some crops to various abiotic stress factors and its physiological and biochemical basis of resistances. Agriculture Review 21: 155-167.

Majer P., Sass, L., Lelley, T., Cseuz, L., Vass, I., Dudits, D., Pauk, J. 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. Acta Biologica Szegediensis 52: 97-100.

Maria, E.B., Jose, D.A, Maria, C.B., and Francisco, P.A. 2000. Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. Physiologia Plantarum 110: 503-511.

Mary, J.G., Jeffrey, C.S., Katherine, O.B., and Edward, S. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science 41: 327-335.

Metwally, A., Finkmemeier, I., Georgi, M., and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology 132: 272-281.

Molnar, I., Gaspar, L., Sarvari, E., Dulai, S., Haffman, B., Molnar, L.M., and Galiba, G. 2004. Physiological and morphological response to water stress in *Aegilops biuncialis* a *Triticum aestivum* genotype with differing tolerance to drought. Functional Plant Biology 31: 1149-1159.

Nemeth, M., Janda, T., Horvath, E., Paldi, E., and Szalai, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science 162: 569-574.

Pireivatlou, A. S., Dehdar Masjedlou, B., and Ramiz, T. A. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. African Journal Agriculcheral Research 5: 2829-2836.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Research 86: 185-198.

Renu, K.C., and Devarshi, S. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than susceptible wheat cultivar under field conditions. Journal Environmental and Experimental Botany 60: 276–283.

Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal Agronomy and Crop Science 186: 63-70

Sarvajeet, S.G., and Narendra, T. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in a biotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 3: 1-22.

Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2002. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant, Growth Regulation 30: 157-161.

Shakirova, F.M., Shakhbutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdionova, R.A., and Fatkhutdionova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant, Growth Regulation 39: 137-141.

Tasgin, E., Atic, O., and Nalbantoglu, B. 2003. Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant, Growth Regulation 41: 231-236.

Uhart, S.A., and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development to dry matter-partitioning and kernel set. Crop Science 35: 1376-1383.

Zarea- Feizabady, A., and Ghodsi, M. 2004. Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes in Khorasam province in Iran. Journal of

Agronomy 3: 184-187.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 171

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 171

The allelopatic effects of aqueous extracts and decay durations of sunflower on germination and growth of dodder (*Cuscuta compestris* Yuncker.)

S.M. Seyedi[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], R. Shahriari[1], M. Azad[3] and L. Jafari[4]

Submitted: 28-06-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to evaluate the allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annus L.*) organs on germination and growth of dodder (*Cuscuta compestris* L.), series studies were conducted in three separate experiments; as factorial based on Completely Randomized Design (CRD) with three replications for each experiments. First experiment was conducted in petri dishes and consisted of sunflower organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations at 11 levels (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10%). Second experiment was conducted in pots and factors were include of sunflower organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations at five levels (0, 2.5, 5, 7.5 and 10%). Third experiment was sunflower organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and decay durations at 8 levels (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days decay and control). In three experiments, dry weight and length of seedling, number of abnormal seedlings, percentage and rate of dodder germination were examined. Results of three experiments showed that leaf and stem in comparison with other sunflower organs had more allelopatic effects on mentioned traits of dodder. In addition, sunflower organs had more allelopatic effects on percentage and rate of germination and percentage and rate of emergence in compared with other studied traits.

Keywords: Emergence rate, Germination percentage, Germination rate, Parasitic weed

1, 2 and 3- PhD student in Crop Ecology, Professor and MSc Graduated student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
4- Instructor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Iran.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 172

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 172

Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity

A. Koocheki[1], F. Fallahpour[2*], S. Khorramdel[3] and L. Jafari[4]

Submitted: 28-06-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to evaluate the effects of yield and yield components and weed diversity and density in row intercropping for wheat and canola, a field experiment was conducted based on a complete randomized block design with three replications at the Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran during two growing seasons of 2008-2009 and 2009-2010. Treatments included four patterns of row intercropping of wheat and canola (one row of wheat + one row of canola (1:1), two rows of wheat + two rows of canola (2:2), three rows of wheat + three rows of canola (3:3) and four rows of wheat + four rows of canola (4:4)) and their monoculture. Results indicated that the row intercropping patterns affected weed dry matter and Shannon index. The maximum and the minimum weed dry matter were observed in monoculture of wheat and 3:3 of wheat and canola, respectively. The highest and the lowest relative frequency were obtained for common Knotgrass (*Polygonum avicular* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.) with 42.86 and 3.57, respectively. The maximum values of Shannon index were observed in monoculture as the highest and the lowest Shannon index were obtained in monoculture of wheat (with 0.86%) and 2:2 combinations of wheat and canola (with 0.66%). The highest biological yield and grain yield were obtained in monoculture and then 3:3 pattern of wheat (12894.47 and 4230.72 $kg.ha^{-1}$ for biological yield and grain yield, respectively) and canola (9231.07 and 3333.49 $kg.ha^{-1}$ for biological yield and grain yield, respectively). The highest amount of wheat and canola harvest index were observed in 1:1 and 4:4 patterns with 58.34 and 53%, respectively. Row intercropping of wheat with canola improved crop diversity and decreased number of weed species, density and population. In general, combination of three rows of wheat and three rows of canola was the most promising intercropping treatment.

Keywords: Harvest index, Relative frequency, Shannon index

1, 2, 3 and 4- Professor, PhD Student in Agroecology, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran respectively.
4- Instructor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Iran.
(*- Corresponding author Email: farnoush.fallahpour@stu.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 173

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 173

Effects of different amounts of nitrogen and plant density on yield, yield components and seed oil percentage of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.)

E. Moradi Marjane[1*], M. Banayan Aval[2], P. Rezvani Moghaddam[3] and J. Shabahang[4]

Submitted: 21-07-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to study the effects of different amounts of nitrogen and plant density on yield, yield components and seed oil percentage of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) an experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with two factors and three replications at Agricultural Research Field Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season 2010-2011, The main factor nitrogen fertilizer included three levels 150, 250 and 350 kg.ha^{-1}and the subfactor plant density, included three levels 2.5, 1.25 and 0.62 plant.m^{-2}.Test results showed that nitrogen fertilizer had no significant effect on fruit yield and 1000-seed weight, but plant density had significant effect on Pumpkin yield. Between different densities 2.5 plant.m^{-2} was significantly increased seed yield and fruit yield. The interaction results showed that 250 kg of nitrogen /ha in density 2.5 plant.m^{-2} achieved the highest seed yield. Also the highest oil percentage and oil yield was in density 1.25 plant.m^{-2}. These results indicated that, the optimal amount of fertilizer was 250 kg of N.ha, which achieved the highest seed and oil yield in pumpkin. Plant density lower than 1 plant.m^{-2} did not had significant effect on yield improvement.

Keywords: Fruit, Harvest index, Herbal Plant, Oil yield

1, 2, 3 and 4- MSc student in Agronomy, Associate Professor, Professor, and PhD student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Moradi.elahe@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 174

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 174

Study of competition ability of amaranth (*Amaranthus* spp.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) in intercropping system by using competition indices

A. Bahari[1], A. Aynehband[1*] and E. Fateh[3]
Submitted: 21-07-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to study the competition ability of amaranth and mungbean in fodder intercropping system under different crop residue management, a field experiment was conducted at two seasons (first planting of wheat and then intercropping management) in Agricultural Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz during growing season of 2010-2011. The experimental design was split plot based on randomized complete block design with three replications. Three crop residue managements were in main plot and five planting ratios were in sub-plot. Eight indices of the competition abilities were measured. The results showed that the highest intercropping fodder yield (1347.6 $g.m^{-2}$) and LER (1.27) were obtained in residue incorporated and 50% planting ratio of each crop. Residue burning increased variation of CR, reduced RLO and RCI and also, had the highest RYL. In higher planting ratio, the aggrissivity of amaranth was more than mung bean. In treatments with highest forage yield, amaranth and mungbean were dominant and non-dominant crops, respectively. In conclusion, amaranth was more influenced by residue management methods and planting ratios than mung bean and also, its competition ability had more variation in compared by mung bean.

Keywords: Aggressively, Forage yield, Land equivalent ratio, Relative crowding coefficient

1, 2 and 3- MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding author: aynehband@scu.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 175

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 175

The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Altheae officinalis* L.)

A.A. Sadeghi[1]*, K. Bakhsh Kelarestaghi[2] and K. Hajmohammadnia Ghalibaf[3]

Submitted: 10-01-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

In order to investigate the effects of vermicompost and chemical fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of marshmallow (*Altheaeofficinalis* L.), a field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2012. Experimental treatments were designed based on 3 levels of vermicompost (0, 5 and 10 t ha^{-1}) and 5 levels of nitrogen fertilizer (0, 25, 50, 75 and 100% of 200 kg N ha^{-1}). Results indicated that applied vermicompost had significant effects on increasing leaf area, flower weight per plant and grain yield of marshmallow. Flower weight per plant and grain yield of marshmallow was increased by 2 to 3 times by applying vermicompost at 10 t. ha^{-1}, as compared to control treatment. In addition, nitrogen fertilizer had a significant effect on increasing flower weight per plant and grain, mucilage and oil yields of marshmallow. It seems that applying vermicompost can be suitable strategy in reducing the problems caused by excessive using of chemical fertilizers.

Keywords: Leaf area, Medicine plant, Mucilage yield, Nitrogen content, Oil yield, Vermicompost

1, 2 and 3- MSc student, Azad University of Mashhad; Assistant Professor, Azad University of Mashhad; and Lecturer, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: asadeghi20@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 176

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 176

Evaluation of integrated impact of sulfur and *Thiobacillus* on qualitative and morphological characteristics of safflower (*Carthamustinctorius*L.)

F.S. Noorbakhsh[1], M.A. Behdani[2*], M. Jami Al-Ahmadi[2] and S. Mahmoodi[2]

Submitted: 01-02-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

Considering high alkalinity of Iranian soils and lack of availability of some nutrients in those conditions, sulfur consumption is one approach to increase the availability of insoluble nutrients especially in calcareous and alkaline soils. Effectiveness of sulfur depends on activity of sulfur oxidizing bacteria especially *Thiobacillus* genus (T). In order to study the qualitative yield and morphological characteristics of safflower (*Carthamustinctorius* L.), a field experiment was carried out as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Birjand University during growing season 2010-2011. Treatments were including four sulfur levels (0, 300, 400 and 500 $kg.ha^{-1}$) and four levels of *Thiobacillus* (0, 1, 2 and 3 $kg.ha^{-1}$ per 100 $kg.ha^{-1}$ organic sulfur). Studied traits were height and diameter of stems and qualitative characteristics of safflower such as protein and oil contents in seed and sulfur and phosphorus concentrations in leaf. Results showed that the effect of sulfur and biosulfur with *Thiobacillus*as a biofertilizer and their interaction effects were significant ($p\leq0.01$) on oil and protein contents of seed, phosphorus and sulfur concentrations of leaf, and also on height and stem diameter of safflower. The highest seed protein content was observed in 500 $kg.ha^{-1}$sulfur with 20.4% and the lowest was for control plots with 17.1%. The minimum oil content was recorded in control plots (18.7%) and the highest improvement compared to control was obtained in 500 $kg.ha^{-1}$sulfur with 26%. The highest height and stem diameter of safflower were observed in 400 and 500 $kg.ha^{-1}$sulfur with 3 $kg.ha^{-1}$*Thiobacillus*. So, it seems that integrated application of sulfur with *Thiobacillus* inoculation is an ecological strategy for improving of qualitative and quantitative growth and producing of oil crops such as safflower.

Keywords: Biofertilizer, Nutrient availability, Oil crop, Oxidizing microorganisms

1and 2- MSc student of Agroecology and Associate Professor, Departmentof Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding Email author: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 177

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 177

Effect of different levels of environmental protection on plant species diversity

A.R. Bagheri[1]*, R. Ghorbani[2], M. Banayan Aval[2] and U. Schaffner[3]

Submitted: 01-02-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

Considering the importance of biodiversity conservation and protection assessment activities, the present filed study was conducted with aim to compare vegetation diversity of two areas with different levels of protection including Ghorkhod protected area with seasonal grazing and Golestan National Park without grazing, during spring and summer of 2011. Four replications were selected in each area and a modified Whittaker plot with four spatial sampling scales was fitted. Results showed that mean species richness had significant differences between two studied areas. In addition, mean species richness trend between different sampling scales at two study areas were significantly different. Moreover, plant canopy cover also showed significant differences between the two studied areas which it was higher in Golestan National Park. However, comparing the evenness and diversity indices of Shannon, Simpson, Smith-Wilson and Camargo were not different in two studied areas. For a more detailed review, as well as understanding of the distribution of species, SHE analysis method was used at species and family levels. Based on the results of distribution pattern in both areas, the study was followed by a lognormal model. The proportion of the component of the species richness was greater than component of the evenness. Distribution pattern of plant families followed by log series and lognormal models, also the proportion of the components of the species richness and evenness on the diversity in families were almost similar. In general it can be said that the more protection level of Golestan National park were lead to greater protection of species diversity**.**

Keywords: National park, Protected area, Species richness, Utilizing intensity

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
4- Head Ecosystems Management, CABI, Switzerland
(*- Corresponding Author Email: a.bagheri@razi.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 178

Evaluation of replacement intercropping of soybean (*Glycine max* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) under weed infestation

M. Bagheri Shirvan[1*], F. Zaefarian[2], B. Bicharanlou[3] and G.A. Asadi[4]

Submitted: 21-01-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

In order to evaluate intercropping of soybean (*Glycine max* L. cv. JK) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) with weed interference, an experiment was performed in randomized complete block design with 12 treatments and three replications at a field located 10 km of Shirvan during year of 2011. The treatments were included 75% soybean: 25%sweet basil, 50%soybean: 50% sweet basil, 25% soybean: 75% sweet basil, 75% soybean: 25% borage, 50% soybean: 50% borage and 25% soybean: 75% borage under weed infestation, in addition sole cropping of plants under weed control and weed interference. Intercropped plants had more success in reduction of weed density and biomass compared to monoculture. Soybean50: sweet basil50, reduced the weed density by 47.95% and 52.9%, and reduced the weed biomass by 68.91% and 61.87% more than sweet basil and soybean pure stand, respectively. Investigation of dry matter accumulation showed that increasing of plant proportion in intercropping caused increasing of plant dry matter. The height of soybean and borage was increased in intercropping and weed interference, while the highest height of sweet basil was observed in monoculture at second harvest. Biological and economical yield of soybean in intercropping with sweet basil was higher than intercropping with borage. The highest harvest index was related to 50:50 soybean: sweet basil ratio. In this ratio, the harvest index increased 4.9% compared to soybean monoculture. Yield of sweet basil and borage decreased with increasing of soybean rows in intercropping. Based on area-time equivalent ratio, soybean 75% with sweet basil and borage 25% (based on borage seed yield) had 3% and 4% advantage compared to monoculture.

Keywords: Area-time equivalent ratio, Dry matter accumulation, Weeds control

1,2,3 and 4- Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Department of Plant Pathology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan and Assistant Professor, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author E-mail: bagheri_mi@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 179

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 179

Date of planting and seeding rate effects on quantitative and qualitative characteristics of turnip in agro forestry compared to mono cropping systems

M.R. Chaichi[1*], R. Keshavarz Afshar[2] and S. Ghanbarzadeh[3]

Submitted: 28-04-2011
Accepted: 29-10-2012

Abstract

Agroforestry is one the aspects of sustainable agriculture in which multiple cropping of perennial trees in mixture with crops guarantees the environmental, economical and social sustainability in rural communities. High demands for forage in Northern provinces of Iran lead to agroforestry in citrus orchards as a potential mean for forage production through agroforestry systems. This research was conducted to determine the best planting date and seeding rate of turnip in agroforestry and mono cropping systems. The treatments were arranged as split factorial based on a completely randomized block design with three replications. The cropping systems (agroforestry and mono cropping) were assigned to the main plots and the factorial combinations of planting dates (March 10th, March 25th, and April 9th) and seeding rates (1, 2, and 4 kg seed ha^{-1}) were randomly assigned to the subplots. The results of the experiment showed that as the seeding rate increased to 4 kg.ha^{-1}, a significant increase (by 5%) in total forage production was observed in both cropping systems. A decreasing trend in forage production was observed in latter planting dates for both cropping systems; however, this decrement in mono cropping was more severe than agroforestry system. In later planting dates the water soluble carbohydrates and forage dry matter digestibility increased but ADF decreased. The results of this experiment indicated a great potential for forage production in citrus orchards of the northern provinces of the country through agroforestry systems.

Keywords: Forage quality, Tuber, Citrus orchards, Sustainable agriculture, Mazandaran

1, 2 and 3- Professor, PhD student of Crop Ecology and Former student of Agronomy, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rchaichi@ut.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 180

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 180

Evaluation of some advanced wheat lines (F_7) in normal and drought stress conditions

R. Nikseresht[1]*, A. Mohammadi[2], E. Majidi Heravan[3] and K. Mostafavi[2]

Submitted: 28-04-2011
Accepted: 29-10-2012

Abstract

For assessment of drought stress effects on agro characteristics of 30 lines and 6 wheat cultivars and for introducing of drought tolerant and susceptible ones one trial were established using split plot base of randomized complete block design with two replications, main plots were stress and non-stress condition and sub plots contain 30 lines and six wheat cultivars in the check trial, irrigation the farm was done with the normal regime, but in stress trial for germination of seeds and one irrigation in Isfand to the end of rooting the farm was irrigated. Within and end of growth season we measured some agronomic and morphological characters such as yield and its component, height, peduncle length, and etc. Responses of cultivars under stress and non-stress conditions were' different, for example drought stress reduced yield. In spite of this general yield reducing, we found some line, such as 2, 29, 23 had relatively high yield (in tree levels). In order to final evaluate using Factor Analysis, Principal Component, Cluster Analysis .Factor Analysis indicated that four important factors accounted for about 80.245 and 79.624 percent of the total variation among traits in normal and drought stress conditions. With cluster analysis of 36 lines and cultivar using Ward procedure based on Euclidean distance were grouped in 4 distance cluster.

Keywords: Drought tolerance, Agro characteristics, Grain yield

1 and 2- MSc Former Graduate Student and Professor of Plant Breeding, Department of Agronomy and Pant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, respectively.
3- Professor of Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran.
(*- Corresponding author Email: reza.nikseresht@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 181

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 181

Investigation of quantitative and qualitative characteristics of green pea (*Lathyrus sativus* L.) and nutrifed millet (*Pennisetum* sp.) forage in different cultivation patterns

N. Pakgohar[1], A. Ghanbari[2] and H. Farahbakhsh[3*]

Submitted: 14-05-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

One of the most effective ways to reach yield stability with low input is increasing diversity through utilizing intercrops in Agro-ecosystems. A field experiment based on a randomized complete block design with six treatments and three replications and two crops, green pea and nutrifed millet, was carried out at Research Farm of Agriculture and Natural Resources of Kerman during growing season 2011-2012. The sole cultivation of green pea and millet, 25+75, 50+50, 75+50% of substitutional intercrops and mixed cultivation (50:50) of seeds on each row constituted the experimental treatments. Results showed that all the measured traits including dry forage yield, land equivalent ratio, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, ash and crude protein were significantly affected by the experimental treatments. The highest dry forage yield was recorded for sole millet, 25% green pea+ 75% millet and 50+ 50 % treatment without significant difference other among them. The difference between sole crop of green pea with 75% green pea+ 25% millet was not significant for crude protein. Increasing green pea percentage in intercrop resulted in Neutral detergent fiber reduction. The highest value of LER obtained from25% green pea+ 75% millet that had no significant difference with that of 50% green pea+ 50% millet. Based on the results of this experiment it could be concluded that the intercrop of 50% green pea+ 50% millet resulted in increase in the quality and quantity of forage yield.

Keywords: Ash, Crude protein, Land equivalent ratio, Planting ratio, Soluble fiber

1, 2 and 3- MSc Student in Agroecology, Professor, Agronomy in Agriculture Faculty Agriculture, Zabol University and Associate Professor, Agronomy in Agriculture College of Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hfarahbakhsh@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 182

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 182

Effect of different levels of municipal solid waste compost and nitrogen on some grain elements concentration of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*) and some soil properties under Marvdasht climatic conditions

A. Mojab Ghasrodashti[1], H.R. Balouchi[2*], A. Yadavi[2] and M. Ghobadi[3]

Submitted: 11-05-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

This experiment was conducted in order to study the influence of different levels **of** municipal solid waste compost and nitrogen rate on grain quality of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*) and some soil properties under Marvdasht conditions during growing season of 2008-2009. The experiment was arranged as split plots based on a randomized complete block design with two factors and three replications. Main plot included five levels of nitrogen fertilizer (100, 150, 200, 250 and 300 kg $N.ha^{-1}$) and sub plots included four levels of municipal solid waste compost (10, 20, 30 and 40 $t.ha^{-1}$). The Results showed that the highest fresh ear and grain yield resulted from application of 200 kg $N.ha^{-1}$ and 40 $t.ha^{-1}$ compost. The grain quality analysis showed that nitrogen had significant effect on grain nitrogen percent and had not significant effect on grain phosphorus and nitrogen content. Also, compost had significant effect on grain nitrogen and phosphorus percent but had no significant effect on grain potassium percent. Soil analysis results showed that effect of compost on organic matter, EC and pH and interactions between nitrogen and compost were significant only on soil nitrogen, potassium and phosphorus percent. Nitrogen had no significant effect only on soil nitrogen percent. Also, the results showed that optimum amount of grain nitrogen and phosphorus percent were gained by using 40 $t.ha^{-1}$ municipal solid waste compost and optimum amount of grain potassium percent was achieved by using 30 $t.ha^{-1}$ municipal solid waste compost. Application of 250 kg $N.ha^{-1}$ and 40 $t.ha^{-1}$ municipal solid waste compost consequences to optimum amount of soil nitrogen and potassium was gained and optimum amount of soil phosphorus was gained in 150 kg $N.ha^{-1}$ and 40 $t.ha^{-1}$ municipal solid waste compost treatments. In general, to achieve the optimum growth of this crop in similar soils, application of 250 kg $N.ha^{-1}$ and 40 $t.ha^{-1}$ municipal solid waste compost treatments could be recommended.

Keywords: Electrical conductivity, Organic matter, Phosphorus, Potassium

1, 2 and 3- M.Sc. Student of Agronomy, Assistant Professor, Ph.D. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: balouchi@yu.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 183

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 183

Effect of water stress and harvesting stages on quantitative and qualitative yields of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

A. Ahmadian[1]* and S. Nourzad[2]
Submitted: 23-05-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to study the effect of drought stress and harvesting stages on quantitative and qualitative yields of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) this experiment was conducted on split plot based on a randomized completely block design with 3 replications in Torbat-e Heydariyeh University, Iran, during growing season of 2010-2011. Treatments were drought stress (in three levels no stress: control and irrigation in 60 and 30 percentage of FC) as main plots and harvesting times (in 3 levels consist of: before flowering, flowering and after flowering) as sub plots. Results showed that drought stress and harvesting stages had significant affected on leaf number, height, number of stem, wet and dry weight of plant, SPAD, proline content, carbohydrate content, essential oil yield and percentage and components of essential oil of coriander. Increasing water stress decreased yield and its components while enhanced proline and carbohydrate contents. Maximum of essential oil and its main components (linalool, alpha pentene, gamma terpinene, geranial acetate and camphor) were in low stress that had significant difference with other stress treatments. Delaying in harvest enhanced yield and its components and essential oil percentage. Proline content had no significant difference between flowering and after flowering stages. Therefore, we can suggest low stress of water and harvest at after flowering stage to get maximum of yield.

Keywords: Essential oil, Growth stages, Mineral elements, Water deficit

1 and 2- Assistant Professor Department of Plant Production and MSc in Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Torbat-e Heydariyeh, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Aahmadian59@torbath.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 184

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 184

Evaluation of yield and agronomic traits of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes in different sowing dates at Kerman region

J. Ghanbari[1*] and G.R. Khajoie Nejad[2]
Submitted: 02-06-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to study the effects of different sowing dates on yield potential of cumin ecotypes and to appoint the best sowing dates of cumin at Kerman, the present experiment was performed base on RCBD with split plot arrangement and 3 replications during growing season of 2011-2012. Different sowing dates (25th December, 9th January, 24th January, 8th February and 23th February) as main plot, and different cumin ecotypes (Semnan, Fars, Yazd, Golestan, Khorasan Razavi, Khorasan Shomali, Khorasan Jonoubi, Isfahan and Kerman) were used as sub plot. Effects of sowing dates were significant on all traits except number of umbel per plant. Most of the measured characteristics such as 1000-seed weight, biological, seed and straw yields and harvest index were significant among the different ecotypes. The interaction effects of sowing dates and different ecotypes were also significant on all traits except 1000-seed weight. Change in rank interaction was seen for some of the traits. According to the results, Kerman ecotype in 23rd February showed significantly the best performance in yield than other ecotypes, so considering to better response of Kerman ecotype to Kerman region, further scientific study for introducing to the farmers can be recommended in South East of Iran.

Keywords: Medicinal plant, Planting date, Yield components

1 and 2- 1 - M.Sc. Student in Agronomy, Member of Young Researcher Society and Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Jghanbari_62@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 185

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 185

Effects inoculation of mycorhizae species and irrigation levels impacts on growth criteria, yield and water use efficiency of corb (*Zea mays* L.)

M.R. Amerian[1*], M.S. Yousefsani[2], and A. Koocheki[3]
Submitted: 04-06-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

Water deficiency is one of the most important factors for limiting crop yield in arid and semiarid regions. Symbiosis with a variety of microorganisms in these regions is one of the modern ecological approaches for sustainable agriculture to reduce damages caused by environmental stresses. Symbiotic of arbuscular mycorrhizal fungi (AM) with the roots of crops has shown positive effects on agricultural systems. In order to study the effects of inoculation with two species of mycorrhizal fungi and irrigation levels on root growth criteria and water use efficiency of corn, an experiment was performed as split plots based on a complete randomized block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2008-2009. Treatments included two mycorhizae inoculation (*Glomus mosseae* and *G. intraradices* and control) and four irrigation levels (25, 50, 75 and 100% of water requirement). Grain yield, root specific length, the percentage of root colonization and water use efficiency based on grain yield of corn were measured. The results showed that the effect of mycorrhizae inoculation was significant on ($p \leq 0.05$) root specific length, grain yield and water use efficiency of corn. Mycorrhizae species had no significant effect on root colonization percentage of corn. Different irrigation levels had significant effect on grain yield, special length root, the percentage of root colonization, and water use efficiency of corn ($p \leq 0.05$). Generally, the results showed that mycorrhizae inoculation in water deficiency conditions, can increase the uptake of water and nutrients by developing the root and increasing the absorbing surface. In this way, not only the plant tolerance against the water deficiency increases, but also more yield will be produced for a specific value of water, which means the water use efficiency increases. Furthermore, the use of water will be decreased.

Keywords: Grain yield, Percentage of colonization, Special length root

1, 2 and 3- Assistant Professor, MSc student, Agronomy Department, College of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, and professor in agronomy, Faculty of agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Amerianuk@Yahoo.co.uk)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 186

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 1، بهار 1393، ص. 186

Evaluation the effect of seed priming by salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions

M. Naghizadeh[1*] and M. Gholami Tooran Poshti[2]

Submitted: 04-06-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

To evaluate the response of wheat to drought stress and salicylic acid, this field experiment was carried out at the Experimental Farm of College of Agriculture, University of Shahid Bahonar Kerman, Iran in 2011-2012, in a split-plot arrangement using completely randomized block design with four replications. Main plot was irrigation (normal irrigation and cut off at flowering) and sub plot was salicylic acid (0, 0.1 and 0.5 mM). The results of analysis of variance showed that drought stress significantly reduced relative water content (35%), fertile spikes per m^{-2} (10%), grain per spike (25%), 1000 grain weight (30%), grain yield (65%) and biological yield (40%). Results also showed that drought stress increased electrolyte leakage (55%) as well as proline contentof flag leaf (60%). In contrast, salicylic acid significantly increased relative water content, grain yield, biological yield as well as proline content of flag leaf and also reduced electrolyte leakage. However, the effect of 0.5 mM was more pronounced. Therefore, it is concluded that seed treatment with salicylic acid may promote resistance of wheat under drought conditions via maintaining cellular membrane integrity and increasing proline content.

Keywords: Proline, Electrolyte leakage, Relative water content

1 and 2- Assistant Professor, University of Shahid Bahonar and PhD student in Crop Physiology, faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: msnaghizadeh@gmail.com)