نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۱۵-۱

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 1-15

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط استفاده از گیاهان پوششی خلر (*Lathyrus* sp.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum* L.)

محسن جهان[1*]، معصومه آریایی[2]، محمد بهزاد امیری[3] و حمید رضا احیایی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

استفاده از گیاهان پوششی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه از جمله عوامل مؤثر در ارتقاء سلامت کشت‌بوم‌ها به شمار می‌روند. به منظور بررسی اثر گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. گیاهان پوششی (کشت و فقدان کشت خلر و شبدر ایرانی) و چهار نوع کود بیولوژیک مختلف (شامل: نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوفسفر (دارای باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، بیوسولفور (*Thiobacillus* spp.) و شاهد (عدم استفاده از کود)) به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر گیاهان پوششی بر تعداد و وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود، به طوریکه باعث افزایش نه درصدی عملکرد دانه شد. به طور کلی، کودهای بیولوژیک در اکثر صفات مورد مطالعه در مقایسه با شاهد برتری داشتند. تیمارهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب باعث افزایش ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند. اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب در تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور (۲۲/۱ درصد) وکشت و فقدان کشت گیاهان پوششی به علاوهٔ شاهد (۱۵/۳ درصد) بدست آمد. بیشترین درصد روغن و پروتئین دانه به ترتیب در تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور (۴۲/۴ درصد) و گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر (۲۲/۵ درصد) حاصل شد. به طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که با استفاده از گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک به عنوان جایگزینی بوم‌سازگار برای کودهای شیمیایی در کنار دست یافتن به مزایای ناشی از گیاهان پوششی، می‌توان یک نظام زراعی متکی بر نهاده‌های طبیعی طراحی و اقدام به تولید سالم کنجد نمود.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، روغن دانه، کود بیولوژیک

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یکساله، خودگرده‌افشان و متعلق به خانواده پدالیاسه[5] است (Uzan et al., 2008; Hahm et al., 2009). این گیاه با سطح زیرکشت جهانی ۶/۵ میلیون هکتار و تولید سالانه سه میلیون تن دانه یکی از مهمترین محصولات دانه‌روغنی جهان محسوب می‌شود (FAOSATAT, 2005). هند، سودان، میانمار و چین از مهمترین مراکز تولیدکننده کنجد به شمار می‌روند (Rajeswari et al., 2010). دانه کنجد دارای ۵۰ درصد روغن، ۲۵ درصد پروتئین (Rajeswari et al., 2010) و غنی از مواد معدنی نظیر کلسیم، فسفر و ویتامین E (Obiajunwa et al., 2005; Khazaei & Mohammadi, 2009) می‌باشد. دانه، روغن و کنجاله کنجد دارای کاربردهای متعدد تغذیه‌ای و صنعتی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به کاربرد در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی، رنگرزی، شیرینی‌پزی و استفاده در ترکیب حشره‌کش‌ها اشاره کرد (Uzan et al., 2008; Rangkadilok et al., 2010; Khazaei & Mohammadi, 2009; Hahm et al., 2009; Shenoy et al., 2011). روغن کنجد به خاطر دارا

۱، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکترای اگرواکولوژی و دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)

5 - Pedaliaceae

بودن آنتی‌اکسیدانت‌های قابل حل در چربی نظیر سسامول[1]، سساموِلین[2] و سسامینول[3] نقش بسزایی در تأمین سلامتی بشر ایفا می‌کند (Shenoy et al, 2011; Rajeswari et al., 2010; Rangkadilok et al, 2010)؛ از اینرو، به ملکه دانه‌های روغنی معروف شده است (Debnath et al., 2007).

یکی از مهمترین ویژگی‌های کشاورزی رایج، استفادهٔ بیش از حد از نهاده‌های شیمیایی و مصنوعی است که ضمن افزایش تولید (Glendining et al., 2009; Ruegg et al., 2007)، آلودگی‌های زیست محیطی، آبشویی نیتروژن، تخریب ساختمان خاک، کاهش تنوع زیستی و اختلال در کارکردهای اکوسیستم را به همراه داشته است (Kumar et al., 2009; Singh et al., 2011; Adesemoye et al., 2010). در دهه‌های اخیر، روند توجه به سلامت محیط زیست افزایش یافته و راهکاری تحت عنوان کشاورزی پایدار مطرح گردیده است (den Hollander et al., 2007). کشاورزی پایدار، مدیریت صحیح منابع کشاورزی در جهت تأمین نیازهای انسان همراه با حفظ و بهبود کیفیت محیط زیست است (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2009).

مدیریت تلفیقی عناصر غذایی، راهکاری مطلوب برای کاهش مشکلات زیست محیطی است (Adesmoye et al., 2008)، لذا در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک به عنوان راهکاری مناسب برای مدیریت خاک و نیل به اهداف کشاورزی پایدار مطرح گردیده‌اند (Alcantara et al., 2011; Malezieux et al., 2009). از جمله مزایای کشت گیاهان پوششی می‌توان به جلوگیری از آبشویی نیتروژن در پاییز و زمستان (Dean & Weil, 2009; Kremen, 2006)، بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (Sarrantonio & Gallandt, 2003)، کاهش فرسایش خاک (Gabriel & Quemada, 2011)، کنترل علف‌های هرز (Isik et al., 2009) و بیماری‌های خاک‌زاد (Campiglia et al., 2010)، حفظ رطوبت خاک (Alcantara et al., 2011)، افزایش مواد آلی خاک (Carof et al., 2007)، تعدیل درجه حرارت روزانه خاک (Hiltbrunner et al., 2007)، افزایش تنوع زیستی (Picard et al., 2010) و در نهایت، افزایش عملکرد محصولات زراعی (Sainju et al., 2006; Blaser et al., 2006) اشاره کرد. بقولات از مؤثرترین گیاهان پوششی به شمار می‌روند، به طوریکه توصیه می‌شود حتی در صورت انتخاب گیاهی غیر از بقولات به عنوان گیاه پوششی، برای جلوگیری از کاهش نیتروژن، کشت آن‌ها به صورت مخلوط با بقولات انجام شود (Bergkvist et al., 2011; Kuo & Jellum, 2002). در کشاورزی ارگانیک نیز استفاده از بقولات به عنوان گیاه پوششی بدلیل توانایی آن‌ها در تثبیت نیتروژن هوا مورد توجه قرار گرفته است (Hiltbrunner et al., 2007; den Hollander et al., 2007; Hooker et al., 2008). گابریل و کومادا (Gabriel & Quemada, 2011) گزارش کردند که استفاده از بقولات مختلف به عنوان گیاهان پوششی عملکرد ذرت (*Zea mays*) را افزایش داد.

به مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌های آزادزی که اثرات مثبتی بر تحریک رشد گیاه دارند، ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[4] گفته می‌شود (Piromyou et al., 2011). از معروف‌ترین جنس‌های این باکتری‌ها می‌توان *Azospirillium*، *Azotobacter*، *Bacillus*، *Rhizobium* و *Beijerinckia* را نام برد (Pirlak & Kose, 2009). این میکروارگانیسم‌ها از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر تثبیت نیتروژن (Sahin et al., 2004; Piromyou et al., 2011)، تبدیل فسفات معدنی به آلی (Aslantas et al., 2007; Singh et al., 2011)، افزایش جذب آب و مواد غذایی (Yadegari et al., 2010)، مقابله با بیماری‌های خاکزاد (Dey et al., 2004; Singh et al., 2011)، آزاد کردن متابولیت‌ها و تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین (Egamberdiyeeva, 2005; Piromyou et al., 2011)، سیتوکینین (Aslantas et al., 2007)، جیبرلین (Gutierrez-Manero et al., 2001) و اتیلن (Pirlak & Kose, 2009) باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند. بیاری و همکاران (Biari et al., 2008) نشان دادند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (گونه‌های *Azospirillum lipoferum*، *Azospirillum brasilense*، *Azotobacter* sp. و *Azotobacter chroococcum*) ارتفاع، وزن خشک دانه و اندام هوایی، تعداد دانه در بوته و عملکرد گیاه ذرت را افزایش دادند.

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر استفاده از آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Scherer, 2001). کاهش استفاده از نهاده‌های گوگردی از یک سو و افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK از سوی دیگر، باعث بر هم خوردن تعادل گوگردی خاک‌های کشاورزی شده است، به طوری‌که برخی محققین (Kertesz & Mirleau, 2004; Anandham et al., 2007) گزارش کردند که به دلیل کمبود گوگرد، سنتز روغن، برخی پروتئین‌ها و ویتامین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه شده است.

علیرغم برخی تحقیقات که در مورد تأثیر گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشدی عملکرد بعضی گیاهان زراعی مختلف انجام شده است، اطلاعات در مورد اثرات ناشی از کاربرد همزمان آنها بر خصوصیات گیاهان روغنی نظیر کنجد بسیار اندک است. لذا این آزمایش با هدف بررسی اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد انجام گرفت.

1- Sesamol
2- Sesamolin
3- Sesaminol

4- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil physiochemical characteristics of experimental field

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) potassium Available (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (٪)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
سیلت- لومی Silt-loam	480	11	0.077	1.2	7.8

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقهٔ شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) و در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. گیاهان پوششی خلر (*Lathyrus sativus* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum L.*) در کرت‌های اصلی و سه نوع کود بیولوژیک مختلف شامل: نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azotobacter* sp.، *Azospirillum* sp.)، بیوفسفر (دارای باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، بیوسولفور (*Thiobacillus* ssp.) و شاهد (عدم استفاده از کود) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. قبل از شروع آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. آماده‌سازی زمین برای کشت گیاهان پوششی با تأکید بر خاکورزی حداقل، توسط کارگر و با بیل‌دستی انجام گرفت. گیاهان پوششی خلر و شبدر ایرانی در آذرماه ۱۳۸۸ با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و به صورت یک در میان کشت و بلافاصله آبیاری شدند. برای رشد بهتر گیاهان پوششی، یک نوبت وجین‌دستی در فرودین ماه ۱۳۸۹ انجام شد.

گیاهان پوششی پس از تکمیل دوره رویشی و قبل از ورود به دوره زایشی در اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ توسط بیل دستی به خاک برگردانده شدند. بعد از سپری شدن ۴۵ روز از برگرداندن گیاهان پوششی به خاک، آماده‌سازی زمین برای کشت کنجد به روش دستی انجام و کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب با ابعاد ۳×۱۶ و ۳×۴ متر ایجاد شدند. به دلیل ماهیت تیمارهای آزمایش، بین کرت‌های آزمایشی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد و برای هر بلوک یک جوی جداگانه جهت آبیاری، ایجاد شد. بذور کنجد با منشأ تودهٔ اسفراین از مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و در ۲۰ خرداد ماه در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر، به صورت دستی کشت شدند. همزمان با کاشت و به منظور اعمال تیمارهای آزمایش، بذور با هر یک از کودهای بیولوژیک، به میزان دو لیتر در هکتار (بر اساس توصیه شرکت سازنده) به خوبی با کودها آغشته شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد به روش نشتی و توسط سیفون انجام شدند. پس از سبز شدن (در مرحلهٔ چهار برگی)، برای حصول تراکم مناسب (چهار سانتی‌متر روی ردیف)، نسبت به تنک گیاهان سبزشده اقدام شد. برای کنترل علف‌های هرز سه نوبت وجین‌دستی به ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت انجام گرفت. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دورهٔ رشد هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

بعد از گذشت ۱۲۰ روز پس از کاشت، با آغاز مرحلهٔ رسیدگی، زرد شدن بوته‌ها و خشک شدن غلاف‌ها، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای عملیات برداشت انجام و صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و میزان روغن و پروتئین دانه کنجد اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌صدم گرم استفاده شد. روغن دانه با استفاده از روش استخراج گرم (AOAC Official Method 927.28) و پروتئین دانه بر اساس روش کجلدال (AOAC Official Method 968.06) و با استفاده از دستگاه تقطیر نیمه‌اتومات، اندازه‌گیری شدند (Horwitz & Latimer, 2005). تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 و MS Excel ver. 11 و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (Mousavi Nik, 2012).

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی به طور معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته تأثیر داشت ($p\leq$۰/۰۱)، به طوری‌که با کشت گیاهان پوششی، تعداد غلاف در بوته در مقایسه با فقدان کشت آن افزایش یافت (جدول ۲). احتمالاً گیاهان پوششی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (Sarrantonio & Gallandt, 2003; Nakhone & Tabatabai, 2008) و افزایش فراهمی مواد آلی (Hartwig & Ammon, 2002; Doane et al., 2009) محیط مناسبتری برای رشد گیاه فراهم نموده و در نتیجه باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شده‌اند. آرمسین و همکاران (Armecin et al., 2005)

طی آزمایشی شش ساله، اثر گیاهان پوششی را بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه آباکا (*Musa texilis* Nee.) مثبت گزارش کردند. اثر کودهای بیولوژیک بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به طوریکه بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار بیوسولفور (۱۷۰/۵ غلاف در بوته) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۱۴۰ غلاف در بوته) بدست آمد (جدول ۲). تیمارهای نیتروکسین و بیوفسفر نیز به طور محسوسی (به ترتیب با ۹ و ۱۱ درصد) تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک از طریق افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و گوگرد (Piromyou et al., 2011; Sahlin et al., 2004; Mohammadi Aria et al., 2010) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده‌اند. رخزادی و همکاران (Rhokhzadi et al., 2008) گزارش کردند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با *ازتوباکتر* و *سودوموناس* باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد.

نتایج مربوط به اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر تعداد غلاف در بوته، حاکی از برتری تیمار گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر نسبت به سایر تیمارها بود؛ به طوریکه باعث افزایش ۲۲ درصدی این صفت در مقایسه با تیمار فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد شد (جدول ۴). در منابع متعدد به اثرات مثبت گیاهان پوششی بر جوامع میکروبی خاک تأکید شده است (Wang et al., 2004; Ferris et al., 2004; Forge et al., 2003). احتمالاً گیاهان پوششی از طریق کاهش فشردگی خاک و افزایش مواد آلی (Carof et al., 2007; Kankanen & Eriksson, 2007) و بیوفسفر از طریق تبدیل فسفات معدنی به فسفات آلی (Jeon et al., 2003; Aslantas et al., 2007) باعث بهبود رشد گیاه شده‌اند. جهان و همکاران (Jahan et al., 2011) گزارش کردند که استفاده از کود آلی به همراه تلقیح بذور کدو پوست کاغذی با ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (*Pseudomonas* sp.، *Azotobacter* sp. و *Bacillus* sp.)، اثرات مثبتی بر خصوصیات رشدی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) داشت.

تعداد دانه در بوته

اثر گیاهان پوششی بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، به طوری‌که تعداد دانه در بوته را ۱۳ درصد کاهش داد (جدول ۲). از جمله دلایل احتمالی این موضوع می‌توان به تخلیه رطوبت خاک توسط گیاهان پوششی در بهار و اثرات دگرآسیبی آنها اشاره کرد (Kramberger et al., 2009).

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات کمی و کیفی کنجد در شرایط کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی و استفاده از کودهای بیولوژیک

Table 2- Mean comparison of some quantitative and qualitative characteristics of sesame in condition of cultivation and non-cultivation of cover crops and use of different biofertilizers

پروتئین دانه (٪) Seed protein (%)	روغن دانه (٪) Seed oil (%)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.h^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.h^{-1}$)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	تعداد دانه در بوته Seed number ($No.plant^{-1}$)	تعداد غلاف در بوته Pod number ($No.plant^{-1}$)	
14.45a	38.40a	18.85a	15291b	3335a	6.67a	19444b	157.1a*	گیاهان پوششی Cover crop
15.07a	38.11a	18.27a	17121a	3042b	6.08b	22352a	153.5b	فقدان گیاهان پوششی No cover crop
11.04b	36.01b	18.57b	20923a	3544a	7.08a	23535a	153.7c	نیتروکسین Nitroxin
20.04a	38.97ab	19.40ab	16221b	3343b	6.68b	20818c	157.0b	بیوفسفر Biophousphoros
15.11ab	39.46a	20.91a	15930b	3255b	6.51b	21883b	170.5a	بیوسولفور Biosulfur
12.84b	38.58ab	15.35c	11750c	2612c	5.22c	17355d	140.0d	شاهد Control

* در هر ستون و برای هر جزء، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

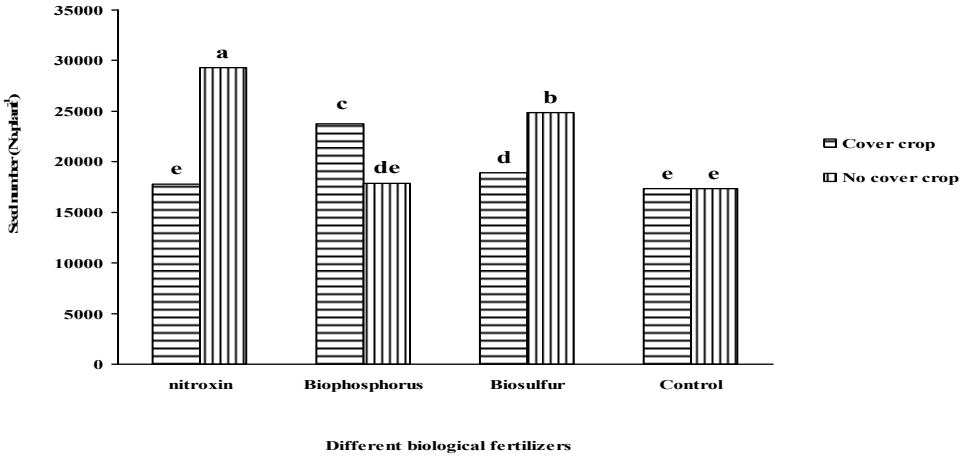
*In each column and for each component, means followed by the same letter are not significantly different ($p\leq0.05$).

جهان و همکاران (Jahan et al., 2011b) گزارش کردند که کشت گیاهان پوششی بر تعداد دانه در بوته گیاه ریحان تأثیر معنی‌داری نداشت. از نظر تعداد دانه در بوته بین کودهای بیولوژیک مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p\leq$۰/۰۱)؛ به طوریکه هر یک از کودهای بیولوژیک نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب باعث افزایش ۲۶، ۲۱ و ۱۷ درصدی تعداد دانه در بوته در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۲). بهبود خصوصیات رشدی گیاهان تلقیح شده با ریزوباکترهای محرک رشد گیاه در گزارش‌های متعددی مورد تأکید قرار گرفتند (Orhan et al., 2006; Banchio et al., 2008; Tahami, 2011; Van Loon, 2007). احتمالاً این باکتری‌ها از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین (Pirlak & Kose, 2009; Aslantas et al., 2007; Piromyou et al., 2011) ویژگی‌های رشدی گیاه از جمله تعداد دانه در بوته را افزایش داده‌اند. بیاری و همکاران (Biari et al., 200*) اظهار داشتند که تلقیح ذرت با ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (*Azospirillum* sp. و *Azotobacter* sp.) باعث افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و تعداد دانه در بوته شد.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به ترتیب در تیمارهای فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین (۲۹۲۹۸ دانه در بوته) و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد (۱۷۳۵۶ دانه در بوته) بدست آمد. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد دانه در بوته در شرایط استفاده از گیاهان پوششی به علاوهٔ کودهای بیولوژیک مربوط به قابلیت دسترسی کم نیتروژن موجود در خاک برای این باکتری‌ها باشد، به عبارت دیگر، نیتروژن حاصل از کشت گیاهان پوششی در زمان مناسب در اختیار باکتری‌ها و به دنبال آن کنجد قرار نگرفت. سینجیو و همکاران (Sainju et al., 2006) نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که تحت شرایط مختلف آب‌وهوایی در مدیریت‌های زراعی، این امکان وجود دارد که نیتروژن حاصل از گیاهان پوششی در زمان حداکثر نیاز گیاه اصلی در اختیار آن قرار نگیرد. جهان و همکاران (Jahan et al., 2011c) در گیاه کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) مشاهده کردند که برهمکنش کودهای آلی و بیولوژیک بر تعداد دانه در بوته تأثیر معنی‌داری نداشت.

وزن دانه در بوته

وزن دانه در بوته تحت‌تأثیر کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱)؛ به طوریکه کشت گیاهان پوششی نسبت به فقدان کشت آن، موجب افزایش نه درصدی وزن دانه در بوته شد (جدول ۲). در کشاورزی ارگانیک، استفاده از لگوم‌ها به عنوان گیاهان پوششی به دلیل توانایی آنها در تثبیت نیتروژن اتمسفری همواره مورد توجه بوده است (Hiltbrunner et al., 2007; Bergkvist et al., 2011; Hooker et al., 2008). احتمالاً گیاهان پوششی از طریق آزاد کردن مواد غذایی و بهبود ساختار و مواد آلی خاک (Isik et al., 2009; Campiglia et al., 2010) باعث بهبود خصوصیاتی همچون وزن دانه در بوته شده‌اند.



شکل ۱- اثر متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر تعداد دانه در بوته کنجد

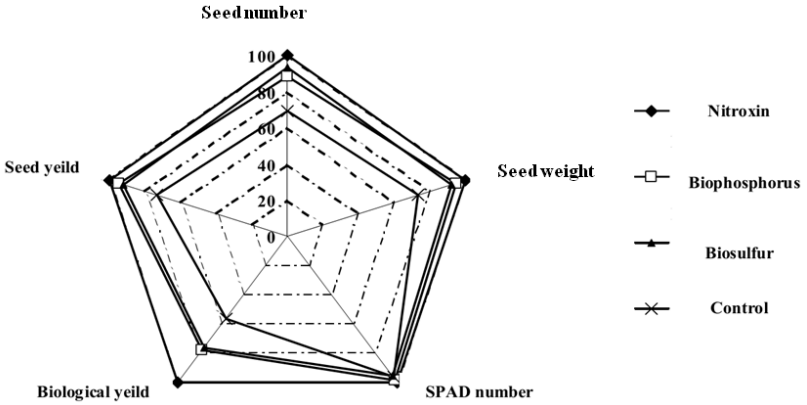
Fig. 1- Interaction effect of cover crops and biofertilizers on seed number per plant of sesame.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$).

مقایسه میانگین‌های مربوط به کودهای بیولوژیک از نظر وزن دانه در بوته نشان‌دهندهٔ برتری محسوس تمامی کودهای بیولوژیک مورد استفاده در آزمایش نسبت به شاهد بود (شکل ۲)، به طوریکه وزن دانه در بوته در تیمارهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب ۲۶، ۲۱ و ۲۰ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲).

عموماً، بین وزن و تعداد دانه تولید شده توسط گیاهان زراعی همبستگی مثبت وجود دارد، به عبارت دیگر، عملکرد بالای دانه در تعداد بیشتر دانه نمود می‌یابد (Evans, 1993). با توجه به جدول ۳، بین تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت (r^2 =۰/۷۴). باکتری‌های محرک رشد گیاه احتمالاً از طریق افزایش تولید هورمون‌های گیاهی و تشدید فعالیت آنزیم‌هایی نظیر گلوتامات دهیدروژناز و گلوتامین سینتتاز (Ribaudo et al., 2001) رشد گیاه را بهبود داده‌اند. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) اظهار داشتند که استفاده از کودهای بیولوژیک (*سودوموناس* و *ازتوباکتر*) در رازیانه باعث افزایش معنی‌دار وزن دانه در بوته شد.



شکل ۲-تغییرات برخی شاخص‌های کمی کنجد در اثر کشت گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک

Fig. 2- Some quantitative indices of sesame in condition of cover crops and biofertilizers applications The base of comparison is nitroxin biofertilizer

جدول ۳– ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط استفاده از گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک در کنجد

Table 3– Correlation coefficients between studied characteristics in condition of cover crops and biofertilizers applications in sesame

8	7	6	5	4	3	2	1	
محتوی پروتئین دانه Seed protein content	محتوی روغن دانه seed oil content	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	قرائت کلروفیل‌متر SPAD number	وزن دانه Seed weight	تعداد دانه در بوته Seed number per	
								1
							0.74**	2
						-0.07ns	-0.11ns	3
					-0.07ns	1.00**	0.74**	4
				0.61**	0.14ns	0.61**	0.72**	5
			0.51*	0.74**	-0.15ns	0.74**	0.60**	6
		0.12ns	-0.16ns	-0.08ns	-0.04ns	-0.08ns	-0.29ns	G
	-0.002ns	0.19ns	-0.16ns	0.08ns	-0.08ns	0.08ns	0.15ns	H

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

*, ** and ns represent significant levels at 0.01, 0.05 and non-signification, respectively.

اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بـر وزن دانـه در بوته معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱)؛ به طوریکه بیشترین وزن دانه در بوته درگیاهان تحت تیمار گیـاه پوششـی بـه عـلاوهٔ بیوفسـفر (۸/۴ گـرم) بدست آمد که از این نظر بـا تیمـار فقـدان گیـاه پوششـی بـه عـلاوهٔ نیتروکسین (۸/۳ گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). یکـی از راهکارهای اساسی برای کاهش مشکلات زیست محیطـی و نیـل بـه اهداف کشاورزی پایدار، مدیریت تلفیقی عناصر غذایی نظیـر اسـتفاده توأم گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک است (Adesmoye et al., 2008). ریزوباکترهای محـرک رشـد گیـاه در محـیط‌هـای مرطـوب کارایی بیشتری نسبت به محیط‌هـای خشـک دارنـد (Barea et al., 2005)، بنابراین، به نظر می‌رسد کـه گیاهـان پوششـی بـدلیل حفـظ رطوبت کافی در محـیط ریزوسـفر گیـاه (Campiglia et al., 2010) باعث تشدید فعالیـت‌هـای میکروارگانیسـم‌هـای موجـود درکودهـای بیولوژیک شده و در نتیجه وزن دانه در بوته افزایش یافت. همسـو بـا نتایج این پژوهش وانگ و همکاران (Wang et al., 2004)، فریس و همکاران (Ferris et al., 2004) و فورگ و همکاران (Forge et al., 2003) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

عملکرد دانه

بین کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی از نظـر عملکـرد دانـه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p≤۰/۰۱)، به طوریکه کشـت گیاهـان پوششی باعث افزایش محسوس و نـه درصـدی عملکـرد دانـه شـدند (جدول ۲). به نظر می‌رسد کـه بقایـای گیاهـان پوششـی در خـاک از طریـق حفـظ رطوبـت و همچنـین تعـدیل درجـه حـرارت خـاک (Hiltbrunner et al., 2007; Zotarelli et al., 2009; Alcantara et al., 2011) شرایط مساعدی را برای رشد گیاه فـراهم کرده و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافـت. نتـایج ایـن پـژوهش بـا نتـایج سـایر محققـین کرامبرگـر (Kramberger et al., 2009)، کامپیگلیـا (Campiglia et al., 2010)، آرلائوسـکین و میکِسـتنین (Arlauskiene & Maiksteniene, 2010)، مفـاخری و همکـاران (Mafakheri et al., 2010)، لارکین و همکـاران (Larkin et al., 2010) و بلاسِر و همکاران (Blaser et al., 2006) همخوانی داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنجد

Table 4- Means comparison of interaction effects of cover crops and biofertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of sesame

محتوی پروتئین دانه (٪) Seed protein content (%)	محتوی روغن دانه (٪) Seed oil content (%)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	وزن دانه (گرم در بوته) Seed weight ($g.plant^{-1}$)	تعداد غلاف (تعداد در بوته) Pod number ($No.plant^{-1}$)		
11.15b	35.25c	16.67c	5.82c	138c*	نیتروکسین Nitroxin	گیاهان پوششی Cover crop
22.55a	37.38bc	17.53bc	8.45a	179a	بیوفسفر Biophosphorus	
11.25b	42.41a	22.11a	7.18b	171b	بیوسولفور Biosulfur	
12.84b	38.58abc	15.35c	5.22d	140c	شاهد Control	
10.93b	37.38bc	20.47a	8.35a	138c	نیتروکسین Nitroxin	فقدان گیاهان پوششی No cover crop
17.53ab	40.56ab	21.27a	4.91e	169b	بیوفسفر Biophosphorus	
18.97ab	36.52bc	22.11a	5.84c	170b	بیوسولفور Biosulfur	
12.84b	38.58abc	15.35c	5.22d	140c	شاهد Control	

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

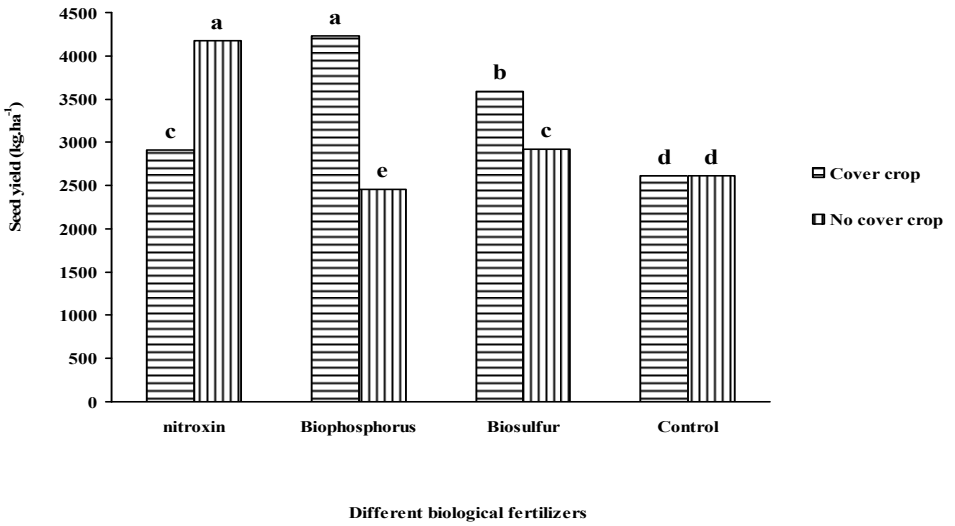
*In each column, means followed by the same letter are not significantly different (p≤0.05).

تفاوت بین کودهای بیولوژیک مختلف از نظر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، به طوریکه بیشترین عملکرد دانه در کود بیولوژیک نیتروکسین (۳۵۴۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۲۶۱۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۲). کودهای بیولوژیک بیوفسفر و بیوسولفور نیز به ترتیب باعث افزایش ۲۲ و ۲۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند (جدول ۲). بسیاری از محققین (Yadegari et al., 2010; Kumar et al., 2009; Adesemoye et al., 2010) به نقش مثبت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، بر عملکرد محصولات زراعی مختلف اشاره کرده‌اند و آن‌را به ترشح هورمون‌های گیاهی، تولید و آزادسازی انواع اسیدهای آلی در خاک، تثبیت نیتروژن و در نهایت، برهمکنش مثبت بین آنها و سایر ریزموجودات خاک نسبت داده‌اند. کیزیلکیا (Kizilkaya, 2008) گزارش کرد که اثر کودهای بیولوژیک (حاوی *ازتوباکتر*) بر عملکرد دانه گندم بهاره معنی‌دار بود؛ به طوریکه باعث افزایش ۸۴ درصدی آن نسبت به شاهد شد.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، هم در شرایط استفاده از گیاهان پوششی و هم در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک مختلف، عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش یافت، به طوریکه بیشترین عملکرد دانه در نتیجهٔ اثر متقابل گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر (۴۲۲۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. گیاهان پوششی با افزایش مواد آلی خاک و نگهداری رطوبت و تعدیل درجه حرارت خاک شرایط مناسبی را برای فعالیت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه فراهم می‌کنند (Munoz-Carpena et al., 2008; Campiglia et al., 2010; Gabriel & Quemada, 2011). همسو با نتایج این پژوهش، نتایج برخی تحقیقات رایس و گودا (Rice & Gowda 2011، لارکین و همکاران (Larkin et al., 2010) و گروور و همکاران (Gruver et al., 2010) نیز اثر گیاهان پوششی را بر جوامع میکروبی خاک مثبت گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک

کشت گیاهان پوششی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (جدول ۲). برخی از تحقیقات (Bergkvist et al., 2011; Kankanen & Eriksson, 2007; Stinner et al., 2008; Carrera et al., 2007; Jahan et al., 2011b) نیز عدم تأثیر گیاهان پوششی بر عملکرد محصولات زراعی مختلف را تأیید نموده‌اند. گابریل و گیومادا (Gabriel & Quemada, 2011) طی آزمایشی سه ساله، اثر گیاه پوششی باقلا (*Vicia faba* L.) بر ذرت را بررسی و مشاهده کردند که عملکرد گیاه تحت‌تأثیر گیاه پوششی قرار نگرفت. عملکرد بیولوژیک تحت‌تأثیر کودهای بیولوژیک مختلف قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱)، به طوریکه تمامی کودهای بیولوژیک مورد استفاده در آزمایش باعث افزایش چشمگیر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند (شکل ۲). تیمارهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب باعث افزایش ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۲). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) گزارش کردند که کودهای بیولوژیک (حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *باسیلوس* و *سودوموناس*) موجب بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) شدند.

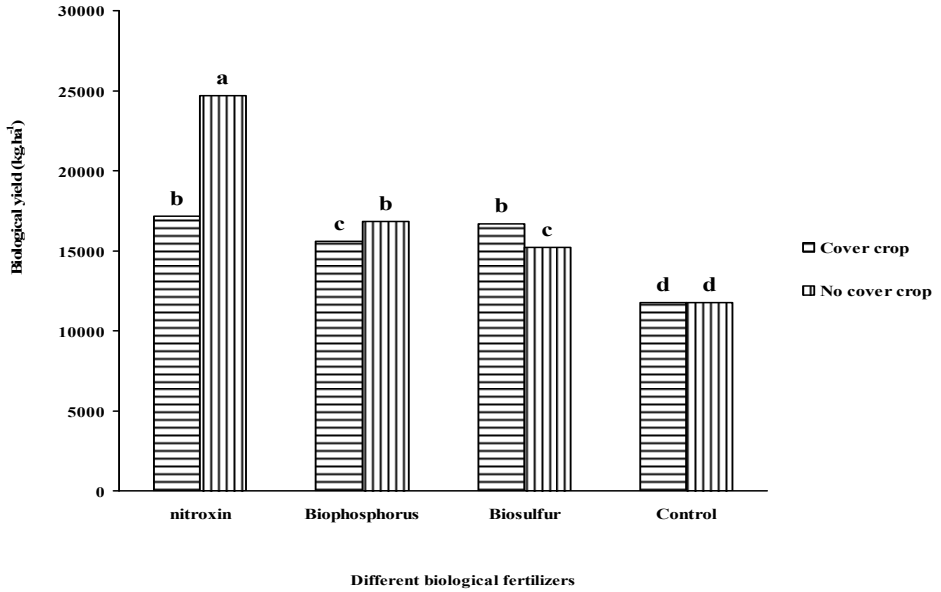


شکل ۳- اثر متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد دانه کنجد

Fig. 3- Interaction effect of cover crops and biofertilizers on seed yield of sesame.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$).



شکل ٤- اثر متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک کنجد

Fig. 4- Interaction effect of cover crops and biofertilizers on seed Biological yield of sesame.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$).

اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). همانگونه که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای فقدان گیاهان پوششی به علاوهٔ نیتروکسین (۲۴۷۰۸ کیلو گرم در هکتار) و کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی به علاوهٔ شاهد (۱۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. به نظر می‌رسد که گیاهان پوششی به دلایلی مثل غیرقابل دسترس ساختن نیتروژن موجود در خاک برای میکروارگانیسم‌ها و سایر اثرات رقابتی، از بروز اثرات مثبت این کودها بر عملکرد بیولوژیک گیاه جلوگیری کردند. جهان و همکاران (Jahan et al., 2011c) در گیاه کدو پوست‌کاغذی مشاهده کردند که کود بیولوژیک نیتراژین در کلیه تیمارهای کود آلی (گوسفندی، مرغی، گاوی و ورمی‌کمپوست)، سبب کاهش ۱۰۶ درصدی میانگین عملکرد میوه نسبت به تیمار شاهد به همراه کاربرد نیتراژین شد.

شاخص برداشت

اگرچه اثر گیاهان پوششی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود ($p\leq$۰/۰۱)، ولی کشت این گیاهان باعث افزایش سه درصدی این شاخص نسبت به شاهد شد (جدول ۲). تمامی کودهای بیولوژیک مورد استفاده در آزمایش باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به شاهد شدند؛ به طوریکه تیمارهای بیوسولفور، بیوفسفر و نیتروکسین به ترتیب با شاخص برداشت‌های ۲۰/۹، ۱۹/۴ و ۱۸/۵ در مقایسه با شاهد (۱۵/۳) برتر بودند (جدول ۲). با توجه به ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف (جدول ۳)، بین شاخص‌برداشت و عملکرد دانه همبستگی بیشتری (R^2=۰/۷۴**) نسبت به شاخص‌برداشت و عملکرد بیولوژیک (R^2=۰/۵۱*) وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از کودهای بیولوژیک باعث افزایش عملکرد دانه شد (جدول ۲)، افزایش شاخص برداشت در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می‌رسد. تهامی (Tahami, 2011) اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف را بر خصوصیات کمی و کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بررسی و گزارش کرد که بیشترین شاخص‌برداشت گیاه در تیمار باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات به علاوهٔ نیتروکسین بدست آمد.

نتایج اثرات متقابل نشان داد که اثر گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر شاخص برداشت معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین شاخص‌برداشت به ترتیب در تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور (۲۲/۱ درصد) و کشت و فقدان کشت گیاهان پوششی به علاوهٔ شاهد (۱۵/۳ درصد) بدست آمد (جدول ۴). جهان و همکاران (Jahan et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد کودهای بیولوژیک (*آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*) به همراه ۶۰ تن کود گاوی، برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت نظیر دمای کانوپی، سرعت تنفس خاک، عملکرد مادهٔ خشک و عملکرد دانه را تحت‌تأثیر مثبت قرار دادند.

روغن و پروتئین دانه

اثر گیاهان پوششی بر درصد روغن دانه معنی‌دار نبود ($p\leq$۰/۰۱)، با اینحال، روغن دانه در شرایط استفاده از گیاهان پوششی افزایش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد که در شرایط استفاده از گیاهان پوششی به علت نگهداری رطوبت بیشتر، گیاه از تنش رطوبتی کمتری برخوردار بوده است، لذا روغن به عنوان متابولیت ثانویه در شرایط استفاده از این گیاهان افزایش چندانی نسبت به شاهد نشان نداد. در بین کودهای بیولوژیک مورد استفاده در آزمایش، بیوسولفور و نیتروکسین به ترتیب دارای بیشترین (۳۹/۴ درصد) و کمترین (۳۶ درصد) میزان روغن دانه بودند، که البته از این نظر، بیوسولفور اختلاف معنی‌داری با تیمارهای بیوفسفر و شاهد نداشت (جدول ۲). نتایج برخی تحقیقات اخیر نشان داده است که کودهای بیولوژیک ضمن افزایش قابلیت دسترسی عناصرغذایی برای گیاه، باعث بهبود ویژگی-های فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن قابل دسترس گیاه همزیست می‌شوند (Jahan et al., 2010; Sahin et al., 2004). برخی تحقیقات (Altaf et al., 2000; Kumar & Kumar, 1997) به اثرات مثبت *تیوباسیلوس* بر میزان روغن دانه اشاره کرده‌اند و آن را به جابه جایی مناسب‌تر آنزیم‌های فتوسنتتاز، بهبود فعالیت استیل کوآنزیم آ و افزایش فراهمی کربن برای بیوسنتز روغن نسبت داده‌اند. آناندام و همکاران (Anandham et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از کود بیولوژیک *تیوباسیلوس* به طور معنی‌داری باعث افزایش سه درصدی میزان روغن بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) شد. اثر متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، به طوریکه تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور، فقدان کشت گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر و کشت و فقدان کشت گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد به ترتیب با ۴۲/۴، ۴۰/۵ و ۳۸/۵ درصد روغن نسبت به سایر تیمارها (گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین، فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین، گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر، فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور به ترتیب ۳۵/۲، ۳۷/۳، ۳۷/۳ و ۳۶/۵ درصد) برتری داشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که شرایط اکولوژیکی و آب و هوایی، دور آبیاری، نوع گیاهان پوششی و ترشحات ریشهٔ آنها، طول مدت زمان بین برگرداندن گیاهان پوششی به خاک و کشت گیاه اصلی و در نهایت خصوصیات خاک بر اثرات ترکیبی گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک تأثیر متفاوتی داشته است.

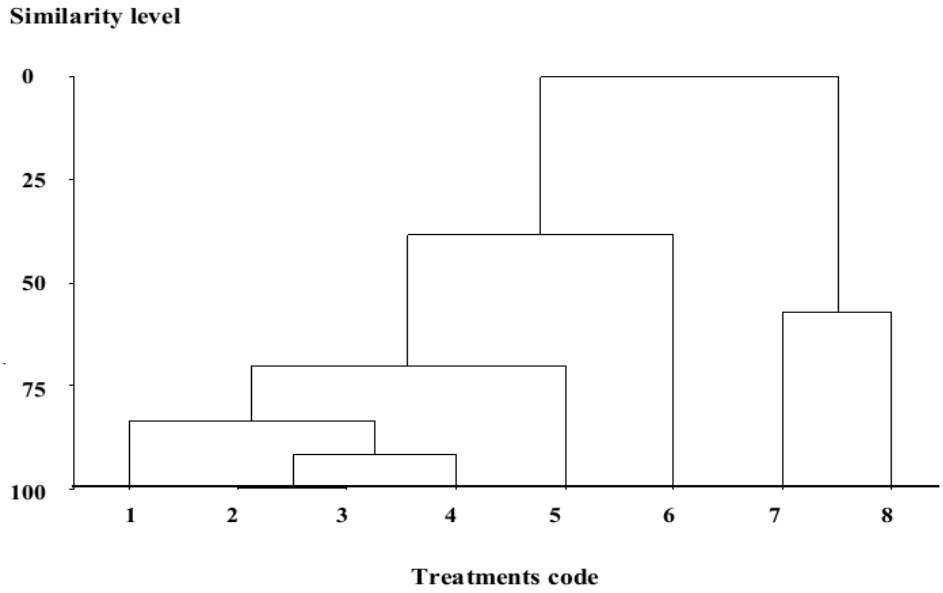
اثر گیاهان پوششی بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار نبود، در حالیکه بین کودهای بیولوژیک مختلف از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). تیمارهای بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب باعث افزایش ۳۶ و ۱۵ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد شدند (جدول ۲). نتایج تحقیق یادگاری و همکاران (Yadegari et al., 2010) حاکی از آن است که در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش میزان پروتئین دانه شد. محتوای پروتئین دانه به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثرات متقابل گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱)، به طوری‌که بیشترین میزان پروتئین دانه در تیمار گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر (۲۲/۵ درصد) بدست آمد که البته از این نظر با تیمارهای فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور (۱۸/۹ درصد) و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر (۱۷/۵ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). نتایج برخی تحقیقات (Hanly & Gregg, 2004; Gabriel & Quemada, 2011; Saubidet et al., 2002; Kramberger et al., 2009) نیز نقش مثبت گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک بر میزان نیتروژن دانه و به دنبال آن پروتئین دانه را تأیید نموده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی

نتایج تجزیه خوشه‌ای تیمارهای آزمایشی نشان داد که از نظر کلیه صفات مورد مطالعه، تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین، گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد، فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر، در سطح تشابه ۷۵ درصد، در یک خوشه قرار گرفتند؛ در حالیکه تیمارهای فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور، گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور، گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین تشابه قابل قبولی با سایر تیمارها نداشته و هر یک در خوشه‌های مستقلی قرار گرفتند (سطح تشابه ۷۵ درصد) (شکل ۵). به نظر می‌رسد که احتمالاً تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر به ترتیب به دلیل زیادی و کمبود نیتروژن دارای اثرات منفی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد بودند، به طوری‌که با تیمارهای گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد و فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد در یک گروه قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری

با مقایسهٔ صفات کمی و کیفی کنجد در جدول ۲ مشاهده می‌شود که کشت گیاهان پوششی و استفاده از کودهای بیولوژیک مختلف، خصوصیات کمی کنجد را بیشتر از خصوصیات کیفی آن تحت‌تأثیر قرار داد. تیمار نیتروکسین در اکثر صفات کمی و تیمار بیوسولفور در صفات کیفی نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند. نتایج آزمایش نشان داد که در اکثر صفات مورد مطالعه اثر هر یک از تیمارهای بیوفسفر و بیوسولوفور به همراه گیاهان پوششی نسبت به زمانی که هر یک از این کودها به تنهایی به کار رفتند تشدید شد.



شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک

Fig. 5- Cluster analysis of cover crops and biofertilizers

۱: گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین، ۲: گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد، ۳: فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ شاهد، ۴: فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر ، ۵: فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور، ۶: گیاه پوششی به علاوهٔ بیوسولفور ، ۷: گیاه پوششی به علاوهٔ بیوفسفر و ۸: فقدان گیاه پوششی به علاوهٔ نیتروکسین می‌باشند.

1: cover crop+nitroxin, 2: cover crop+control, 3: no cover crop+control, 4: no cover crop+biophosphorus, 5: no cover crop+biosulfur, 6: cover crop+biosulfur, 7: cover crop+biophosphorus and 8: no cover crop+nitroxin.

با مقایسهٔ شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که مرحله‌ی زایشی گیاه بیشتر از مرحله‌ی رویشی آن تحت‌تأثیر استفاده همزمان گیاهان پوششی به علاوهٔ بیوفسفر قرار گرفت. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از گیاهان پوششی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر اکثر خصوصیات کمی و کیفی کنجد دارای اثر مثبت بود، لذا به نظر می‌رسد با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و مخاطرات زیست محیطی آنها، می‌توان به استفاده از گیاهان پوششی، کودهای بیولوژیک و نهاده‌های درون‌مزرعه‌ای به عنوان راهکاری جهت توسعه کشاورزی پایدار و حفظ سلامت بوم‌نظام‌ها امیدوار بود.

قدردانی

بودجه این طرح (کد ۱۵۰۱۹/۲) از محل اعتبار پژوهه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., and Kloepper, J.W. 2008, Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. Canadian Journal of Microbiology 54: 876-886.
2- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., and Kloepper, J.W. 2010. Increased plant uptake of nitrogen from ^{15}N-depleted fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria. Applied Soil Ecology 46: 54-58.
3- Alcantara, C., Pujadas, A., and Saavedra, M. 2011. Management of cruciferous cover crops by mowing for soil and water conservation in southern Spain. Agricultural Water Management xx: xxx-xxx.
4- Altaf, A., Ishrat, K., Abdin, M.Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl co-A concentration, and acetyl co-A carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica compestris* L.). Australian Journal of Agricultural Research 51: 1023-1029.
5- Anandham, R., Sridar, R., Nalayini, P., Poonguzhali, S., Madhaiyan, M., and Tongmin, S.A. 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and Rhizobium. Microbiological Research 162: 139-153.
6- Arlauskiene, A., and Maiksteniene, S. 2010. The effect of cover crop and straw applied for manuring on spring

barley yield and agrochemical soil properties. Zemdirbyste-Agriculture 97: 61-72.
7- Armecin, R.B., Seco, M.H.P., Caintic, P.S., and Milleza, E.J.M. 2005. Effect of leguminous cover crops on the growth and yield of abaca (*Musa texilis* Nee.). Industrial Crops and Products 21: 317-323.
8- Aslantas, R., Cakmakci, R., and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae 111: 371-377.
9- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., and Azcon-Aguilar, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56: 1761-1778.
10- Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Bath, B., and Elfstrand, S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley-Effect of N dose and companion grass. Field Crops Research 120: 292-298.
11- Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H.A. 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Sciences 8: 1015-1020.
12- Blaser, B.C., Gibson, L.R., Singer, J.W., and Jannink, J.L. 2006. Optimizing seeding rates for winter cereal grains and frost-seeded red clover intercrops. Agronomy Journal 98: 1041-1049.
13- Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., and Mancinelli, R. 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. European Journal of Agronomy 33: 94-102.
14- Carof, M., de Tourdonnet, S., Salas, P., Le Floch, D., and Roger-Estrade, J. 2007. Undersowing wheat with different living mulches in a no-till system (I): yield analysis. Agronomy for Sustainable Development 27: 347-356.
15- Carrera, L.M., Buyer, J.S., Vinyard, B., Abdul-Baki, A.A., Sikora, L.J., and Teasdale, J.R. 2007. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. Applied Soil Ecology 37: 247-255.
16- Dean, J.E., and Weil, R.R. 2009. Brassica cover crops for N retention in the Mid-Atlantic coastal plain. Journal of Environmental Quality 38: 520-528.
17- Debnath, R.L., Moharana, R.L., and Basu, A.K. 2007. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for its seed production potential as influenced by bio-fertilizer. Journal of Crop and Weed 3: 33-36.
18- den Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. II. Competitive ability of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 104-112.
19- Dey, R., Pal, K.K., Bhatt, D.M., and Chauhan, S.M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. Microbiological Research 159: 371-394.
20- Doane, T.A., Horwarth, W.R., Mitchell, J.P., Jachson, J., Miyao, G., and Brittan, K. 2009. Nitrogen supply from fertilizer and legume cover crop in the transition to no-tillage for irrigated row crops. Nutrient Cycling in Agroecosystems 85: 253-262.
21- El-Habbasha, S.F., Abd El Salam, M.S., and Kabes, M.O. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3: 563-571.
22- Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press 512 pp. ISBN: 0521295580.
23- FAOSTAT, 2005. Food and agriculture organization of United Nations (FAO) Statistical Databases.
24- Ferris, H., Venette, R.C., and Scow, K.M. 2004. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. Applied Soil Ecology 25: 19-35.
25- Forge, T.A., Hogue, E., Neilsen, G., and Neilsen, D. 2003. Effects of organic mulches on soil microfauna in the root zone of apple: implications for nutrient fluxes and functional diversity of the soil food web. Applied Soil Ecology 22: 39-54.
26- Gabriel, J.L., and Quemada, M. 2011. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: Yield, N uptake and fertilizer fate. European Journal of Agronomy 34: 133-143.
27- Glendining, M.J., Dailey, A.G., Williams, A.G., Van Evert, F.K., Goulding, K.W.T., and Whitmore, A.P. 2009. Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? Agricultural Systems 99: 117-125.
28- Gruver, L.S., Weil, R.R., Zasada, I.A., Sardanelli, S., and Momen, B. 2010. Brassicaceous and rye cover crops altered free-living soil nematode community composition. Applied Soil Ecology 45: 1-12.
29- Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *B. licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum 111: 206-211.
30- Hahm, T.S., Park, S.J., and Martin Lo, Y. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Bioresource Technology 100: 1643-1647.

31- Hanly, J.A., and Gregg, P.E.H. 2004. Green-manure impacts on nitrogen availability to organic sweetcorn (*Zea mays*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 32: 295-307.
32- Hartwig, N.L., and Ammon, H. 2002. Cover crops and living mulches. Weed Science 50: 688-699.
33- Hiltbrunner, J., Streit, B., and Liedgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? Field Crops Research 102: 163-171.
34- Hooker, K.V., Coxon, C.E., Hackett, R., Kirwan, L.E., Okeeffe, E., and Richards, K.G. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. Journal of Environmental Quality 37: 138-145.
35- Horwitz, W., and Latimer, G.W. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
36- Isik, D., Kaya, E., Ngouajio, M., and Mennan, H. 2009. Weed suppression in organic pepper (*Capsicum annum* L.) with winter cover crops. Crop Protection 28: 356-363.
37- Jahan, M., Ahmadi, F., Soleymani Farzaghi, F., Aghhavani Shajari, M., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2011b. The effect of biofertilizers and cover crops on plant growth parameters and crop yield of *Ocimum basilicum*. 2nd National symposium on agricultural and sustainable development, opportunities and future challenges, 2-3th March, Islamic Azad University. Shiraz Branch, Iran. (In Persian)
38- Jahan, M., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rejalli, F., Aryayi, M., and Ebrahimi, E. 2010. The effect of biological fertilizers application on some agroecological characteristics of corn under conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 375-391. (In Persian with English Summary)
39- Jahan, M., Nasiri Mahallati, M., Amiri, M.B., Shabahang, J., and Tahami, M.K. 2011c. The effects of simultaneous application of different organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* L. Iranian Journal of Field Crops Research (In Press). (In Persian with English Summary)
40- Jahan, M., Nasiri Mahallati, Salari, M.D., and Ghorbani, R. 2011a. The effects of time of manure application and different biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* L. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 726-737. (In Persian with English Summary)
41- Jeon, J.S., Lee, S.S., Kim, H.Y., Ahn, T.S., and Song, H.G. 2003. Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. Journal of Microbiology 41: 271-276.
42- Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Principles of Sustainable Agriculture. Jahad Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran, 316 pp. (In Persian)
43- Kankanen, H., and Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. European Journal of Agronomy 27: 25-34.
44- Kertesz, M.A., and Mirleau, K. 2004. The role of soil microbes in plant sulfur nutrition. Journal of Experimental Botany 55: 1-7.
45- Khazaei, J., and Mohammadi, N. 2009. Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). Journal of Food Engineering 91: 542-552.
46- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
47- Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-139. (In Persian with English Summary)
48- Kramberger, B., Gselman, A., Janzekovic, M., Kaligaric, M., and Bracko, B. 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. European Journal of Agronomy 31: 103-109.
49- Kremen, A.E. 2006. Nitrogen mineralization from brassica cover crops. Thesis, University of Maryland, College Park 115 pp.
50- Kumar, K.D., and Kumar, K.A. 1997. Nitrogen and sulphur fertilization in relation to yield attributes and seed yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). Indian Journal of Agronomy 42: 145-147.
51- Kumar, S., Pandey, P., and Maheshwari, D.K. 2009. Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. European Journal of Soil Biology 45: 334-340.
52- Kuo, S., and Jellum, E.J. 2002. The influence of winter cover crops and residue management on nitrogen availability and corn. Agronomy Journal 94: 505-508.
53- Larkin, R.P., Griffin, T.S., and Honeycutt, C.W. 2010. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. Plant Disease 94: 1491-1502.
54- Mafakheri, S., Ardakani, M.R., Meighani, F., Mirhadi, M.J., and Vazan, S. 2010. Rye cover crop management affects weeds and yield of corn (*Zea mays* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38: 117-123.
55- Malezieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowshi, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S., and Valantin-Morison, M. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. Agronomy for Sustainable Development 29: 43-62.
56- Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., and Haghnia, G. 2010. The effect of inoculants of *Thiobacillus* and *Aspergillus*

on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 82-90. (In Persian with English Summary)
57- Moradi, R., Rezvanimoghadam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625-637. (In Persian with English Summary)
58- Mousavi Nik, M. 2012. Effect of drought stress and sulphur fertilizer on quantity and quality yield of psyllium (*Plantago ovata* L.) in Baluchestan. Agroecology Journal 4(2): 170-182. (In Persian with English Summary)
59- Munoz-Carpena, R., Ritter, A., Bosch, D.D., Schaffer, B., and Potter, T.L. 2008. Summer cover crop impacts on soil percolation and nitrogen leaching from a winter corn field. Agricultural Water Management 95: 633-644.
60- Nakhone, L.N., and Tabatabai, M.A. 2008. Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 231-241.
61- Obiajunawa, E.I., Adebiyi, F.M., and Omode, P.E. 2005. Determination of essential minerals and trace elements in Nigerian sesame seeds, using TXRF technique. Pakistan Journal of Nutrition 4: 393-395.
62- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae 38-43.
63- Picard, D., Ghiloufi, M., Saulas, P., and de Tourdonnet, S. 2010. Does undersowing winter wheat with a cover crop increase competition for resource and is it compatible with high yield? Field Crops Research 115: 9-18.
64- Pirlak, L., and Kose, M. 2009. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and some fruit properties of strawberry. Journal of Plant Nutrition 32: 1173-1184.
65- Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., and Teaumroong, N. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. European Journal of Soil Biology 47: 44-54.
66- Rajeswari, S., Thiruvengadam, V., and Ramaswamy, N.M. 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. South African Journal of Botany 76: 252-258.
67- Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S., and Satayavivad, J. 2010. Variation of sesamin, sesamolin and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. Food Chemistry 122: 724-730.
68- Ribaudo, C.M., Rondanini, D.P., Cura, J.A., and Fraschina, A.A. 2001. Response of Zea mays to the inoculation with *Azospirillum* on nitrogen metabolism under greenhouse conditions. Journal of Plant Biology 44: 631-634.
69- Rice, W.C., and Gowda, P.H. 2011. Influence of geographical location, crop type and crop residue cover on bacterial and fungal community structures. Geoderma 160: 271-280.
70- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, G., and Majidi, E. 2008. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 3: 253-257.
71- Ruegg, W.T., Quadranti, M., and Zoschke, A. 2007. Herbicide research and development: challenges and opportunities. Weed Research 47: 271-275.
72- Sahin, F., Cakmakci, R., and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N_2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil 265: 123-129.
73- Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., and Wang, S. 2006. Tillage, cover crop, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. European Journal of Agronomy 25: 372-382.
74- Sarrantonio, M., and Gallandt, E. 2003. The role of cover crops in North American cropping systems. Journal of Crop Production 8: 53-74.
75- Saubidet, M.I., Fatta, N., and Barneix, A.J. 2002. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant and Soil 245: 215-222.
76- Scherer, H.W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. European Journal of Agronomy 14: 81-111.
77- Shenoy, R.R., Sudheendra, A.T., Nayak, P.G., Paul, P., Kutty, N.G., and Rao, C.M. 2011. Normal and delayed wound healing is improved by sesamol, an active constituent of *Sesamum indicum* (L.) in albino rats. Journal of Ethnopharmacology 133: 608-612.
78- Singh, J.S., Pandey, V.C., and Singh, D.P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 339-353.
79- Stinner, W., Moller, K., and Leithold, G. 2008. Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. European Journal of Agronomy 29: 125-134.
80- Tahami, M.K. 2010. Study of biological fertilizer effects on yield and yield components and essential oil of *Ocimum bacilicum.* MSc Thesis in Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
81- Uzun, B., Arslan, C., and Furat, S. 2008. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 1135-1142.

82- Van Loon, L.C., and Glick, B.R. 2004. Increased plant fitness by rhizobacteria. In: Sandermann, H. (Ed.), Molecular Ecotoxicology of Plants. Ecological Suites. Springer-Verlag, Berlin pp 178-205.
83- Wang, K.H., McSorley, R., Marshall, A.J., and Gallaher, R.N. 2004. Nematode community changes associated with decomposition of *Crotalaria juncea* amendment in litterbags. Applied Soil Ecology 27: 31-45.
84- Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G., and Ayneband, A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. Journal of Plant Nutrition 33: 1733-1743.
85- Zotarelli, L., Scholberg, J.M., Dukes, M.D., Munoz-Capena, R., and Icerman, J. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management 96: 23-34.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۲۶-۱۶

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 16-26

اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)، قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدومه شهری (*Lepidium perfoilatum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.)

علیرضا کوچکی[۱]، شهرام امیرمرادی[۲*]، جواد شباهنگ[۳] و سلما کلانتری خاندانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثرات کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)، قدومه شهری (*Lepidium Perfoilatum* L.)، قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.) در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل انواع کودهای آلی کود گاوی، ورمی‌کمپوست، کمپوست قهوه و کمپوست قارچ و فاکتور فرعی شامل چهار گونه دارویی اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و بارهنگ بود. تأثیر کودهای آلی مختلف روی گیاهان مورد آزمایش از نظر کلیه صفات مورد مطالعه بجز وزن هزاردانه معنی‌دار بود. اثر متقابل نوع گیاه و نوع کود آلی فقط برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی معنی‌دار شد. در بین گیاهان دارویی مورد بررسی، تخم شربتی بطور متوسط از نظر میزان موسیلاژ (۲۷/۷۵ درصد) نسبت به قدومه شیرازی (۱۶ درصد)، اسفرزه (۱۵/۹۲) و قدومه شهری (۱۵/۹۲ درصد) بیشترین میزان را داشت. در بین کودهای آلی، استفاده از نوع کود گاوی کاملاً پوسیده با تولید ۱۸۱۶ کیلوگرم در هکتار ماده خشک، عملکرد بذر ۴۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار، تعداد ۵۵۰ بذر در گیاه، ارتفاع گیاه ۳۲/۱۷ سانتی‌متر و میزان موسیلاژ ۲۰/۷۵ درصد، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کمپوست قارچ، کود گاوی، گیاهان دارویی لعابدار، ورمی‌کمپوست

مقدمه

بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO)[۵] ۸۰ درصد مردم دنیا برای مراقبت‌های بهداشتی اولیه خود معمولاً به گیاهان دارویی و تولیدات طبیعی وابسته هستند (Chatterjee, 2002; Griffe et al., 2003). در قرن حاضر تحقیقات گسترده ای روی گیاهان دارویی انجام پذیرفته و داروهایی با ماده مؤثره طبیعی، افق‌های جدیدی را برای جامعه پزشکان و داروسازان پژوهشگر گشوده است؛ بطوریکه در حال حاضر حدود یک سوم داروهای مورد استفاده در جوامع انسانی را داروهایی با منشأ طبیعی و گیاهی تشکیل می‌دهد.

مواد مؤثره گیاهان دارویی بخصوص عطریات و اسانس‌ها، موارد استفاده متعدد و متفاوتی در صنایع آرایشی، بهداشتی دارند، بطوریکه بدون حضور مواد مؤثره مذکور، ساخت و تهیه بسیاری از محصولات یاد شده امکان‌پذیر نخواهد بود. از جمله مواد مؤثره گیاهان دارویی که در صنایع غذایی کاربرد بسیار زیاد دارد صمغ‌ها یا موسیلاژها می‌باشند که در صنایع نوشابه‌سازی، کنسروسازی، شیرینی و بستنی‌سازی استفاده می‌شوند. از جمله گیاهان دارویی تولید کننده موسیلاژ اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)، قدومه شهری (*Lepidium perfoliatum* L.)، قدومه شیرازی (*Alyssum omolocarpum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.) می‌باشند (Omidbeygi, 2005).

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث ایجاد خسارات جبران ناپذیری به محیط زیست و سلامت انسان‌ها شده است و کودهای شیمیایی نیتروژنی باعث آلودگی منابع آب و خاک شده و از این طریق باعث ایجاد بیماری‌های متعدد در انسان و سایر موجودات زنده می

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دانشجویان دکتری اگرواکولوژی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول Email: shahramamirmoradi@yahoo.com)

5- World Health Organization

شوند. از طرفی، در سال‌های اخیر امنیت غذایی در کنار حفظ محیط زیست به یک موضوع مهم جهانی تبدیل شده است. با توجه به موارد فوق، به نظر می‌رسد که کودهای آلی می‌توانند به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی نقش مهمی در مدیریت پایدار خاک و سلامت بوم نظام‌های کشاورزی داشته باشند.

مدیریت کود، عامل مهمی در کشت موفقیت آمیز گیاهان دارویی می‌باشد (Chatterjee, 2002) و استفاده از کود دامی در سیستم ارگانیک و مدیریت پایدار خاک مرسوم است (Kuepper, 2000). برخی محققین افزایش تولید زیست توده و عملکرد اسانس در سرشاخه‌های گلدار گیاه بومادران (*Achillea* sp.) را در نتیجه کاربرد کودهای آلی گزارش کردند (Sceffer et al., 1993). کاربرد کودهای آلی روی نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) نشان داد که عملکرد اسانس آن در کشت ارگانیک ۱۱۷–۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بود که این مقدار حدود ۸۴–۸۰ درصد عملکرد حاصل از کشت رایج این محصول بود (Kalra, 2003). بنابر گزارش برخی از محققین، سطوح مختلف کود دامی بر عملکرد دانه اسفرزه اثر معنی‌داری داشت، بطوریکه بیشترین عملکرد دانه اسفرزه (۵۴۹ کیلوگرم در هکتار) در سطح پنج تن کود دامی در هکتار حاصل گردید (Koocheki et al., 2004). کودهای آلی فرآورده‌های اصیل و بدون خطری هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند (Nadjafi, 2001). بر اساس گزارش برخی از محققین کودهای آلی سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش نگهداری آب در خاک شدند (Sharifi Ashoorabadi, 1999).

در خصوص اثر استفاده از ورمی‌کمپوست بر ریحان (*Ocimum basilicum* L.) عنوان شده است که مصرف پنج تن در هکتار ورمی-کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK) به ترتیب به میزان ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد بیولوژیک ریحان نسبت به تیمار شاهد شد (Anwar et al., 2005). همچنین نتایج مطالعه‌ای که روی گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens* L.) انجام شد. حاکی از آن است که مصرف ورمی‌کمپوست موجب بهبود قابل ملاحظه گلدهی در مقایسه با شاهد شد (Pandey, 2005). در مطالعه‌ای روی توت فرنگی (*Fragaria ananasa* L.) مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بطور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد (Arancon et al., 2004).

کمپوست قارچ نیز یکی از منابع آلی است که حاوی عناصر غذایی مهم و ضروری گیاه می‌باشد و این مواد غذایی در خاک باقی می‌مانند و باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند. از سوی دیگر، عنوان شده است که این کمپوست قابلیت کاهش بیماری‌های گیاهی را نیز دارد (Vahabi Mashak, 2008).

چون کشت گیاهان دارویی عمدتاً به منظور استفاده از ماده مؤثره آنها می‌باشد و این قبیل مواد در شرایط کم‌نهاده از کیفیت بالایی برخوردارند. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش، ارزیابی اثر چهار نوع کود آلی بر خصوصیات کمی و کیفی چهار نوع گیاه دارویی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹–۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی $^{\circ}$ ۵۹ $^{'}$ ۲۸ و عرض جغرافیایی $^{\circ}$ ۳۶ $^{'}$ ۱۵) بصورت طرح اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: فاکتور اصلی شامل چهار سطح انواع کودهای آلی (کود گاوی کاملاً پوسیده، ورمی‌کمپوست تولید شده از کود گاوی (به نسبت هر کیلوگرم کود گاوی، نیم کیلوگرم کرم گونه (*Eisenia fedita*)، کمپوست قهوه تهیه شده از پوست دانه قهوه و کمپوست قارچ) و فاکتور فرعی شامل چهار نوع گیاه دارویی اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی بود. قبل از انجام آزمایش از نقاط مختلف زمین آزمایش از عمق ۳۰–۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری انجام و درصد عناصر اصلی آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۱). همچنین عناصر اصلی کودهای آلی استفاده شده نیز تعیین گردید که در جدول ۱ نشان داده شده است.

در اسفندماه سال قبل از اجرای آزمایش عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار انجام شد و کودهای آلی با استفاده از دیسک در هر کرت اصلی با خاک مخلوط گردید. کود گاوی کاملاً پوسیده، ورمی‌کمپوست، کمپوست قارچ و کمپوست قهوه به ترتیب برابر با ۲۰، ۲، ۵ و ۲ تن در هکتار مورد استفاده قرار گرفتند. بذر گیاهان دارویی مورد آزمایش در انتهای اسفند ماه در زمینی به طول ۲۴ و عرض ۱۴ متر در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ متر مربع بصورت دست‌پاش کشت شد. میزان بذر مصرفی در هکتار برای اسفرزه، قدومه شهری و شیرازی، بارهنگ و تخم شربتی پنج کیلوگرم در هکتار بود. سپس در هر کرت جویچه‌هایی با فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر جهت آبیاری ایجاد شد. طول هر بلوک ۲۴ متر و بین بلوک‌ها دو متر بعنوان حاشیه (راهرو) در نظر گرفته شد. در انتهای هر بلوک یک زهکش جهت خروج آب آبیاری و عدم تداخل با بلوک بعدی ایجاد گردید. اولین آبیاری در تاریخ ۸۹/۱/۵ انجام گردید. بذور اسفرزه در تاریخ ۸۹/۱/۱۰، قدومه شیرازی در تاریخ ۸۹/۱/۱۵، قدومه شهری ۸۹/۱/۱۸ و تخم شربتی در تاریخ ۸۹/۱/۲۰ سبز شدند. پس از سبز شدن بذور مذکور بوته‌های اضافی در مرحله ۴–۳ برگی تنک شدند بطوریکه فاصله روی ردیف برای اسفرزه، قدومه شهری و شیرازی ۱۰ سانتی‌متر و فاصله برای تخم شربتی ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم بوته برای تخم شربتی ۲۲/۱۷ بوته در متر مربع و برای سایر گیاهان

۳۳/۳۳ بود. مدار آبیاری برای گیاهان مورد آزمایش هفت روز بود. در طول فصل رشد هیچ گونه آفت یا بیماری مشاهده نشد. همچنین از هیچ نوع کود شیمیایی و یا آلی دیگری بجز تیمارهای آزمایش استفاده نگردید. علف‌های هرز بصورت وجین دستی در دو مرحله ۶-۴ برگی گیاه دارویی و دو هفته بعد انجام شد. در زمان برداشت در هر کرت ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی اندازه گیری شد.عملیات برداشت از تاریخ ۸۹/۳/۱۵ و با ظهور علائم رسیدگی آغاز شد. برای اندازه گیری وزن خشک از هر کرت سه بوته بصورت تصادفی انتخاب و سپس در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس بوته‌ها توزین شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد بذر، پس از بوجاری، بذور بوته‌های برداشت شده از سطحی معادل یک متر مربع ازهر کرت (پس از حذف اثرات حاشیه‌ای)، توزین وعملکرد دانه تعیین شد. جهت اندازه گیری درصد موسیلاژ، بذور به آزمایشگاه منتقل شد. مقدار موسیلاژ، با استفاده از ۱۰۰ گرم بذر و بر اساس روش میشرا اندازه گیری شد (Mishra et al., 2002). اندازه‌گیری صفاتی نظیر تعداد بذر در بوته، وزن هزار دانه با استفاده از سه بوته انتخابی بصورت تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS version 9.1 آنالیز و نمودارهای مربوطه با کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شد. مقایسات میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و با روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (Zare & Feizabadi, 2012).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین گیاهان دارویی مورد مطالعه از نظر تعداد بذردربوته، وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد بذر در هکتار، ارتفاع گیاه و درصد موسیلاژ در سطح یک درصد و از نظر وزن هزاردانه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). براساس نتایج بدست آمده تأثیر کودهای مختلف آلی بر گیاهان مورد آزمایش از نظر کلیه صفات مورد مطالعه بجز وزن هزاردانه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). اثر متقابل نوع گیاه در نوع کود آلی فقط برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

تعداد بذر در بوته

تأثیر کودهای مختلف روی تعداد بذر در بوته معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). مقایسه کودهای آلی نشان داد که استفاده از کود گاوی بیشترین و کمپوست قارچ کمترین تعداد بذر در بوته را تولید نمودند. کود گاوی از نظر تعداد بذر در بوته نسبت به کمپوست قارچ، افزایشی معادل ۶۸/۱۸ درصد نشان داد. تیمار ورمی‌کمپوست و کمپوست قهوه به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱). کودهای رایج دامی (مانند کود گاوی) باعث افزایش نیتروژن خاک شده و در نتیجه در افزایش رشد گیاه مؤثره واقع می‌شود. نیتروژن آلی در کود دامی نسبت به کمپوست‌ها بالاتر است.

همچنین سرعت معدنی شدن نیتروژن در کمپوست‌ها از کودهای دامی کمتر است، لذا نسبت به کودهای دامی کمتر باعث تأمین نیتروژن گیاه می‌شود (Sowdaee et al., 2007). از طرف دیگر، در بین کمپوست‌ها، ورمی‌کمپوست بدلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت (Atiyeh et al., 2001) و همچنین تنظیم اسیدیته و افزایش ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت باعث ایجاد اثرات مطلوب بر گیاه می‌شود (Mcginnis, et al. 2003).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه و کودهای مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physicochemical characteristics of farm soil and organic fertilizers applied in the experiment

	بافت texture	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorous (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر مربع) EC(dS.m^{-1})	اسیدیته pH
کود گاوی Cow manure	___	2.6	1.8	1.2	7.8	7.9
ورمی‌کمپوست Vermicompost	___	1.8	1.7	1.4	8.8	8.2
کمپوست قارچ Mushroom compost	___	1.4	1.5	1.1	8.5	7.4
کمپوست قهوه Coffee compost	___	1.3	1.5	1.3	8.4	7.3
خاک Soil	سیلتی لوم Silty-loam	0.23	0.15	0.14	1.2	7.5

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی

Table 2- Analysis of variation of organic fertilizers mean squares impact on qualitative and quantitative traits of blond psyllium, clasping pepperweed and qodume shirazi and dragon's head L.

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares					
		ارتفاع گیاه Plant height	تعداد بذر در گیاه Number of seeds in plant	وزن هزاردانه 1000-weight seed	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	عملکرد بذر Seed yield	درصد موسیلاژ Mucilage percentage
تکرار Replication	2	60.771 *	4482.021 ns	6.5641 *	47401.896 ns	5246.896 ns	5.396 ns
گیاه دارویی (A) Medicinal plant(A)	3	1430.833 **	178730.076 **	6.6460 *	4556146.021 **	97475.1 **	418.1 **
خطای اصلی Main plot error	6	12.271	11445.076	0.045	36897.146	1384.535	1.59
کود آلی (B) Organic manure (B)	3	111.778 **	89399.41 **	1.6637 ns	1367683.743 **	28190.02 **	29.91 **
A×B	9	6.685 ns	7046.28 ns	1.2978 ns	134762.65 **	4879.231 ns	1.3 ns
خطای فرعی Subplot Error	24	4.563	5102.56	0.054	21117.861	26261.097	0.681
ضریب تغییرات (%) CV (%)		7.28	15.49	12.11	9.88	12.58	4.37

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

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

بر اساس گزارش برخی محققین، مصرف کود گاوی کاملاً پوسیده تعداد بذر در بوته را در زیره سبز از ۲۹۶ به ۳۶۴ بذر افزایش داد (Ahmadian et al., 2006). این نتایج با یافته‌های قنبری و همکاران (Ghanbrai et al., 2005) روی زیره سیاه (*Carum carvi* L.) مطابقت داشت. در گزارشی عنوان شد که کود دامی تأثیر مثبت بر تعداد دانه در سنبله در اسفرزه داشت (Yadav et al., 2003)، اما گزارش دیگری حاکی از آن است که اثر کود دامی بر تعداد بذر در گیاه اسفرزه معنی‌دار نبود (Koocheki et al., 2004). گزارش یک تحقیق حاکی از آن است که با افزایش مقدار کود دامی از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار تعداد بذر در گیاه لوبیا سبز (*Phaseolus vulgar* L.) از ۱۴۰ به ۱۷۸ افزایش یافت (Gomma et al., 2007).

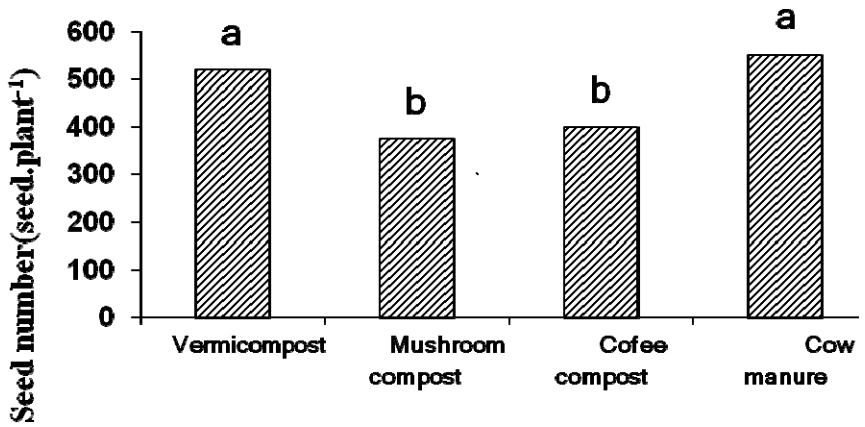
در یک تحقیق روی گیاه رازیانه (*Foenicudum vulgare* Mill.) مشخص شد که مصرف کودهای آلی و دامی باعث افزایش تعداد دانه در بوته شد (Moradi, 2009). در این تحقیق، دلیل این افزایش بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و همچنین افزایش آب قابل دسترس گیاه ناشی از بهبود فیزیکی خاک بیان شد.

وزن خشک اندام‌های هوایی

اثر کودهای مورد آزمایش بر وزن خشک هوایی معنی‌دار شد ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). عملکرد ماده خشک با کاربرد کود گاوی برابر با ۱۸۱۶ کیلوگرم در هکتار و با کاربرد کمپوست قارچ ۱۱۴۷ کیلوگرم در هکتار بود. پس از کود گاوی، کاربرد ورمی‌کمپوست با ۱۷۰۳ کیلوگرم در هکتار و کمپوست قهوه با ۱۲۱۸ کیلوگرم در هکتار از نظر تولید ماده خشک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۲). برخی از محققین گزارش نمودند که استفاده از کود گاوی پوسیده باعث افزایش ۷۸ درصدی در محصول رازیانه شد (Sharifi et al., 1999).

بر اساس نتایج نامبردگان میزان عملکرد بذر، کاه و عملکرد بیولوژیک در روش تلفیقی نسبت به دو روش شیمیایی و ارگانیک بیشتر بود که این افزایش با مصرف کود دامی مشهودتر بود.

برخی دیگر از محققین نشان دادند که کاربرد مقادیر متعادلی از ورمی‌کمپوست بالاترین وزن تر و خشک را در ریحان داشت (Azizi et al., 2009). در این آزمایش اثر متقابل نوع گیاه دارویی در نوع کود آلی معنی‌دار بود (جدول ۱).

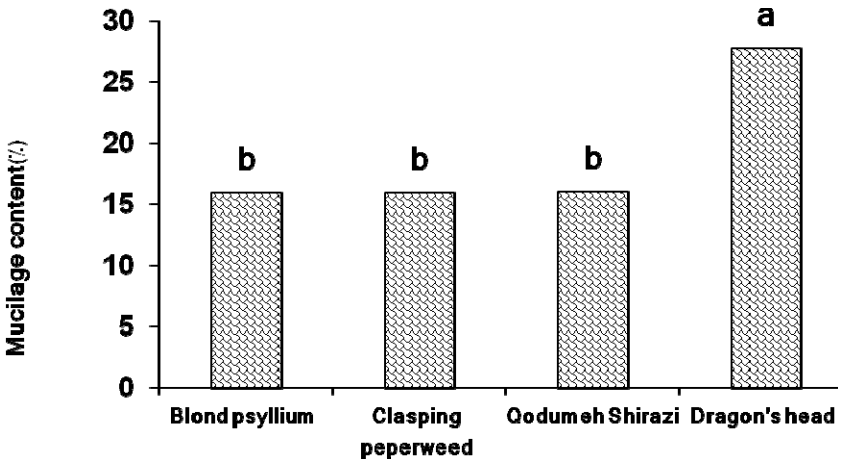


شکل۱- تأثیر کودهای آلی بر تعداد بذر چهار گیاه دارویی (اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig. 1- Impact of organic fertilizers on seed number of four medicinal plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



شکل۲- تاثیر کودهای آلی بر وزن ماده خشک اندام‌های هوایی چهار گیاه دارویی (اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig.2- Effect of organic fertilizers on dry matter weight of arial part of four medicinali plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

اثرات متقابل تیمار تخم شربتی و کود گاوی با ۲۷۹۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار بیشترین و اثر متقابل اسفرزه و کمپوست قارچ با ۵۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین مقادیر را داشتند(جدول ۳). بر اساس گزارش یک تحقیق، تیمار کمپوست چای نسبت به کود گاوی ماده خشک بیشتری در آویشن (*Thymus vulgaris* L.) تولید نمود (Hendawy et al., 2010).

استفاده از کود گاوی پوسیده باعث آزادسازی نیتروژن بیشتر در خاک نسبت به سایر کودهای آلی شده است و بدلیل اینکه نیتروژن نقش مهمی در افزایش ماده خشک گیاهان دارد، لذا به نظر می‌رسد که در این آزمایش کود گاوی باعث تولید ماده خشک بیشتر شده است. احتمالاً ورمی‌کمپوست نیز بدلیل قدرت بالای ذخیره رطوبت نقش مهمی در افزایش فتوستز گیاهان بدلیل فراهمی آب بیشتر

داشته است که باعث تولید ماده خشک بیشتری می‌شود (شکل ۲). علاوه بر این، از آنجا که درصد نیتروژن ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش پس از کود گاوی بیشترین بوده و لذا نسبت به سایر کمپوست‌های مورد بررسی باعث افزایش بیشتری در رشد گیاه و تولید ماده خشک بیشتری شده است.

عملکرد بذر

تأثیر کودهای مختلف آلی بر عملکرد بذر گیاهان مورد آزمایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲). کاربرد کود گاوی با عملکرد بذر ۴۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین و پس از آن ورمی‌کمپوست (۴۲۴/۳ کیلوگرم در هکتار)، کمپوست قارچ (۳۷۷/۶ کیلوگرم در هکتار) و کمپوست قهوه (۳۵۹/۸ کیلوگرم در هکتار) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۳). در این آزمایش اختلاف بین کود گاوی و ورمی‌کمپوست و انواع کمپوست از نظر آماری معنی‌دار بود. کودهای آلی با توجه به مقادیر مناسب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و فرم گوگرد قابل استفاده در طول دوره رشد باعث تسریع اندام‌های رویشی و زایشی گیاه شده و خصوصیات کیفی گیاه دارویی اسفرزه را بهبود می‌بخشد (Bajiya, 1994).

بر اساس گزارش خندان (Khandan, 2004)، کود آلی با افزایش جذب عناصر توسط گیاه باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در دانه و کاه گیاه دارویی اسفرزه شد. وی بیان کرد کود گاوی بیشتر از کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش مؤثر است. برخی از محققین نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست بعلت اثرات فیزیکی و نیز تولید مواد تنظیم کننده رشد باعث افزایش رشد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mile.) شد (Atiyeh et al., 2000). افزایش استفاده از کود دامی از ۱۰ تا ۲۰ تن باعث افزایش عملکرد لوبیا سبز به مقدار هشت درصد شد (Gomma et al., 2007). وجود کود دامی در خاک ضمن تأمین مقادیری از عناصر غذایی، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، امکان آماده‌سازی بستر مناسب‌تر برای رشد ریشه و افزایش رشد سبزینگی و بهبود کیفیت و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Omid Beygi, 2005).

ارتفاع گیاه

اثر کودهای آلی بر ارتفاع گیاهان مورد آزمایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۲). تیمار کود گاوی بیشترین مقدار ارتفاع گیاه (۳۲/۱۷ سانتی‌متر) را نسبت به سایر تیمارها داشت. پس از کود گاوی، ورمی‌کمپوست با ۳۱/۳۶ سانتی‌متر در رتبه دوم قرار گرفت وپس از آنها کمپوست قهوه و کمپوست قارچ به ترتیب ارتفاعی معادل ۲۷/۵ و ۲۶ سانتی‌متر تولید نمودند (شکل ۴).

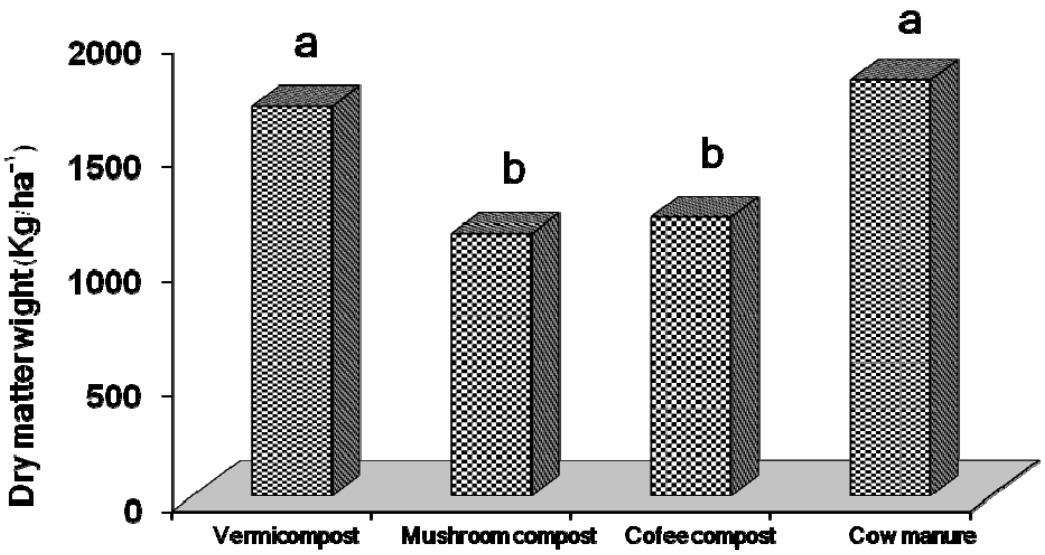
جدول ۳- اثرات متقابل گیاه و کودآلی برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی

Table 3- Interactions between plant × organic fertilizer for shoot dry weight

اسفرزه Blond Psyllium									
قدومه شهری Clasping pepperweed									
کود گاوی Cow manure	کمپوست قهوه Coffee compost	کمپوست قارچ Mushroom compost	ورمی‌کمپوست Vermicompost	کود گاوی Cow manure	کمپوست قهوه Coffee compost	کمپوست قارچ Mushroom compost	ورمی‌کمپوست Vermicompost	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
2071 c	1383 f	1416 ef	1774 d	1451 ef	940.3 g	583.3 h	1656 de*	
تخم شربتی Dragon's head				قدومه شیرازی Qodume shirazi				
کود گاوی Cow manure	کمپوست قهوه Coffee compost	کمپوست قارچ Mushroom compost	ورمی‌کمپوست Vermicompost	کود گاوی Cow manure	کمپوست قهوه Coffee compost	کمپوست قارچ Mushroom compost	ورمی‌کمپوست Vermicompost	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
2790 a	1788 d	1877 cd	2499 b	949.7 g	gh 760.3	710.3 gh	884.3 g	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در ردیف بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* Means in treatments followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



شکل۳- تأثیر کودهای آلی بر عملکرد بذر چهار گیاه دارویی (اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig. 3- Impact of organic fertilizers on four medicianl plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

برخی از محققین گزارش نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست بر افزایش ارتفاع بابونه آلمانی (*Matricaria chammimila* L.) معنی‌دار بود (Azizi et al., 2009). نتایج تأثیر ورمی‌کمپوست بر ارتفاع گیاه با گزارشات سایر محققین در مورد بادمجان (*Solanum melongena* L.)، بامیه (*Abelomoschus esculentus* Moench.) و گوجه فرنگی (Gajalakshmi et al., 2002)، همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) (Atiyeh, 2002) و هویج (*Dacus carota* L.) (Muscolo, 1999) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که علت افزایش ارتفاع گیاه در اثر کاربرد مواد آلی، تولید مواد تحریک کننده رشد باشد که احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی خاک در اثر وجود اسید هیومیک موجود در ورمی‌کمپوست و نیز افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Arancon et al., 2005) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Arancon et al., 2004) در خاک باعث بهبود رشد گیاه و از جمله افزایش ارتفاع آن شده است. کود دامی در خاک ضمن تأمین مقداری مواد غذایی، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش نگهداری رطوبت، امکان آماده‌سازی بستر زمین برای رشد بهتر ریشه و بدلیل بیشتر بودن مقدار نیتروژن نسبت به سایر تیمارها باعث افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع در گیاه شده است (Ahmadian et al., 2006). استفاده از کودهای دامی از ۱۰ تا ۳۰ تن در هکتار باعث افزایش ارتفاع گیاه لوبیا سبز شد (Gomma, 2007). نتایج این محققین با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. برخی از محققین گزارش نمودند که کود گوسفندی بیشترین تأثیر را روی ارتفاع گیاه آویشن داشت و پس از آن کمپوست چای باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه آویشن شد که دلیل افزایش ارتفاع گیاه را بیشتر بودن مقدار نیتروژن کود بیان نمودند (Hendawy et al., 2010).

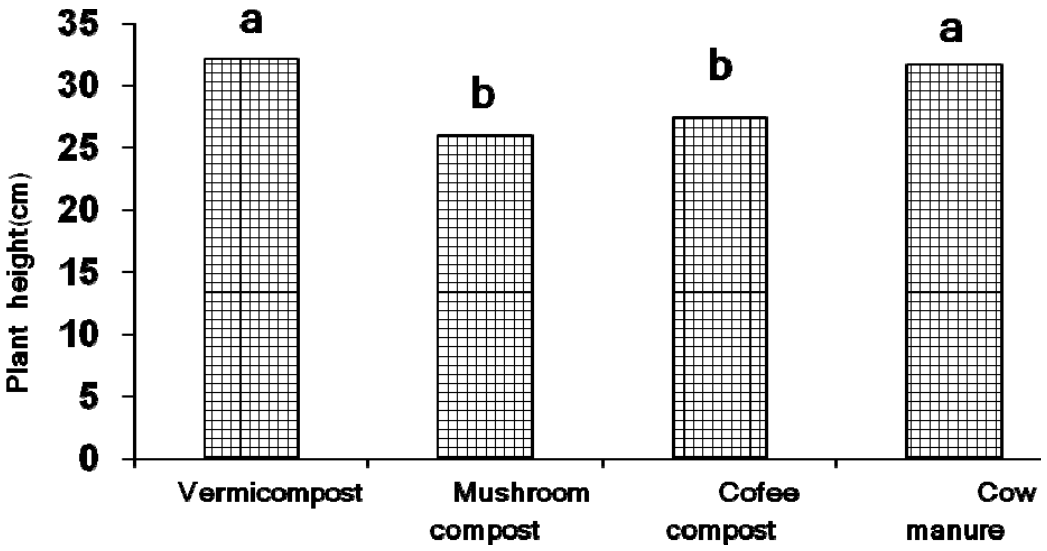
وزن هزار دانه

اختلاف بین کودهای آلی مورد استفاده از نظر وزن هزار دانه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) نبود (جدول ۱). برخی از محققین نشان دادند که تأثیر مصرف کود دامی بر وزن هزار دانه زیره سبز معنی‌دار نبود (Ahmadian et al., 2006; Koocheki et al., 2004; Lotfi et al., 2008; Naghedinia et al., 2007; Saboor Bilandi, 2004).

خندان (Khandan, 2004) بیشترین وزن هزاردانه اسفرزه را در کاربرد هشت تن کود گاوی بدست آوردکه نسبت به کاربرد کمپوست زباله شهری، و کاربرد چهار تن کود گاوی و نیز تیمارهای کودهای شیمیایی از نظر آماری معنی‌دار بود.

درصد موسیلاژ دانه

نتایج نشان داد که گیاه دارویی تخم شربتی با ۲۷/۷۵ درصد، بیشترین درصد موسیلاژ را داشت و پس از آن قدومه شیرازی (۱۶ درصد)، اسفرزه و قدومه شهری (۱۵/۹۲ درصد) در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۵). نتایج یک تحقیق حاکی از آن است که تفاوت معنی‌داری از نظر درصد موسیلاژ بین دو گونه گیاه دارویی اسفرزه و پسیلیوم وجود دارد (Koocheki et al., 2004).



شکل٤- تأثیر کودهای آلی بر ارتفاع چهار گیاه دارویی(اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig. 4- Effect of organic fertilizers on plant height of four medicinal plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

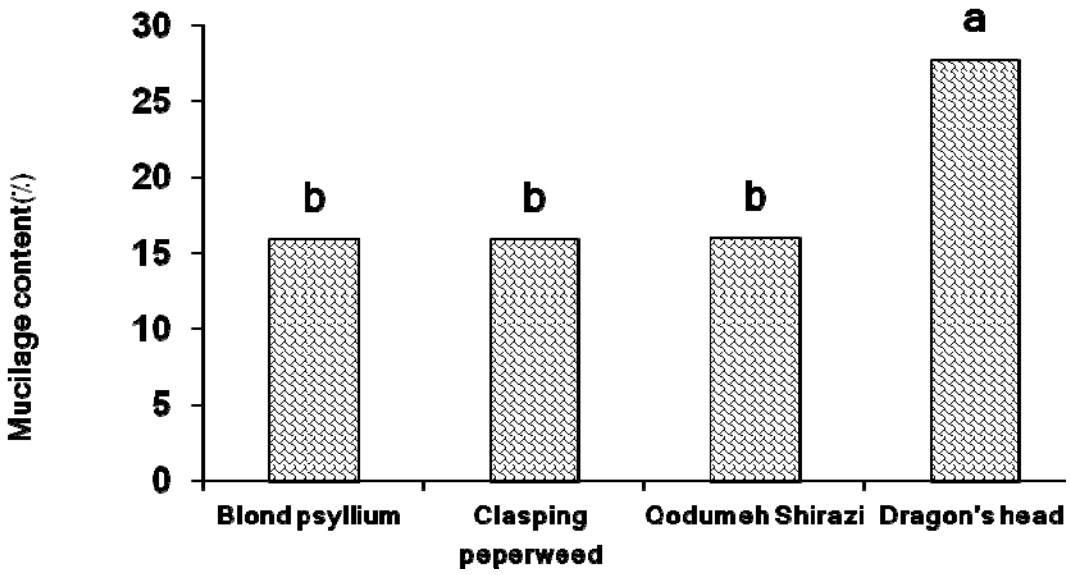
Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

اثر کودهای آلی بر درصد موسیلاژ گیاهان مورد آزمایش معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۱) بود (جدول ۲). کود گاوی با ۲۰/۷۵ درصد موسیلاژ بیشترین و کمپوست قارچ با۱۷/۵۸ درصد موسیلاژ کمترین مقادیر را داشتند. پس از کود گاوی، ورمی‌کمپوست با ۱۹/۶۷ درصد و کمپوست قهوه با ۱۷/۵۸ درصد رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند (شکل ۶). برخی محققین نشان دادند که اثر کود دامی بر درصد موسیلاژ دانه اسفرزه و پسیلیوم معنی‌دار نبود، با اینحال، بیشترین مقدار موسیلاژ در بذور اسفرزه در تیمار پنج تن در هکتار و برای پسیلیوم برای ۱۵ تن کود دامی بدست آمد (Koocheki et al., 2004). سایر محققین نشان دادند که تأثیر مصرف کود دامی بر درصد موسیلاژ در گیاه اسفرزه مثبت بود (Lotfi et al., 2008).

کاربرد کودهای آلی باعث افزایش خصوصیات کمی و کیفی محصول می شود. شیفر و کوهلر (Scheffer et al., 1993) گزارش نمودند که مصرف مواد آلی در بومادران باعث افزایش تولید زیست توده و همچنین افزایش درصد اسانس شد. در آزمایشی کاربرد کمپوست نیز باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه ریحان شد (El gendy et al., 2001). خندان (Khandan, 2004) نتیجه گرفت که کود آلی با افزایش جذب عناصرگیاه باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در دانه و کاه گیاه دارویی اسفرزه شد. وی بیان کرد کود گاوی بیش از کود شیمیایی در افزایش عملکرد دانه وکاه و کلش و درصد موسیلاژ اسفرزه مؤثره است.

نتیجه‌گیری

در بین گیاهان دارویی مورد بررسی تخم شربتی از نظر درصد موسیلاژ (۲۷/۷۵ درصد) نسبت به سایر گیاهان بیشترین میزان را داشت. تأثیر کودهای آلی بر تعداد بذر دربوته، ماده خشک اندام‌های هوایی، ارتفاع گیاه و درصد موسیلاژ دانه معنی‌دار بود و در بین کودهای آلی، استفاده ازکود گاوی کاملاً پوسیده با تولید ۱۸۱۶ کیلوگرم در هکتار ماده خشک، عملکرد بذر ۴۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار، تعداد ۵۵۰ بذر در بوته، ارتفاع گیاه ۳۲/۱۷ سانتی‌متر و درصد موسیلاژ ۲۰/۷۵ درصد، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد. مصرف کود گاوی باعث شد که در بین تیمارهای آزمایشی گیاه دارویی تخم شربتی با ۲۷۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین ماده خشک را تولید نماید.

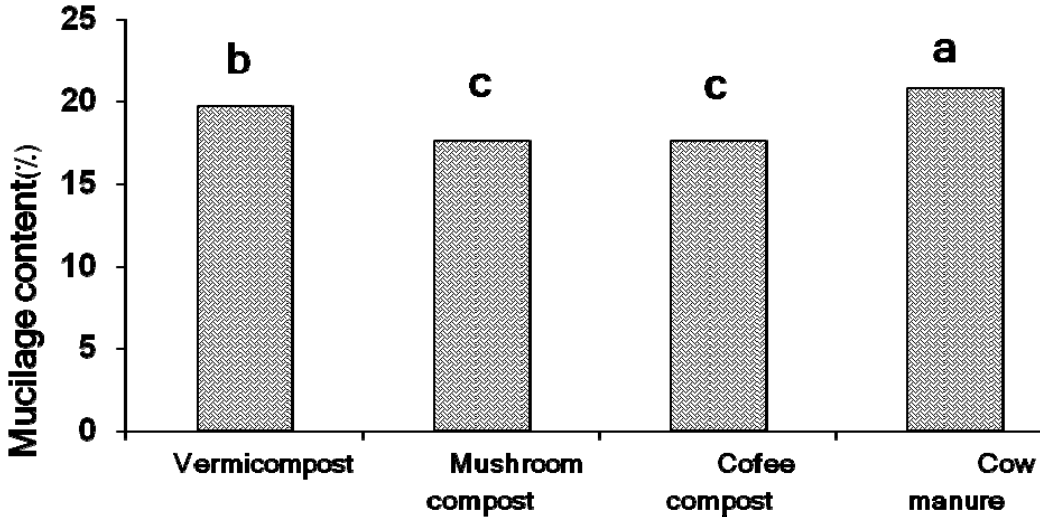


شکل۵- مقدار موسیلاژ در چهار گیاه دارویی (اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig. 5- Mucilage percentage of four medicinal plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



شکل٦- تاثیر کودهای آلی بر مقدار موسیلاژ چهار گیاه دارویی (اسفرزه، قدومه شهری، قدومه شیرازی و تخم شربتی)

Fig. 6- Impact of organic fertilizers on mucilage percentage of four medicinal plants (blond psyllium, clasping peperweed, qodumeh shirazi and dragon's head)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

منابع

1- Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research 4:1-10. (In Persian with English Summary)

2- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures

and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.
3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influence of vermicompost on field strawberries. Bioresource Technology 93: 145-153.
4- Arancon, N.Q., Galvis P.A., and Edwards, A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioreource Technology 96(10): 1137-1142.
5- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 78:11-20.
6- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. Incoroporation of earthworm-processed organic wastes into greenhouse containrer media for production of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.
7- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D. 2000. Earthworm- processesd organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8: 215-223.
8- Azizi, M., Razavi, M., Hasan Zadeh Khayyat, M.H., and Lakzian, A., and Neamati, H. 2009. Effect of various levels of vermicompost and irrigation on morphologic charachteristic of *Matricaria recutita* Var. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 82-93. (In Persian with English Summary)
9- Bajiya, H.S. 1994. Response of fenugreek to phosphorous and sulfur. MSc Thesis in Agronomy, Rajasthan Agricultural University, Bikaner, India.
10- Chatterjee, S.K. 2002. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants in India. A Commercial Approach. International Conference on Medicinal and Aromatic Plants: Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant Production in 21 st Century, Chemical Weekly, November.
11- El Gendy, S.A., Hosni, A.M., Omer, E.A., and Reham, M.S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. Arab University Journal of Agriculture Science 9: 915-933.
12- Gajalakshmi, S., and Abbasi, S.A. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crassandra undeolafolia* and on several vegetables. Bioresource Technology 85: 197-199.
13- Ghanbari, A., Ahmadian, A., and Galavi, M. 2005. The effect of irrigation times and animal manure on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research 3(2): 255-262.
14- Gomaa, A.M., and Mohamed, M.H. 2007. Application of bio-Organic agriculture and its effect on Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) root nodules, forages, seed yield and yield quality. World Journal Sciences 3(1): 91-96.
15- Griffe, P., and Metha S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO 2: 52-63.
16- Hendawy, S.F., Ezz El-Din, A.A., Aziz, E., and Omer, E.A. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. Ozean Journal of Applied Sciences 3(2): 203-216.
17- Kalra, A. 2003. Organic Cultivation of Medicinal and Agronomic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding plants (MADPs). FAO. 189 pp.
18- Khandan, A. 2004. Effect of organic and chemical fertilizer on physical and chemical properties of soil and medicinal plant of *Plantago ovata*. MSc Thesis in College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
19- Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Organic cultivation of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium* in response to water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 67-79. (In Persian with English Summary)
20- Kuepper, G. 2000. Manures for Organic Crop Production. ATTRA. Available Online: www.attra.org/attra-pub/manures.html.
21- Lotfi, A.,Vahabi sedehi, A., Ghanbari, A., and Heydari, M. 2008. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of *Plantago ovata* Forssk. in Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 506-518. (In Persian with English Summary)
22- Mcginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T., and Lorscheider, M. 2003. Organic fertilizers for basil treatment production. Acta Horticulturea 491: 213-218.
23- Mishra, A., Rajani, S., and Dube, R. 2002. Flocculation of textile wastewater by *Plantago psyllium* mucilage, Macromol. Mater Engineering 287(9): 592-596.
24- Moradi, R. 2009. Investigation of biologic and organic fertilizers on yield and yield componenets and essential oil content of *Foeniculum vulgare.* MSc Thesis in College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
25- Muscolo, A., Bovalo, F., and Gionfriddo, F. 1999. Earthworm humic matter products auxin-like effects in *Dacus*

carota cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and Biochemistry 31: 1303-1311.
26- Nadjafi, F. 2001. Effect of irrigation regimes and plant densities on yield and agronomic properties of *Plantago ovata* Forssk. MSc Thesis of Agronomy. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
27- Naghedi Nia, N. 2007. Effect of irrigation regimes and manure application on yield and growth of cumin (*Cuminum cyminum* L.) MSc Thesis of Agronimy. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
28- Omid Beygi, R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Beh Nashr Publication, Astan Ghods Razavi, Mashhad, Iran 347 pp. (In Persian)
29- Pandey, R. 2005. Mangement of Meloidogyne incognita in *Artemisia pallens* with bio-organics. Phytoparasitica 33: 304-308.
30- Saboor Bilandi, M. 2004. Effect of varius levels of manure on yield of dryland farming of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Gonabad. The First Conference of Cumin in Iran. Azad University of Sabzevar, Iran. pp.88-89. (In Persian with Summar English)
31- Sceffer, M.S.C., Ronzelli Junio, P.R., and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essesntial oil of *Achillea millefolium* L. Acta Hoticulture (ISHS) 331: 109-114.
32- Sharifi Ashoor Abadi, A. 1999. Effect of soil fertility in agronomic ecosystems. PhD Thesis in Agronomy. Azad University Science and Technology. (In Persian with English Summary)
33- Sowdaee, S., and Avestan, S. 2007. Synthetic of mineralization of nitrogen in a soil treated by compost, vermicompost and manure. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 405-411.
34- Vahabi Mashak, H., Seyyed Hosseini, M., Sharafa, M., and Hatami, S. 2008. Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on some chemical properties of soil and leachate. Journal of Water and Soil 22(2): 394-406.
35- Yadav, R.D., Keshwa, G.L., and Yadva, S.S. 2003. Effect of integrated use of FYM, and sulphur on yield and quality of lentil plants in sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(3): 748-752.
36- Zare Feizabadi, A., and Emamverdian, A.G. 2012. Effect of mixed cropping on yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Agroecology Journal 4(2): 144-150. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۳۸-۲۷

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 27-38

بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بنه بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی ملایر

مجید رستمی[1*] و هدا محمدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

به منظور مطالعه اثرات تاریخ کاشت و تراکم بنه بر عملکرد و برخی خصوصیات رویشی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی ملایر، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت (۲۵ تیر، ۲۵ مرداد و ۲۵ شهریور ماه) و چهار تراکم (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در متر مربع) بودند. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد گل، تعداد برگ، طول کلاله و وزن خشک کلاله هر گل معنی‌دار بود، در حالی‌که تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کلاله، تعداد گل، طول دوره گلدهی، تعداد و طول برگ‌ها، وزن و طول کلاله و تعداد بنه‌های دختری داشت. کاشت در تیرماه باعث تولید بیشترین تعداد گل در واحد سطح و بیشترین میزان طول و وزن کلاله شد، ولی با این‌حال از لحاظ عملکرد کلاله اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تاریخ کاشت مشاهده نشد. افزایش تراکم کاشت نه تنها باعث شد گلدهی زودتر شروع شود بلکه باعث کاهش معنی‌دار دوره گلدهی نیز شد، به صورتی‌که با افزایش تراکم از ۲۵ بنه در متر مربع به ۱۰۰ بنه در متر مربع، طول دوره گلدهی ۳۳ درصد کاهش یافت. با افزایش تراکم کاشت از ۲۵ به ۱۰۰ بنه در متر مربع تعداد بنه دختری تولید شده نیز ۵۶ درصد کاهش یافت. به طور کلی، کاشت در تیرماه اثرات مثبت بیشتری بر خصوصیات رشدی زعفران داشت. از سوی دیگر، تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در متر مربع به دلیل تأثیر مثبت بر عملکرد و کاهش طول دوره گلدهی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برگ زعفران، بنه دختری، دوره گلدهی، عملکرد کلاله

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی است علفی و چندساله که متعلق به تیره زنبقیان می‌باشد. این گیاه نیمه گرمسیری می‌باشد و در مناطقی که دارای زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک باشد به خوبی می‌روید. مقاومت زعفران در مقابل سرما زیاد است، ولی چون دوران رشد آن مصادف با پاییز و زمستان است، در این ایام به هوای مناسب و معتدلی نیاز دارد (Behnia, 1996). کاشت و تولید این محصول ارزشمند به طور عمده به کشورهایی چون ایران، اسپانیا، هند و یونان محدود می‌شود، ولی ایران با تولید ۶۵ درصد از کل زعفران تولیدی جهان بزرگترین تولید کننده این محصول به شمار می‌رود (Kafi et al., 2002).

نخستین مزارع زعفران جهان در نواحی الوند و دامنه های زاگرس ایجاد شده است (Abrishami, 2004)، ولی بعدها با گسترش سطح زیر کشت و افزایش تولید در مناطق شرقی کشور، تولید آن در غرب کشور کاهش یافت، به صورتی که در حال حاضر کل سطح زیر کشت این محصول در استان همدان به کمتر از ۵۰ هکتار می‌رسد.

با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی ویژه‌ای که زعفران به آن نیاز دارد نباید انتظار داشت که این محصول از توزیع جغرافیایی گسترده‌ای در سطح جهان برخوردار باشد. اکثر مناطق زعفران‌خیز جهان در عرض‌های جغرافیایی ۲۹ تا ۴۲ درجه شمالی و از آسیای مرکزی در شرق تا اسپانیا در غرب پراکنده شده‌اند و خارج از این محدوده به دلیل مهیا نبودن شرایط رشد و نمو این گیاه، تولید آن بسیار اندک است (Bazrafshan & Ebrahimzade, 2006). این گیاه به دلیل ویژگی‌های خاص از جمله نیاز آبی کم، آبیاری در زمان‌های غیربحرانی نیاز آبی سایر گیاهان، امکان بهره‌برداری از مزارع به مدت چندین سال پس از یک بار کشت، سهولت حمل و نقل و نگهداری محصول، عدم نیاز زراعت آن به ماشین آلات و تکنولوژی پیچیده و

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر
(* - نویسنده مسئول: Email: Majidrostami7@yahoo.com)

اشتغال‌زایی زیاد از موقعیت ویژه‌ای در مناطقی که فاقد استعدادهای صنعتی و دارای محدودیت آب کشاورزی می‌باشند، برخوردار است (Amirghasemi, 2001).

زعفران را می توان از زمان شروع خواب در اوایل خرداد تا اوایل مهرماه در زمین کاشت. در مناطق زعفران‌خیز ایران بیشتر در در فاصله مرداد تا پایان شهریور کاشت صورت می‌گیرد، ولی در استان فارس کاشت در شهریور ماه رایج‌تر است (Abrishami, 2004). نتایج تحقیق دو ساله‌ای که در شرایط آب و هوایی مشهد و قائن انجام شد نشان داد که بهترین زمان کاشت و انتقال بنه به مزارع جدید اواخر اردیبهشت و خردادماه می‌باشد (Sadeghi, 1996). نتایج پژوهش دیگری که در شرق کشور انجام شد، نشان داد که بهترین زمان انتقال بنه‌ها در دوره رکود بنه یعنی فاصله بین اردیبهشت تا تیرماه می‌باشد (Mollafilabi, 2004). هر چه زمان بیرون آوردن بنه‌ها تا کاشت کمتر باشد بهتر است، با این وجود، در صورت وجود شرایط رطوبتی و دمایی مناسب می‌توان بنه‌ها را تا چندین ماه نگهداری کرد (Amirghasemi, 2001). چنانچه در فاصله زمانی بین برداشت بنه‌ها تا کاشت مجدد آنها شرایط محل نگهداری از لحاظ دمایی مناسب نباشد ممکن است تولید گل زعفران در سال اول به کلی متوقف شود. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) نیز به این نتیجه رسیدند که برای حصول عملکرد بالاتر لازم است کاشت بنه‌ها بلافاصله پس از برداشت آنها انجام شود و از کاشت بنه‌های کوچکتر از نه گرم اجتناب شود.

تراکم بوته در واحد سطح بسته به نوع و روش کاشت، عادت زارعین و اندازه بنه متغیر بوده و در منابع مختلف بین ۱/۵ تا ۱۰ تن در هکتار گزارش گردیده است (Behnia, 1996; Amirghasemi, 2001). اکثر پژوهش‌های انجام شده در ایران تراکم مطلوب ۵۰ بوته در متر مربع به وزن ۵-۴ تن بنه درشت در کشت ردیفی را برای دستیابی به حداکثر عملکرد زعفران توصیه نموده‌اند (Kafi ae al., 2002). بهنیا (Behnia, 2008) نیز در آزمایشی با بررسی اثر تراکم-های مختلف در روش‌های کاشت کپه‌ای و ردیفی گزارش نمود که در هر دو روش کاشت در سال‌های اول و دوم اثر تراکم معنی‌دار بود، ولی در سال‌های بعد این اختلاف عملکرد کاهش یافت. به نظر می-رسد که اثرات مطلوب تراکم بالا فقط مربوط به سال‌های اولیه کشت زعفران باشد، زیرا در سال‌های بعد با تکثیر بنه‌ها و تولید بنه‌های دختری اثر تراکم اولیه کاهش می‌یابد.

با توجه به این مطلب که این گیاه از لحاظ نیاز به آب کم توقع می‌باشد و همچنین از آنجا که در سال‌های اخیر بسیاری از اراضی زراعی استان همدان به دلیل کاهش میزان بارندگی و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دچار کاهش شدید عملکرد شده اند، به نظر می‌رسد در صورتی که امکان کاشت این گیاه وجود داشته باشد، تولید این محصول در اراضی مستعد باعث بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان خرده مالک و نیز افزایش کارایی اقتصادی استفاده از نهاده‌ها شود. علاوه بر این، از آنجا که زعفران گیاهی چندساله است، معمولاً کشاورزان به امید افزایش تعداد بنه‌ها در سال‌های بعدی، کاشت را با تراکم پایینی انجام می دهند و اکثرا در سال اول عملکرد چشمگیری بدست نمی‌آورند، به همین دلیل این آزمایش با هدف تعیین زمان مناسب کاشت و همچنین تراکم مطلوب برای تولید عملکرد اقتصادی قابل قبول (بویژه در سال اول تولید) در شرایط آب و هوایی ملایر در استان همدان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بنه، به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ملایر (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ و متوسط بارندگی ۲۴۲ میلی‌متر) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت به عنوان عامل اصلی (۲۵ تیرماه، ۲۵ مردادماه و ۲۵ شهریور ماه) و تراکم بنه (عامل فرعی) در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در متر مربع بودند. روش کاشت به صورت ردیفی و آبیاری به صورت کرتی انجام شد. مهمترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. پس از تفکیک بنه‌ها، بنه‌های درشت (با وزن ۱۱-۹ گرم) در ردیف‌هایی با عمق تقریبی ۱۵ سانتی‌متر در خاک قرار گرفتند. در هر کرت فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر بود و فاصله روی ردیف با توجه به تراکم مورد نیاز محاسبه و اعمال شد. هر کرت به طول چهار و عرض دو متر بود و عملیات آماده‌سازی زمین مطابق روش‌های رایج در مناطق کاشت زعفران انجام شد. همزمان با مرحله شخم اولیه معادل ۲۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده به خاک افزوده شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۴ مهرماه انجام شد و پس از آن تا پایان فصل رشد با توجه به وضعیت بارندگی‌ها بر اساس نیاز گیاه آبیاری صورت گرفت. به منظور کنترل علف‌های هرز در فصل بهار یک بار وجین به صورت دستی انجام شد. همزمان با شروع گلدهی نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی در ساعات اولیه روز آغاز شد و در هر کرت با حذف حاشیه (یک ردیف از هر طرف و یک متر از ابتدا و انتهای کرت) گل‌های ظاهر شده بصورت روزانه جمع‌آوری شده و سپس جهت شمارش و توزین و سایر اندازه‌گیری‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. مجموع وزن خشک کلاله‌های برداشت شده در طی دوره گلدهی به عنوان عملکرد زعفران در هر کرت ثبت شد. برای بررسی اثر تیمارها بر اندازه و تعداد بنه‌ها، بلافاصله پس از زرد شدن برگ‌ها، کلیه بنه‌ها از بخشی از

کرت‌ها به مساحت ۰/۵ متر مربع از خاک خارج شده و پس از شمارش تعداد بنه‌های دختری و جدا کردن ذرات خاک وزن بنه‌ها اندازه گیری و ثبت شد. داده‌های ثبت شده توسط نرم‌افزار Excel مرتب شده و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت (Saraei et al., 2012).

نتایج و بحث

عملکرد کلاله

بیشترین میزان عملکرد کلاله (۲/۷ کیلوگرم در هکتار) در اولین تاریخ کاشت و کمترین میزان عملکرد (۲/۱۲ کیلوگرم در هکتار) در آخرین تاریخ کاشت بدست آمد. با این‌حال، بین تاریخ‌های مختلف کاشت از لحاظ عملکرد کلاله در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. تراکم‌های مختلف کاشت بنه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کلاله زعفران داشتند ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین عملکرد کلاله (۳/۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاشت ۱۰۰ بنه در متر مربع و کمترین میزان عملکرد کلاله (۱/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تراکم کاشت ۲۵ بنه در متر مربع مشاهده شد. با کاهش تراکم کاشت از ۱۰۰ به ۷۵، ۵۰ و ۲۵ بنه در متر مربع، عملکرد کلاله به ترتیب ۳۴، ۴۹ و ۷۱ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

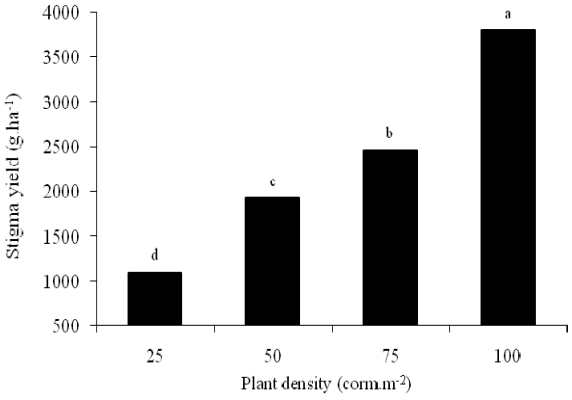
اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم معنی‌دار نشد و در همه تاریخ‌های کاشت بیشترین عملکرد کلاله در تراکم ۱۰۰ و کمترین آن در تراکم ۲۵ بنه در متر مربع مشاهده شد. اگرچه اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد کلاله معنی‌دار نبود، ولی با اینحال، به نظر می‌رسد که بخشی از تفاوت عملکرد کلاله زعفران در دو تاریخ کاشت تیر و شهریور ماه به طول دوره انبارداری تا زمان کاشت بنه‌ها مرتبط باشد. نتایج یک پژوهش دیگر نیز نشان داده است که انبارداری بنه باعث کاهش عملکرد زعفران می‌گردد و اثرات منفی انبارداری در سال اول بیشتر از سایر سال‌ها می‌باشد (Sadeghi, 1996). نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) نیز مشاهده کردند در شرایطی که فاصله برداشت بنه‌ها و کاشت آنها حدود چهار ماه بود، فرآیند تولید گل در بنه‌ها به طور کلی متوقف شده و عملکرد کلاله به صفر رسید، در حالیکه در تیمارهایی که فاصله برداشت و کاشت بنه حدود یک هفته بود متناسب با وزن بنه عملکرد گل و کلاله نیز افزایش یافت. با اینحال، بنا برگزارش این پژوهشگران عدم تولید گل در تیمارهای انبارداری ممکن است به دلیل این باشد که بنه‌ها در دمای پایین یخچال نگهداری شده‌اند که این دما می‌تواند باعث تأمین زودهنگام نیاز سرمایی بنه‌ها و فعال شدن جوانه‌ها و تأثیر نامطلوب بر سایر مراحل رشد گردد. از آنجا که در این آزمایش بنه‌ها پس از برداشت در شرایط معمولی و دمای حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند، ظاهرا اثرات منفی انبارداری در مقایسه با آزمایش نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) کمتر بوده و مشاهده شد که حتی در آخرین تاریخ کاشت نیز توانایی تولید گل در بنه‌ها تا حدود زیادی حفظ شد.

بین عملکرد کلاله و تراکم بنه رابطه مستقیمی وجود داشت و با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله نیز به میزان قابل توجهی افزایش یافت. نتایج اکثر پژوهشگران نیز نشان داد که با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله نیز افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2009; Tamaro, 1999). با این‌حال، در برخی موارد معدود گزارش شده است که افزایش تراکم تأثیری بر عملکرد کلاله نداشته است. به عنوان مثال، محمدآبادی و همکاران (Mohammad-Abadi et al., 2007) با انجام آزمایشی در مشهد به این نتیجه رسیدند که تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد خشک و تر کلاله زعفران نداشته است. از آنجا که برهمکنش تراکم با عوامل متعددی همچون عمق کاشت، اندازه بنه و روش کاشت می‌تواند تأثیرات متفاوتی بر عملکرد کلاله داشته باشد، وجود این نتایج متفاوت را می‌توان به این موارد نسبت داد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties in the studied area

ماده آلی (٪) OM (%)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) EC_e ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture
0.43	230	16	0.11	7.9	1.8	سیلت- رس Silt-clay



شکل ۱- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد زعفران

Fig. 1- Effect of plant density on saffron yield

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

دیجان و همکاران (Dejuan et al., 2009) در آزمایشی دو ساله مشاهده کردند که با افزایش تراکم کاشت بنه از ۵۱ به ۶۹ بنه در متر مربع وزن خشک کلاله تولید شده در بنه کاهش یافت، در حالیکه وزن خشک کلاله در واحد سطح افزایش یافت، این پژوهشگران عقیده دارند تراکم مطلوب کاشت زعفران بستگی به واحد سنجش عملکرد دارد و اگر عملکرد بر حسب وزن بنه کاشته شده بیان شود تراکم کمتر مناسب‌تر است و چنانچه عملکرد بر حسب واحد سطح کاشته شده بیان شود تراکم بالاتر بهتر خواهد بود.

نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) در آزمایشی با هدف بررسی اثر روش کاشت، تراکم و عمق کاشت بر عملکرد زعفران بیان داشتند که با افزایش تراکم کاشت از ۴۴ به ۸۸ بنه در متر مربع عملکرد کلاله به صورت معنی‌داری افزایش یافت، ولی بین تراکم ۸۸ و ۱۷۷ بنه در متر مربع از لحاظ وزن خشک کلاله اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به عبارت دیگر، آن‌ها چنین بیان نمودند که روند تغییرات عملکرد زعفران در تراکم های بالاتر از ۸۸ بوته در متر مربع بسیار اندک بوده است. به عقیده این پژوهشگران اگر افزایش تراکم بنه با افزایش عمق کاشت همراه باشد احتمالا به دلیل فراهم شدن فضای بیشتری برای رشد ریشه‌ها و تغذیه بنه‌ها تأثیر مطلوبتری بر عملکرد کلاله خواهد داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت بنه زعفران از ۸ به ۲۱ تن در هکتار عملکرد کلاله به صورت معنی‌داری افزایش یافت، با اینحال بر اساس نتایج گزارش شده توسط ایشان بین تراکم کاشت ۱۹ و ۲۱ تن بنه در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بهنیا (Behnia, 2008) نیز به این نتیجه رسید که با افزایش تراکم کاشت عملکرد نیز به صورت معنی‌داری افزایش یافت و اثرات مثبت افزایش تراکم کاشت در کشت کپه‌ای در سال اول و دوم کاشت زعفران بیشتر بود. بنا بر نتایج گزارش شده توسط ایشان مشخص گردید هنگامیکه در سال اول اجرای آزمایش تراکم کاشت در روش کپه‌ای سه برابر شد عملکرد زعفران ۷۱ درصد افزایش یافت، در حالیکه با سه برابر شدن تراکم در روش کاشت خطی عملکرد تنها ۳۴ درصد افزایش یافت.

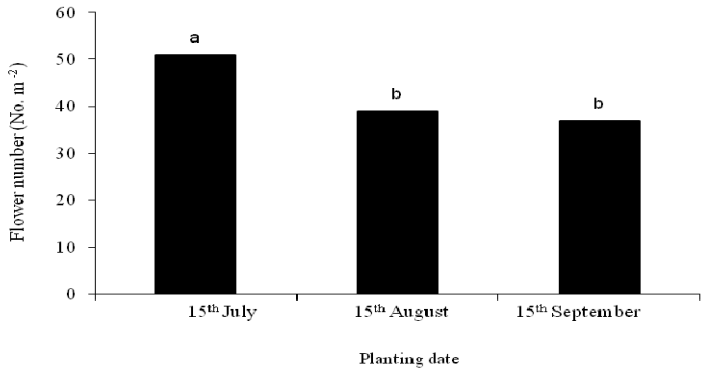
تامارو (Tamaro, 1999) تراکم کاشت مناسب بنه زعفران را ۵۹ تا ۶۲ بنه در متر مربع بیان کردند، در حالیکه در پژوهش‌های انجام شده در ایران توسط علوی شهری و همکاران (Alavi-shahri et al., 1994) و قلاوند و عبدالهیان (Ghalavand & Abdollahian, 1994) تراکم ۵۰ بنه در متر مربع پیشنهاد شده است. با توجه به نتایج نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) کاشت پرتراکم زعفران باعث می‌شود که امکان بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران زودتر فراهم گردد، با اینحال بیشتر کشاورزان به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های اولیه تولید، تمایل بیشتری به کاشت با تراکم متوسط دارند. اگرچه در سیستم‌های کشت در شرایط کنترل شده امکان کاشت با تراکم‌های بیشتر از ۴۵۰ بنه در متر مربع وجود دارد (Molina et al., 2004)، ولی در شرایط مزرعه بیشترین تراکم مورد سنجش و توصیه حدود ۲۵۰ بنه در متر مربع بوده است. بدیهی است که کاشت با این تراکم‌های زیاد فقط در شرایطی منطقی خواهد بود که این محصول به صورت یکساله کاشت شود، زیرا در غیر این صورت به دلیل تکثیر بنه‌ها در سال دوم تراکم بیش از حد تأثیر منفی بر عملکرد زعفران خواهد داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) نیز مشاهده کردند که در سال اول کاشت زعفران تراکم ۲۱ تن بنه در هکتار بیشترین میزان عملکرد کلاله را تولید کرد، در حالیکه در سال دوم عملکرد در این تراکم در مقایسه با تراکم کاشت ۱۹ تن بنه در هکتار کاهش یافت.

به طور کلی، چنین به نظر می‌رسد که تراکم مناسب بستگی به روش تولید و طول زمان بهره‌برداری از مزرعه دارد، با این‌حال بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش برای شرایطی که هدف دستیابی به عملکرد مطلوب در کوتاه مدت است تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در متر مربع قابل توصیه است.

تعداد گل و طول دوره گلدهی

تیمار تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل در واحد سطح داشت ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین تعداد گل در تاریخ کاشت تیرماه مشاهده شد (۵۱ گل در متر مربع) و اختلاف این تیمار با دو تاریخ کاشت دیگر معنی‌دار بود، در حالیکه بین تاریخ کاشت مرداد ماه و شهریور ماه از لحاظ تعداد گل تولید شده در واحد سطح اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). اثر سطوح مختلف تراکم کاشت بنه بر تعداد گل معنی‌دار بود و بیشترین تعداد گل (۷۴ گل در متر مربع) در تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در متر مربع مشاهده شد و با کاهش تراکم تعداد گل در واحد سطح نیز به صورت خطی کاهش یافت (شکل ۳). اثر متقابل تاریخ و تراکم کاشت بر تعداد گل معنی‌دار نشد و در همه تاریخ‌های کاشت روند تغییرات تعداد گل در واحد سطح نسبتاً مشابه بود.

گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) مشاهده کردند که با افزایش تراکم، تعداد گل در واحد سطح نیز افزایش یافت، ولی رابطه بین تراکم بنه و وزن کلاله در گل منفی بود. با اینحال، به دلیل اینکه عملکرد کلاله زیاد تحت تأثیر وزن کلاله در هر گل قرار نمی‌گیرد و بیشتر متاثر از تعداد گل در واحد سطح می‌باشد، افزایش تراکم بنه در نهایت، باعث افزایش عملکرد کلاله در واحد سطح شد و کاهش وزن کلاله هر گل تأثیر ناچیزی بر عملکرد نهایی کلاله داشت.

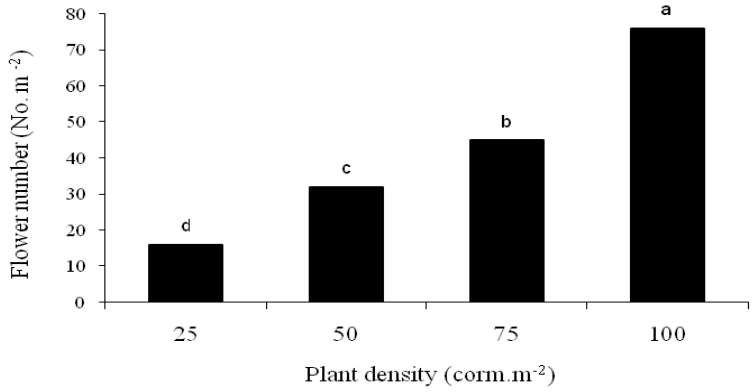


شکل۲- اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر تعداد گل زعفران

Fig. 2- Effect of planting date on flowers number of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).



شکل ۳- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد گل زعفران

Fig. 3- Effect of plant density on flower number of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

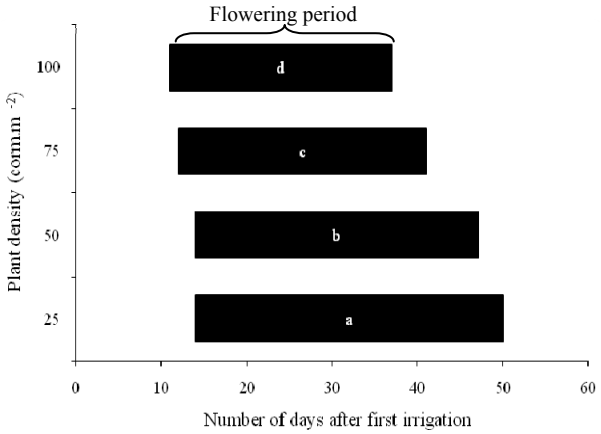
Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

در این آزمایش بنه‌هایی که برای کاشت انتخاب شده بودند نسبتا یکسان و با میانگین وزن ۱۰ گرم بودند، از آنجا که بر اساس شواهد بنه‌های درشت در همان سال اول توانایی گلدهی دارند (Kafi et al., 2002) مشاهده شد که بین تراکم کاشت بنه و تعداد گل در واحد سطح رابطه مستقیمی وجود دارد.

تیمارهای آزمایشی علاوه بر تعداد گل، طول دوره گلدهی را نیز تحت تأثیر قرار دادند (شکل ۴). هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر زمان شروع گلدهی نداشتند. تیمارهای تاریخ کاشت نیز تأثیر معنی‌داری بر طول دوره گلدهی نداشتند، ولی تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت بر طول دوره گلدهی معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش تراکم کاشت طول دوره گلدهی به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۴). عوامل متعددی باعث تأخیر در شروع گلدهی می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به عمق کاشت بیشتر، تأخیر در زمان آبیاری و بافت سنگین خاک اشاره کرد. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که با توجه به بافت سنگین خاک در این آزمایش اعمال تراکم بیشتر باعث شده است تا خروج لوله گل از خاک با سهولت انجام شود که این امر طول دوره گلدهی را کاهش داد. گرستا و همکاران (Gresta et al., 2008) در آزمایشی با هدف مقایسه تاریخ‌های مختلف کاشت و اندازه بنه‌ها مشاهده کردند که در همه تیمارها چند روز پس از بارندگی گلدهی به صورت همزمان اتفاق افتاد. طبق نظر این پژوهشگران، اگرچه تولید گل در زعفران تحت تأثیر دما می‌باشد، ولی زمان گلدهی تحت تأثیر همزمان دما و میزان رطوبت خاک می‌باشد. این پژوهشگران همچنین گزارش کردند که کاشت زود هنگام زعفران باعث افزایش تعداد گل در واحد سطح شد. البته ایجاد تغییر در زمان شروع گلدهی و طول این دوره بسته به شرایط اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی منطقه مورد مطالعه و هدف تولیدکننده ممکن است سودمند یا نامطلوب باشد. به عنوان مثال، کاوسگل و همکاران (Cavusoglu et al., 2009) گزارش کرده‌اند که کاهش طول دوره گلدهی و فراهم کردن امکان گلدهی همزمان بنه‌های زعفران یکی از مهمترین پیش‌نیازهای تولید زعفران به صورت مکانیزه می‌باشد، در صورتیکه برخی دیگر از پژوهشگران عقیده دارند افزایش طول دوره گلدهی در زعفران یکی از موارد مثبت در تولید این محصول می‌باشد، زیرا باعث کاهش نیاز به نیروی کار زیاد در یک بازه زمانی کوتاه می‌گردد. به عقیده مولینا و همکاران (Molina et al., 2004) یکی از عوامل مؤثر در کاهش کشت و کار زعفران در اسپانیا نیاز به نیروی کار فشرده و زیاد است که دلیل اصلی این امر گلدهی زعفران طی یک دوره ۳-۲ هفته‌ای می‌باشد. ازآن‌جا که لازم است گل‌ها روزانه برداشت و عمل جدا کردن کلاله‌ها در همان روز انجام شود در برخی از مناطق به دلیل وسعت سطح زیر کشت امکان تأمین نیروی کار کافی وجود ندارد، لذا در این شرایط افزایش طول دوره گلدهی از ویژگی‌های مثبت می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی شهرستان ملایر و احتمال وقوع بارندگی‌های پاییزه در زمان برداشت گل‌ها به نظر می‌رسد چنانچه طول دوره گلدهی کاهش یابد و یا اینکه دوره گلدهی زودتر شروع شود احتمال کاهش عملکرد و ریسک اقتصادی کشاورزان کمتر خواهد بود.

تعداد و طول برگ

اثر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت بر تعداد برگ تولیدی بنه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و بیشترین تعداد برگ (۸/۱ عدد در هر بنه) در تاریخ کاشت مردادماه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت تیرماه و شهریور ماه داشت (شکل ۵). اعمال تراکم‌های مختلف کاشت بنه نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ داشت.



شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف تراکم کاشت بر زمان شروع و طول دوره گلدهی زعفران

Fig. 4- Effect of plant density on beginning and length of flowering period in saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

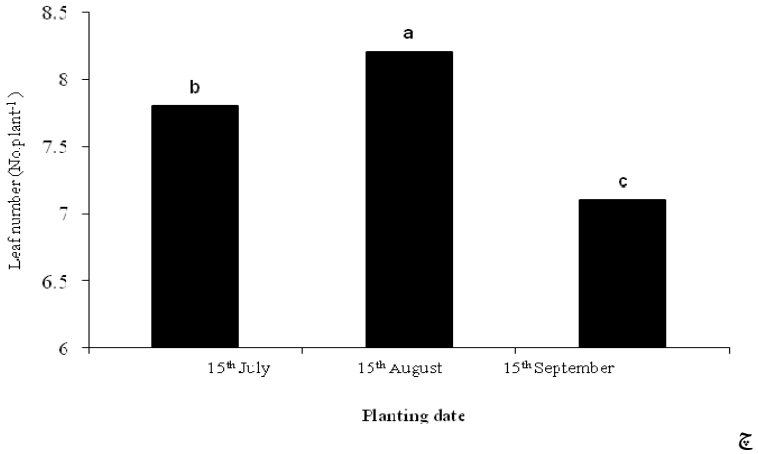
بیشترین تعداد برگ در تیمار ۲۵ بنه در متر مربع مشاهده شد و با افزایش تراکم تعداد برگ‌ها نیز به صورت معنی‌داری کاهش یافت، با اینحال بین تراکم کاشت ۵۰ و ۷۵ بنه در متر مربع از لحاظ تعداد برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶)، اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر تعداد برگ نیز معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد که افزایش تراکم کاشت از طریق کاهش منابع قابل دسترس برای هر گیاه باعث کاهش تعداد برگ در بنه شده است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) نیز گزارش کردند که تراکم زیاد بنه‌های زعفران و تجمع آن‌ها در یک منطقه از مزرعه می‌تواند باعث ایجاد رقابت شدید برای عناصر غذایی و کاهش فضای مناسب برای رشد گردد.

تیمارهای تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر طول برگ نداشتند، ولی بیشترین طول برگ (۳۳ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت تیرماه مشاهده شد. اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر طول برگ معنی‌دار بود و بیشترین طول برگ (۳۴/۲ سانتی‌متر) در شرایط اعمال بیشترین تراکم کاشت مشاهده شد و با کاهش تراکم طول برگ‌ها نیز کاهش یافت. کمترین طول برگ در تیمار کاشت ۲۵ بنه در متر مربع مشاهده شد، ولی اختلاف این تیمار با تراکم ۵۰ بنه در متر مربع معنی‌دار نبود (شکل ۶). به نظر می‌رسد که در شرایط کاشت پرتراکم به دلیل گلدهی زودتر و ظهور سریع‌تر برگ‌ها در این تیمار امکان استفاده از شرایط دمایی و نوری مطلوب برای رشد برگ‌های گیاه فراهم شده است، علاوه بر این، ممکن است وجود تعداد بیشتر برگ در واحد سطح باعث شده باشد که برگ‌های زعفران برای جذب نور بیشتر رشد طولی بیشتری داشته باشند. تعداد و طول برگ زعفران به غیر از تراکم تحت تأثیر برخی از عوامل دیگر از جمله عمق کاشت و زمان آبیاری قرار می‌گیرد. بر اساس گزارش گلوی و همکاران (Galavi et al., 2009) در شرایط کاشت سطحی به دلیل بالاتر بودن دمای خاک تعداد برگ‌های تولیدی زعفران افزایش می‌یابد؛ با اینحال، بین تعداد برگ‌های تولیدی و اندازه آنها رابطه مستقیمی وجود ندارد و برگ‌های تولیدی کوچک‌تر خواهند بود و زودتر به مرحله پیری خواهند رسید و ظرفیت فتوسنتزی کمتری خواهند داشت. نتایج بدست آمده در این آزمایش نیز نشان داد که بین تعداد برگ تولید شده و اندازه آنها یک رابطه منفی وجود داشت. به عبارت دیگر، با افزایش تراکم کاشت، تعداد برگ‌ها کاهش و طول آنها افزایش یافت.

طول و وزن خشک کلاله

اثر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت بر طول کلاله معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و بیشترین طول کلاله در گل‌هایی مشاهده شد که بنه‌های آنها در تیرماه کاشته شده بودند و کمترین طول کلاله در تاریخ کاشت شهریور ماه مشاهده شد (شکل ۷). تراکم‌های مختلف کاشت نیز اثر معنی‌داری بر طول کلاله داشتند و اگرچه بیشترین طول کلاله در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع مشاهده شد، با اینحال بین این تیمار و تراکم کاشت ۲۵ بوته در متر مربع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۸).

وزن خشک کلاله زعفران تحت تأثیر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت و تراکم قرار گرفت. بیشترین وزن خشک کلاله در تاریخ کاشت تیرماه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هر دو تاریخ کاشت دیگر داشت، در حالیکه بین دو تاریخ کاشت دیگر از لحاظ وزن خشک کلاله در هر گل تفاوت معنی‌داری نبود (شکل ۹).



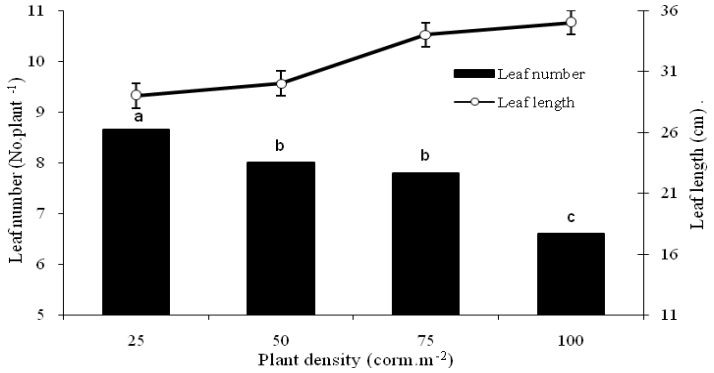
ج

شکل۵- اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر تعداد برگ زعفران

Fig. 5- Effect of planting date on leaf number of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

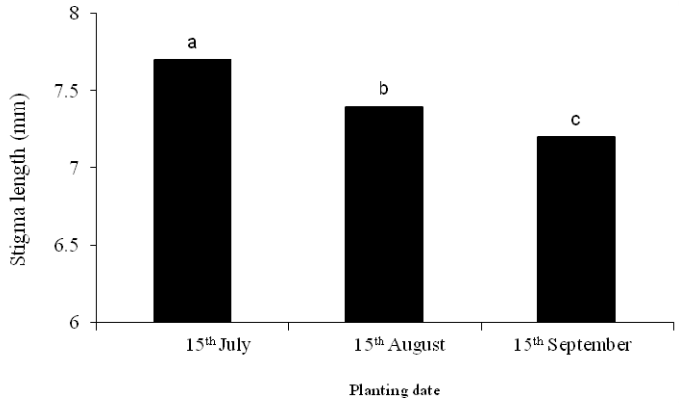


شکل ٦- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد و طول برگ زعفران

Fig. 6- Effect of plant density on leaf number and leaf length of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).



شکل ۷- اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر طول کلاله زعفران

Fig. 7- Effect of planting date on stigma length of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

با افزایش تراکم کاشت بنه، وزن خشک کلاله در گل نیز به صورت معنی‌داری کاهش یافت، به صورتی که از ۶/۹ میلی‌گرم در تراکم کاشت ۲۵ بنه به ۵/۶ میلی‌گرم در تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در متر مربع رسید (شکل ۱۰). گزارش شده است که بین تعداد گل و کیفیت زعفران یک رابطه منفی برقرار است، در حالیکه رابطه وزن کلاله هر گل و کیفیت نهایی زعفران مثبت می‌باشد (Gresta et al., 2009). به نظر می‌رسد که افزایش تراکم از طریق ایجاد رقابت برای منابع بین بوته‌های زعفران باعث کاهش طول کلاله و به دنبال آن وزن کلاله شده است. از سوی دیگر، کاشت در تیرماه از طریق بهبود گل-انگیزی باعث شد برخی از ویژگی‌های گل همچون طول و وزن کلاله بهبود یابند.

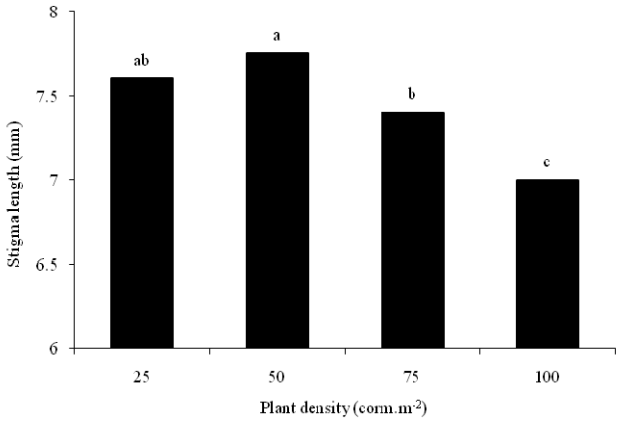
تعداد بنه‌های دختری

تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد بنه‌های دختری تولید شده نداشتند؛ با اینحال، بیشترین تعداد بنه دختری (۲/۱ عدد در بوته) در تیمار کاشت مرداد ماه مشاهده شد و کمترین آن در تاریخ کاشت شهریور ماه حاصل شد. اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد بنه دختری کاملاً معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$) و با افزایش تراکم کاشت از ۲۵ به ۱۰۰ بنه در متر مربع تعداد بنه دختری کاهش یافت و از ۲/۷ به ۱/۲ بنه رسید (شکل ۱۱).

نتایج بدست آمده با نتایج نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) مشابه بود، این پژوهشگران در آزمایشی سه ساله مشاهده کردند که بیشترین تعداد بنه‌های دختری در تیماری که کمترین تراکم کاشت را داشت مشاهده شد و با افزایش تراکم کاشت تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح به

صورت معنی‌داری کاهش یافت، در حالیکه محمدآبادی و همکاران (Mohammad-Abadi et al., 2007) با ارائه نتایجی متفاوت گزارش کردند که تغییر تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد بنه‌های دختری نداشت. به نظر می‌رسد که در تراکم‌های زیاد به دلیل محدودیت فضا و همچنین وجود رقابت شدید برای منابع امکان رشد و نمو بنه‌های دختری کاهش یافته است. تعداد بنه‌های دختری ممکن است تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله وزن بنه مادری، عمق کاشت، تراکم و دمای خاک قرار گیرد. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) گزارش کردند هرچه فاصله زمانی بین برداشت و کاشت بنه‌ها کمتر باشد اثرات مثبت بیشتری در سال اول و در سال‌های بعد روی تعداد بنه دختری مشاهده خواهد شد.

نتایج گلوی و همکاران (Galavi et al., 2009) نشان داد که با افزایش عمق کاشت تعداد بنه‌های دختری افزایش یافت، ولی وزن بنه‌ها کاهش یافت. براساس نتایج دماسترو و روتا (De Mastro & Ruta, 1993) قدرت تکثیر بنه‌ها در شرایط کاشت عمقی کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش عمق کاشت رطوبت خاک افزایش و دمای خاک کاهش می‌یابد که این عوامل روی قدرت تکثیر بنه‌ها مؤثر هستند. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده‌اند که افزایش دمای روزانه میزان تکثیر بنه‌ها را افزایش داده و پوشاندن خاک با مالچ به دلیل جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به خاک و کاهش دما باعث کاهش تکثیر بنه‌ها می‌شود (Yanez et al., 2005). علاوه بر موارد فوق بنشوپ (Benschop, 1993) نیز تأکید دارد که برای توسعه ریشه و رشد بنه‌های دختری وجود رطوبت کافی در خاک ضروری است.

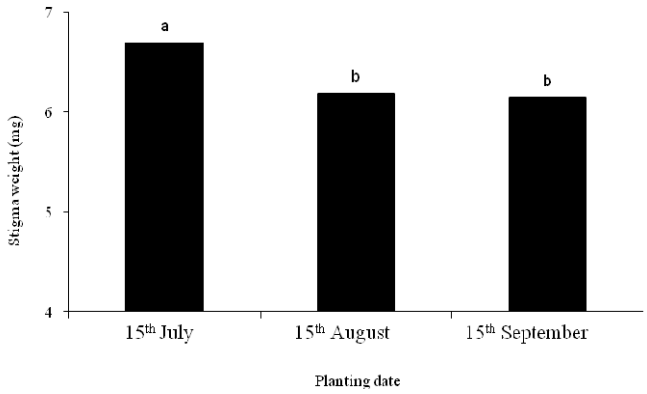


شکل ۸- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر طول کلاله زعفران

Fig. 8- Effect of plant density on stigma length of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

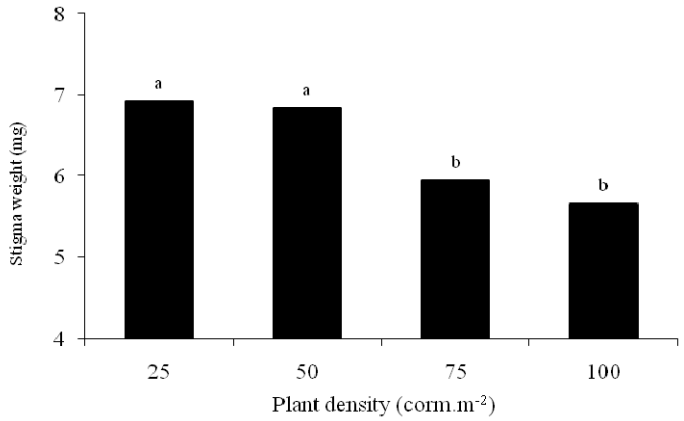


شکل ۹- اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر وزن کلاله زعفران

Fig. 9- Effect of planting date on stigma weight of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).



شکل ۱۰- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر وزن کلاله زعفران

Fig. 10- Effect of plant density on saffron stigma weight

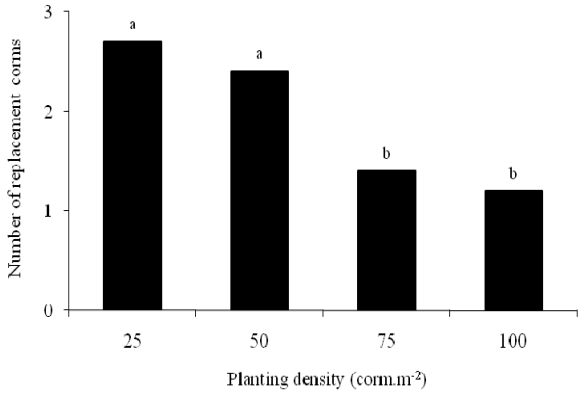
میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

به نظر می‌رسد که در شرایط کاشت زعفران با تراکم بالا، سایه-اندازی برگ‌ها باعث می‌شود تا دمای خاک به میزان بیشتری کاهش یابد و توانایی تولید بنه‌های دختری نیز کمتر شود. علاوه بر این، از آنجا که وجود رطوبت کافی بویژه در اوایل بهار برای نمو بنه‌های دختری ضرورت دارد، در شرایط کاشت پرتراکم به دلیل وجود بوته‌های بیشتر در واحد حجم خاک، رطوبت خاک سریع‌تر تخلیه شده و این امر منجر به کاهش تعداد بنه‌های دختری گردیده است.

مولینا (Molina et al., 2005) نیز گزارش کرد که بین تعداد بنه‌های دختری و اندازه آنها یک رابطه منفی وجود دارد و هرچه تعداد آنها بیشتر باشد به دلیل کاهش وزن بنه‌ها، احتمال گلدهی آنها نیز کمتر خواهد بود.

با توجه به مجموع نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود که با وجود عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، در شرایط اقلیمی ملایر کاشت در تیرماه در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر مطلوب‌تر می‌باشد، زیرا در صورت کاشت در تاریخ‌های بعدی، نگهداری بنه‌ها در انبار علاوه بر افزودن بر هزینه‌های تولید می‌تواند عملکرد زعفران را نیز تحت تأثیر قرار دهد. همچنین مشاهده شد که با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله به صورت خطی افزایش یافت و بیشترین عملکرد در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بدست آمد. علاوه بر این افزایش تراکم کاشت نه تنها باعث تسریع گلدهی شد، بلکه طول دوره گلدهی را نیز کاهش داد که این امر در مناطق غربی کشور که احتمال بارندگی در فصل برداشت زعفران وجود دارد به عنوان یک نقطه قوت می‌تواند مد نظر قرار گیرد.



شکل ۱۱- اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد بنه‌های دختری زعفران

Fig. 11- Effect of plant density on daughter corm of saffron

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).

از آنجا که یکی از اهداف اولیه این طرح تعیین تراکم مناسب برای حصول به عملکرد اقتصادی مطلوب (بویژه در سال اول کاشت که معمولا بسیاری از کشاورزان محصولی برداشت نمی‌کنند) بود، لازم است در آزمایش‌های تکمیلی تراکم‌های بیشتر نیز مورد مطالعه قرار گیرند و روند افزایش تراکم تا زمانی که واکنش عملکرد نسبت به آن منفی نشده است ادامه یابد. بدیهی است چنانچه در نظر است که از بنه‌های دختری تولید شده در همان سال اول برای کشت سال بعد استفاده شود لازم است که برای تعیین تراکم مطلوب کاشت بنه ضمن توجه به عملکرد زعفران، تعداد و اندازه این بنه‌های دختری نیز مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه ملایر تأمین شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Abrishami, M. 2004. Knowing Iran's Saffron. Tosan Press, Tehran, Iran 320 pp. (In Persian)
2- Alavi-shahri, H., Mohajeri, M., Falaki, M.A. 1994. Evaluation of plant density on saffron yield. In: Proceedings of 2nd Seminar on Saffron and Cultivation of Medicinal Plants, Gonabad, Iran. (In Persian)
3- Amirghasemi, T. 2001. Saffron, the Red Gold of Iran. Nashre Ayandegan Press, Tehran, Iran 112 pp. (In Persian)
4- Bazrafshan, J., and Ebrahimzadeh, A. 2006. A review on temporal and spatial distribution of saffron in Iran, case study: Khorasan. Geography and Development Magazinep 61-84. (In Persian)
5- Behnia, M. 2008. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocus sativus* L.) yield in Damavand region. Pajouhesh and Sazandegi 79: 101-108. (In Persian with English Summary)
6- Behnia, M.R. 1996. Saffron: Botany, Cultivation and Production. University of Tehran Press, Iran 285 pp. (In Persian)
7- Benschop, M. 1993. *Crocus*. In: De Hertogh, A., and Le Nard, M. (Eds.), The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, p. 257–272.
8- Cavusoglu, A., Erkel, E.I., and Sülüsglu, M. 2009. Saffron (*Crocus sativus* L.) studies with two mother corm dimensions on yield and harvest period under greenhouse condition. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3: 126-129.
9- De Juan, J.A., Corcolesb, H.L., Munoz, R.M., and Picornell, M.R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products 30: 212–219.
10- De Mastro, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. Acta Horticulturae (ISHS) 334: 512–517.
11- Galavi, M., Mousavi, S.R., and Ziyaie, M. 2009. Effects of planting depth and control of soil summer temperature on tunic production, corm propagation and leaf desiccation in end of growth period of saffron (*Crocus sativus* L.). Asian Journal of Plant Science 8: 375-379.
12- Ghalavand, A., and Abdollahian, M. 1994. Ecological adaptation and study of spacing and method of planting on yield of different landraces of Iranian saffron. In: Proceedings of 2nd Seminar on Saffron and Cultivation of Medicinal Plants, Gonabad, Iran. (In Persian)
13- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulture 119: 320-324.
14- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1144-1150.
15- Kafi, M., Rashed, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Technology, Cultivation and Processing. Center of Excellence for Special Crops, Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran 276 pp. (In Persian)
16- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad-Abadi, A.A., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Peformance of saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corm density. 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23th May, Korokos, Kozani, Greece.
17- Mohamad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghaddam, P., and Sabori, A. 2007. Effect of plant distance on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron (*Crocus sativus* L.) in Mashhad conditions. Acta Horticulturae (ISHS) 739:151-153.
18- Molina, R.V., Garcia-Luis, A., Valero, M., Navarro, Y., andGuardiola, J.L. 2004. Extending the harvest period of saffron. Acta Horticulturae (ISHS) 650: 219-225.

19- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.
20- Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and echophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). In: Fernández, J., Abdullaev, F. (Eds.), Proceeding of the 1st on Saffron, Albacete, Spain. Acta Horticulture 650: 195–200.
21- Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajeh-bashi, S.A., banitaba, S.A., and Dehdashti, S.M. 2008. Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. Seed and Seedling 24: 643-657. (In Persian with English Summary)
22- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 1: 155-166. (In Persian with English Summary)
23- Sadeghi, B. 1996. Effects of Storage and Planting date on Flower Production in Saffron. Annual Report. Scientific and Industrial Research Organization of Khorasan, Mashhad, Iran. (In Persian)
24- Saraei, R., Lahout, M., and Ganjeal, A. 2012. Evaluation of allelopathic effects of eucalyptus (*Eucalyptus globules* Labill.) on germination, morphological and biochemical criteria of barley (*Hordeum vulgare* L.) and flixweed (*Descurainia Sophia* L.). Agroecology Journal 4(3): 215-222. (In Persian with English Summary)
25- Tammaro, F. 1999. Saffron (*Crocus sativus* L.) in Italy. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: *Crocus sativus* L. Harwood Academic Publishers, Australia p. 53–61.
26- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Rouphael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 19-23.
27- Yanez. P., Ohno, H., and Ohkawa, K. 2005. Temperature effects on corm dormancy and growth of Zephyr elegant. Scientia Horticulture 105: 127-138.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۴۹-۳۹

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 39-49

ارزیابی باکتری‌های محرک رشد، نیتروژن و فسفر بر کارایی کود و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم N-80-19 در شرایط ساری

زهرا صابر[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، محمدعلی اسماعیلی[۳] و ارسطو عباسیان[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر کارایی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن به همراه کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و اوره بر کارایی کود و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم N-80-19، آزمایشی در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. آزمایش بصورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل کود سوپرفسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و کرت‌های فرعی فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل‌کننده‌ی فسفر، تلقیح بذر با هر دو نوع باکتری) بود. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که کودهای نیتروژنه، فسفره و بیولوژیک بر اکثر صفات از جمله کارایی کود فسفره و نیتروژنه، تعداد سنبله، ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، عملکرد و وزن دانه در سطح احتمال یک درصد تأثیری معنی‌دار داشتند. همچنین کودهای بیولوژیک برهمکنش معنی‌داری با کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره از نظر برخی صفات مهم نظیر کارایی کود نیتروژنه، فسفره و بازده نسبی زراعی کود داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده، با مصرف کودهای بیولوژیک، عملکرد دانه به میزان ۴۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون تلقیح بیشتر شده و با مصرف توأم کودهای بیولوژیک، کارایی کود فسفره و کود نیتروژنه به ترتیب به میزان ۵۸/۴ و ۷۶/۵ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح بهبود یافت. تیمارهای تلفیقی کودهای بیولوژیک بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط این آزمایش کودهای بیولوژیک می‌توانند جایگزین ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی فسفر بدون کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه گندم شوند.

واژه‌های کلیدی: تعداد سنبله، کود بیولوژیک، کود شیمیایی، مساحت برگ، وزن دانه

مقدمه

از زمان جنگ جهانی دوم، کاربرد کودهای شیمیایی، انقلابی در تولید محصولات زراعی به وجود آورد و کشاورزان به طور مداوم در تلاش‌اند تا با رفع کمبود عناصر غذایی خاک و استفاده از مدیریت صحیح تولید، عملکرد را به حد بالقوه ژنتیکی نزدیک کنند، ولی مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک‌سو و مسائل زیست‌محیطی مرتبط با مصرف غیراصولی این کودها از سوی دیگر، تفکر استفاده از شیوه‌های زیستی تثبیت نیتروژن برای تقویت رشد محصولاتی چون غلات را قوت بخشیده است (Bockman, Gholami & Koocheki, 2002 ;1997). بر همین اساس، در دو دهه‌ی گذشته طیف گسترده‌ای از باکتری‌های خاک در ریزوسفر شناخته شده‌اند که می‌توانند رشد بسیاری از گونه‌های گیاهی مهم از نظر زراعی را بهبود بخشند. این گروه پراکنده از نظر سیستماتیکی، ریزوباکترهای محرک رشد گیاهان خوانده می‌شوند (Bashan et al., 1997). بنابراین، به منظور جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان در جهت افزایش عملکرد، هماهنگ با محیط زیست و نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریت بهبود حاصلخیزی خاک می‌باشد (Pallai, 2005).

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشیار و مربی، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

کودهای بیولوژیک را با استفاده از ریز موجودات مفید، به صورت آغشته‌کردن بذور، ریشه و یا خاک بکار می‌برند و این میکروارگانیسم-های مفید با فعالیت بیولوژیکی، عناصر غذایی را برای گیاهان قابل-استفاده نموده و با کاهش مصرف کودهای شیمیایی موجب سلامت خاک می‌شوند (Kapulnik et al., 2007; Pan et al., 1999). امروزه بیوتکنولوژی خاک درصدد است تا ضمن تولید کودهای بیولوژیک، از موجودات مفید خاکزی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده‌های خاک، تجزیه بقایای گیاهی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک، اصلاح خاک‌های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و موارد دیگر استفاده نماید (Arduini et al., 2006). از سوی دیگر، یکی از اصول مهم کشاورزی پایدار، استفاده کارآمد از کودهای شیمیایی و به‌ویژه کودهای فسفاته است. این کودها دارای تحرک کمی در خاک بوده و مقدار زیادی از آن‌ها بعد از ورود به خاک نامحلول شده، بطوریکه در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده و از دسترس گیاهان خارج شده و کارایی مصرفی آن‌ها کاهش می‌یابد (Delvasto et al., 2008; Han et al., 2004). بنابراین، باید ضمن تجدیدنظر در مدیریت استفاده از کودهای فسفاته به پیشرفت های نوین مانند استفاده از نهاده‌های بیولوژیک توجه بیشتری معطوف گردد. در همین زمینه بسیاری از میکروارگانیسم‌های خاک‌زی شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها قادرند ترکیبات مختلف فسفر را حل کرده و فسفر موجود در آن‌ها را آزاد نمایند. بیشترین درصد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده‌ی فسفات را باکتری‌ها و قارچ‌ها تشکیل می‌دهند. مهمترین باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات نیز *Bacillus ciralans*, *Bacillus megoterium*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas phosphaticum* می‌باشند. تحقیقات نشان داد که این باکتری‌ها در ۹۰ درصد از خاک‌ها موجود می‌باشند (Delvasto et al., 2008). فعالیت اصلی این گونه میکروارگانیسم‌ها نیز تولید اسیدهای آلی توسط اکسیداسیون ناقص قندها است که باعث کاهش pH و افزایش حلالیت فسفر محیط می‌شوند. از طرفی واکنش‌های آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه فسفاتاز تولید شده توسط برخی از این میکروارگانیسم‌ها بر معدنی شدن فسفر نیز مؤثر است (Kumutha et al., 2004). از طرف دیگر، این باکتری‌ها قادرند شرایط را برای افزایش راندمان استفاده از کود از طریق کاهش تثبیت فسفر فراهم نمایند (Mehnaz & Lazarovits, 2006). در تحقیقی در مورد اثر باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر روی گندم (*Triticum aestivum* L.)، مشخص گردید که این میکروارگانیسم‌ها روی صفاتی مانند ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اثری معنی‌دار داشته و درصد فسفر و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت، بطوریکه مصرف کود شیمیایی همراه با تلقیح با باکتری‌ها ۵۰ درصد کاهش یافت (Mirzaei et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر تلقیح گیاه گندم و سورگوم (*Surghum dura* Stapf.) با *Azospirillum brasilense* باعث تسریع خوشه‌دهی و گلدهی و افزایش وزن کل اندام هوایی، ارتفاع گیاه و طول برگ شده است (Asadi Rahmani & Fallah, 2001). نتایج مشابهی در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Ahmadi Vavsari, 2009) و گیاه ذرت (*Zea mays* L.) (Yazdani et al., 2010) در شرایط مشابه این آزمایش در استان مازندران حاصل شده است. لذا با توجه به گسترش استفاده از کودهای بیولوژیک همراه با مقادیر کاهش‌یافته کودهای شیمیایی در نظام‌های کشاورزی، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای نیتروژن، فسفر و کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم N-80-19) بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز سال زراعی ۸۹ – ۱۳۸۸ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل کود سوپرفسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کرت‌های فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و کرت‌های فرعی فرعی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح بذر با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری حل-کننده فسفر، تلقیح با هر دو نوع باکتری) بود. در این آزمایش از کود زیستی فسفات بارور ۲ (شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر، از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم) و کود سوپرنیتروپلاس (شامل مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن، کنترل‌کننده‌ی عوامل بیماری‌زای خاکزی و باکتری‌های محرک رشد از جمله *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum* spp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) استفاده شد، که بذور قبل از کاشت به کودهای بیولوژیک آغشته شدند و پس از تلقیح مورد کشت قرار گرفتند. برای تعیین خصوصیات خاک، قبل از اجرای آزمایش اقدام به جمع‌آوری ۱۵ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک گردید و بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the studied soil

بافت Texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	نیتروژن Nitrogen	ماده آلی Organic matter	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته
				(درصد) (٪)		(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)		(دسی‌زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	pH
رسی-سیلتی	50	43.23	6.7	0.17	2.92	12.37	320	2.33	7.15

مساحت هر کرت ۱۰ متر مربع (به ابعاد ۲×۵ متر) و فواصل بین کرت‌ها ۰/۵ متر بود. هر کرت شامل ۱۰ خط، فاصله روی ردیف ۲۰ سانتیمتر و طول ردیف پنج متر بود، مقدار بذر مصرفی نیز ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش N-80-19 بود که در مقابل خشکی، زنگ زرد، سفیدک و فوزاریوم نیمه‌متحمل، ولیکن در برابر آب گرفتگی حساس می‌باشد. همچنین به منظور ارزیابی ارزش واحد کود مصرفی در پاسخ به افزایش تولید از پارامتر کارایی زراعی کود، معادله (۱) استفاده شد (Dordas et al., 2008):

معادله (۱) میزان کود دریافتی/(عملکرد دانه حاصل از تیمار شاهد- عملکرد دانه حاصل از تیمار کودی) = بازده زراعی کود

بازده نسبی زراعی(RAE)[1] نیز با استفاده از معادله (۲) تعیین شد (Jagadeeswaran et al., 2005):

معادله (۲) (وزن خشک در سوپرفسفات تریپل-وزن خشک در تیمار شاهد)/(وزن خشک در تیمار مورد نظر-وزن خشک در تیمار شاهد)=%RAE

به منظور بررسی ارتفاع گیاه و تعداد دانه در سنبله ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی برداشت و شاخص‌های موردنظر اندازه-گیری شدند. برای تعیین تعداد سنبله در متر مربع، پس از حذف حاشیه‌ها برداشت از سطحی معادل یک متر مربع انجام گرفت و صفت مورد نظر تعیین شد. در زمان ظهور سنبله و آغاز گرده‌افشانی، سطح برگ پرچم توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (CL.203, USA) اندازه‌گیری گردید. همچنین صفاتی مانند تعداد سنبله در بوته، وزن دانه یک سنبله، تعداد دانه در متر مربع، قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتال) و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبه عملکرد دانه، بوته‌های سطحی معادل یک متر مربع (۳۵۰ بوته در متر مربع) برداشت و عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS 6.12 (SAS Institute, 1997) و مقایسه میانگین نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید (Kamaraki & Galavi, 2012).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کودهای بیولوژیک مورد مطالعه، همانند کود فسفره و نیتروژنه در کارایی زراعی کود فسفره و نیتروژنه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در متر مربع، وزن دانه، تعداد سنبله در متر مربع، کارایی نسبی زراعی و عملکرد دانه، به جز قطر ساقه، در سطح احتمال یک درصد تأثیر به‌سزایی داشت. اثر متقابل باکتری (کود بیولوژیک) و کود نیتروژن در اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد و در تعداد سنبله در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و در مساحت برگ پرچم، وزن دانه و قطر ساقه از لحاظ آماری معنی‌دار نشد، همچنین بین باکتری (کود بیولوژیک) و کود فسفره از نظر صفات قطر، تعداد سنبله در بوته و مساحت برگ برهمکنش معنی‌داری مشاهده نشد، در حالیکه اثر متقابل بین کود فسفر و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد در تمامی صفات به جز تعداد سنبله در بوته و قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲).

استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفر و باکتری‌های تثبیت-کننده‌ی نیتروژن، عملکرد دانه (۷۹۵/۸ گرم در متر مربع) را نسبت به شاهد (۵۳۳/۸ گرم در متر مربع) به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴). این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه تقویت‌کنندگی (هم‌افزایی) ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش عملکرد دانه باشد، همچنین با حذف کامل کود فسفره و بیولوژیک در مقایسه با مصرف ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه تلقیح توأم عملکرد دانه به طور معنی‌داری (۴۶/۶ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت. در بررسی اثر متقابل باکتری و فسفر بالاترین میزان کارایی نسبی زراعی کود، تعداد سنبله در متر مربع، دانه در متر مربع و ارتفاع بوته را تلقیح توأم و سطوح ۲۵ و ۵۰ کود فسفره به خود اختصاص دادند، درحالیکه بیشترین میزان کارایی زراعی کود نیتروژنه از تیمار ۲۵ کیلوگرم کود فسفره و تلقیح توأم کودهای بیولوژیک حاصل شد (جدول ۵).

ارتفاع بوته

در ارتباط با ارتفاع بوته گندم، سطوح فسفر ۲۵ و۵۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح کودی ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین مقادیر بودند. دامنه میانگین‌ها در این صفت از ۷۴/۷۵ سانتیمتر در تیمار شاهد تا ۹۹/۸۷ سانتی‌متر در تیمار ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و تلقیح توأم باکتری‌ها متغیر بود (جدول ۳). در اثر متقابل فسفر و کودهای بیولوژیک، تیمارهای تلقیح توأم در سطح فسفر ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم دارای بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب با ۹۶/۹۰ و ۹۷/۴۴ سانتی‌متر بودند.

1- Relative Agronomic Efficiency

همچنین در شرایط عدم استفاده از فسفر، کاربرد تلقیح توأم باکتری‌ها ارتفاع بوته را به ۹۱/۲۱ سانتی‌متر رساند (جدول ۵). در اثر متقابل نیتروژن و کودهای بیولوژیک تیمار تلقیح توأم باکتری‌ها در سطح کودی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین (۹۹/۳۷ و ۹۹/۸۴ سانتی‌متر) ارتفاع بوته را سبب شدند (جدول ۴). چنین بنظر می‌رسد که باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفر و تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن با افزایش میزان حلالیت فسفر و جذب آن توسط گیاه و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد سبب افزایش رشد بوته‌ها شده‌اند (Mkhabela & Warman, 2005)، از طرفی، کاربرد مقدار بهینه نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه و ارتفاع گیاه شد (Talaei & Haghparast, 1999).

تعداد سنبله

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های تعداد سنبله در بوته حاکی از آن بود که بیشترین تعداد سنبله در بوته در تیمار تلقیح توأم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. از طرفی، در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژنه و عدم تلقیح با کودهای بیولوژیک کمترین میزان تعداد سنبله در بوته به دست آمد (جدول ۴). بنابراین، می‌توان چنین بیان کرد که سطوح بالاتر نیتروژن تأثیر مثبتی در تعداد سنبله در گیاه گندم دارد. تعداد سنبله در واحد سطح، مهمترین عامل در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. عملکرد نهایی دانه را می‌توان به صورت تعداد سنبله در واحد سطح و وزن سنبله بیان نمود (Shanon, & Zeng 2000). قابلیت تولید سنبله در واحد سطح، در زمان حداکثر پنجه‌زنی تعیین می‌گردد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفت تعداد سنبله در متر مربع نشان داد که در بررسی اثر متقابل فسفر و نیتروژن، بیشترین مقدار مربوط به سطوح کودی ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد. در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی فسفره و کود نیتروژنه کمترین تعداد سنبله در یک متر مربع به میزان ۱۴۱ به دست آمد (جدول ۳). در اثر متقابل فسفر و کود بیولوژیک بیشترین مقدار سنبله (۲۵۱ و ۲۵۰ سنبله) مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر و تلقیح توأم به دست آمد (جدول ۵). همچنین، در بررسی اثر متقابل کود بیولوژیک و نیتروژن بیشترین میزان تعداد سنبله در واحد سطح با مقادیر ۲۶۷ و ۲۶۴ مربوط به تلقیح توأم و فسفات بارور در ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). ایوب و همکاران (Ayoub et al., 1994) و ماسداگ و اسمیت (Mossedaq & Smith, 1994) بیان داشتند که استفاده از سطوح بالای نیتروژن تأثیر مثبتی روی تعداد سنبله در متر مربع دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر فسفر، نیتروژن، کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 2- Statistical analysis (mean of squares) of phosphorus, nitrogen and biofertilizer effects on wheat yield and yield components

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در بوته Number of spike per plant	تعداد سنبله Number of spike	تعداد دانه Number of grain	وزن دانه درسنبله Grain weight per spike	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد دانه Grain yield	کارایی زراعی کود نیتروژنه Relative agronomic efficiency of nitrogen	کارایی زراعی کود فسفره Relative agronomic efficiency of phosphorus	کارایی نسبی زراعی کود Relative agronomic efficiency
تکرار (R)	2	0.21 ns	0.091 ns	6.46 ns	129440 ns	0.0014 ns	1.85 ns	0.046 ns	149.0 ns	0.004 ns	0.024 ns	0.14 ns
فسفر (A)	2	1014**	17.24**	4068**7	143323**	10.73**	255**	0.063ns	4909**	4.02**	82.28**	5623.1**
خطای a	4	18.20	0.21	19.13	418756	0.00079	2.22	0.38	95.34	0.0050	0.027	1.97
نیتروژن (B)	2	3327**	40.74**	43808**	295034**	0.93**	402**	0.026 ns	3801**	152.5**	18.03**	988.1**
خطای b	12	15.30	0.14	18.10	399087	0.00078	1.89	0.18	86.43	0.0049	0.026	1.05
کودهای بیولوژیک (C)	3	451.2**	14.36**	4065.3**	701181**	0.2**	200**	0.037 ns	3459**	7.90**	4.38**	1111.7**
A ×B	4	9.55**	0.14 ns	1180.3**	381084**	0.067**	33.88**	0.004 ns	4744**	1.27**	5.75**	44.87**
A × C	6	71.3**	0.19 ns	448.6**	128851**	0.0023**	1.19 ns	0.049 ns	4048**	0.014**	1.68**	81.82**
B × C	6	17.4**	0.24*	222.8**	300784**	0.041**	31.19 ns	0.007 ns	750.7**	2.88**	0.15**	38.63**
A × B× C	12	5.51**	0.08 ns	129.7**	32331 ns	0.0008 ns	1.52 ns	0.018 ns	284.3**	0.050**	0.089**	6.91**
خطای آزمایش	54	14.45	0.10	14.28	375137	0.00029	1.77	0.026	57.43	0.0035	0.023	0.97
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.32	9.02	16.71	9.79	2.68	5.04	3.14	5.25	2.60	9.94	2.32

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

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3- Means comparison of interaction effects of phosphorus and nitrogen levels on yield and yield components of wheat

کارایی نسبی زراعی کود (٪) Relative agronomic efficiency (%)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of phosphorus (kg.kg^{-1})	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of nitrogen (kg.kg^{-1})	مساحت برگ پرچم (متر مربع) Flag leaf area (m^2)	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike (No.m^{-2})	تعداد دانه (تعداد در متر مربع) Number of grain (No.m^{-2})	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight (g.spike^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g.m^{-2})	تیمار Treatment	
									مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha^{-1})	مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus levels (kg.ha^{-1})
24.74f	–	–	20.1e	141.0e	4317d	1.99a	74.75d	520.3g*	0	0
28.45e	–	3.33c	25.8cd	188.4d	4746d	1.98a	89.40b	549.0f	50	
30.70d	–	2.48e	26.0cd	215.0c	5793c	1.64b	89.83b	584.1e	100	
42.75c	1.43e	–	25.1d	212.8c	4786d	1.99a	82.08c	595.1d	0	25
50.86b	3.88a	4.40a	26.6c	227.0b	7305b	1.99a	99.40a	793.7b	50	
55.22a	3.74b	3.09d	31.0a	279.2a	8548a	1.63b	99.88a	866.5a	100	
42.71c	0.72f	–	25.2d	212.6c	4718d	0.97c	82.25c	602.6c	0	50
50.82b	1.92d	4.31b	27.9b	227.5b	7308b	0.96c	99.65a	793.6b	50	
55.30a	2.12c	3.10d	31.3a	279.2a	8806a	0.84d	99.87a	868.8a	100	

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

**داده‌هایی که با – نشان داده شده، به علت عدم مصرف کود نیتروژنه و یا فسفره قابل محاسبه نبودند.

*Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$).

**Data which represented by - are not available.

تعداد دانه در متر مربع

کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در متر مربع داشتند، در بررسی اثر متقابل فسفر و نیتروژن، بیشترین مقدار (۸۵۴۸۲ و ۸۸۰۶۱ دانه در متر مربع) مربوط به سطح کودی ۲۵ و۵۰ کیلوگرم فسفر در ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

همچنین در اثر متقابل فسفر و کود بیولوژیک بیشترین میزان (۸۵۱۵۴ و ۸۶۴۸۳ دانه در متر مربع) مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در تلقیح توأم حاصل شد. همچنین در شرایط عدم استفاده از کود فسفره و عدم تلقیح با باکتری‌ها تعداد دانه در متر مربع دارای کمترین میزان ۴۰۰۱۵ دانه در متر مربع و در همین شرایط در نتیجه تلقیح توأم این میزان به ۵۱۹۷۸ دانه در متر مربع ارتقاء یافت (جدول ۵). در بررسی اثر متقابل کود بیولوژیک و نیتروژن بیشترین تعداد دانه در متر مربع به ترتیب با ۹۰۷۲۸، ۸۹۶۱۵ و ۸۸۵۱۵ دانه در متر مربع مربوط به تیمارهای تلقیح توأم، فسفات بارور و سوپرنیتروپلاس در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، در حالیکه در همین سطح، تیمار عدم تلقیح با ۵۹۴۵۳ دانه در متر مربع دارای کمترین تعداد دانه در واحد سطح بود (جدول ۴).

وزن دانه

وزن دانه یکی از مهمترین اجزای عملکرد می‌باشد که نشان‌دهنده اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست. علاوه بر این، وزن هزار دانه یک صفت ژنتیکی بوده که در واریته‌های مختلف تفاوت داشته و مقدار آن همچنین می‌تواند متأثر از شرایط دوران رسیدگی باشد. شرایط محیطی ممکن است موجب تغییرات ۲۰ تا ۳۰ درصدی در وزن هزار دانه شوند (Koocheki et al., 1994). در مورد صفت وزن دانه سنبله گندم نتایج اثر کودهای مختلف نشان داد که در بررسی اثر متقابل بین کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن، وزن دانه سنبله گندم از ۱/۹۹ گرم در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود فسفره و نیتروژنه) تا ۰/۸۴ گرم در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار متغیر بود و همچنین در بررسی اثر متقابل کود شیمیایی فسفره و کودهای بیولوژیک نیز دامنه تغییرات میانگین‌های صفت وزن دانه‌های یک سنبله به ترتیب از مقدار آن ۱/۷۳ گرم در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شمیایی فسفره و عدم تلقیح با کودهای بیولوژیک) تا مقدار این صفت در تیمار تلقیح توأم کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار به مقدار ۰/۹۹ گرم متغیر بود (جدول‌های ۳ و ۵)، بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که در سطوح پایین نیتروژن به دلیل اختصاص بیشتر مواد به تعداد دانه‌های کمتر وزن آن‌ها نیز افزایش یافته است.

مساحت برگ پرچم

برگ پرچم در طول پر شدن دانه، فعال‌ترین برگ از نظر تولید مواد فتوسنتزی می‌باشد. بررسی اثرات متقابل برگ پرچم نشان داد که، اثر متقابل بین نیتروژن و فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به عبارت دیگر، بالاترین مساحت برگ پرچم گندم مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ فسفر و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد، بطوریکه در شرایط عدم استفاده از کود فسفره و نیتروژنه مساحت برگ پرچم به کمترین میزان خود یعنی ۲۰/۳ متر مربع رسید، اما با مصرف ۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفره و عدم مصرف کود نیتروژنه میانگین مساحت برگ پرچم به میزان ۲۵/۱۳ متر مربع رسید که از لحاظ آماری با زمانیکه فسفر به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن به میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). به طور کلی، با افزایش میزان نیتروژن سطح برگ پرچم نیز افزایش یافت. همچنین جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش برای صفت قطر ساقه (جدول ۲) حاکی از آن است که هیچکدام از فاکتورها بر صفت قطر میانگره اول ساقه اصلی تأثیر معنی‌داری نداشتند که این امر می‌تواند به دلیل این مطلب باشد که قطر ساقه بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد (Naseri, 1991).

عملکرد دانه

در ارتباط با عملکرد دانه نیز نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل نیتروژن و فسفر، نیتروژن و کود بیولوژیک و فسفر و کودهای بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد در ارتباط با صفت عملکرد دانه معنی‌دار گردیدند (جدول ۲).

در ارتباط با اثر متقابل فسفر و نیتروژن مقدار این صفت از ۵۲۰/۳ گرم در متر مربع در تیمار شاهد (عدم مصرف کودهای شیمیایی) تا ۸۶۸/۸ گرم در متر مربع در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن متغیر بود که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفره به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه به ترتیب با مقدار ۸۶۶/۵۸ و ۸۶۸/۸۳ گرم در متر مربع به دست آمد (جدول ۳).

در ارتباط با اثر متقابل بین کود شیمیایی فسفره و کودهای بیولوژیک نیز دامنه میانگین‌های این صفت از ۵۳۴/۳۳ گرم در متر مربع در تیمار عدم استفاده از کود فسفره و کودهای بیولوژیک تا ۷۸۳/۴۴ گرم در متر مربع در تیمار کودی ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به همراه تلقیح توأم باکتری‌ها به دست آمد که این سطح دارای بالاترین میانگین عملکرد دانه بود (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن و کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 4- Means comparison of interaction effects between nitrogen and biofertilizer on yield and yield components of wheat

تیمار		Treatment	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) grain yield ($g.m^{-2}$)	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	تعداد دانه (تعداد در مترمربع) Seed number ($No.m^{2}$)	تعداد سنبله (تعداد در متر مربع) Spike number ($No.m^{2}$)	تعداد سنبله (تعداد در بوته) Spike number ($No.spike^{-1}$)	وزن دانه (گرم در سنبله) Grain weight per spike (g)	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of nitrogen ($kg.kg^{-1}$)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) relative agronomic efficiency of phosphorus ($kg.kg^{-1}$)	کارایی نسبی زراعی کود (٪) relative agronomic efficiency (%)
مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels ($kg.ha^{-1}$)		کود بیولوژیک Biofertilizer									
0		عدم تلقیح Noinoculation	533.8g*	72.66f	3111gh	178.2h	1.88g	1.55c	-	0.47h	29.61i
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	587.0e	79.66e	3421g	188.3g	2.23f	1.66b	-	0.64g	37.85g
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	578.6f	80.11e	4069f	187.5g	2.61e	1.68b	-	0.63g	37.78g
		تلقیح توأم Co-inoculation	591.3e	86.33d	5559e	201.3f	3.43d	1.72a	-	1.12f	41.70f
50		عدم تلقیح Noinoculation	646.8d	91.55c	3912g	189.8g	2.68e	1.54c	2.33e	1.50e	34.33h
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	733.3b	96.95b	6472d	219.2e	3.77c	1.66b	4.35b	1.86c	44.37e
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	731.5b	96.74b	6367d	217.4e	3.76c	1.67b	4.35b	1.87c	45.58d
		تلقیح توأم Co-inoculation	736.8b	99.37a	7728c	230.7d	4.55b	1.73a	4.88a	2.50b	49.22b
100		عدم تلقیح Noinoculation	717.0c	91.66c	5945de	242.9c	3.70cd	1.21g	2.19f	1.54e	37.74g
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	791.1a	97.16b	8851ab	264.3ab	4.65b	1.39f	2.96d	1.70d	46.46cd
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	788.7a	97.44b	8961ab	263.4b	4.67b	1.42e	3.01d	1.85c	46.58c
		تلقیح توأم Co-inoculation	795.8a	99.84a	9072a	267.6a	5.63a	1.46d	3.39c	2.71a	57.52a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

**داده‌هایی که با – نشان داده شده، به علت عدم مصرف کود نیتروژنه و یا فسفره قابل محاسبه نبودند.

* Means followed by different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Data which represented by - are not available.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل فسفر و کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 5- Means comparison of interaction effectsof phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of wheat

تیمار		Treatment	تعداد سنبله در متر مربع Spike number of (No.spike)	تعداد دانه Seed Number ($No.m^2$)	وزن دانه (گرم در سنبله) Seed weight (g.spike)	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	کارایی زراعی کود نیتروژنه (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of nitrogen ($kg.kg^{-1}$)	کارایی زراعی کود فسفره (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود) Relative agronomic efficiency of phosphorus ($kg.kg^{-1}$)	کارایی نسبی زراعی کود (٪) Relative agronomic efficiency (%)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield ($g.m^{-2}$)
مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus levels ($kg.ha^{-1}$)		کود بیولوژیک Biofertilizer								
0		عدم تلقیح Noinoculation	152.66f*	40015de	1.73e	74.33e	1.14g	-	24.33f	534.3f
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	188.11e	41844d	1.88d	86.33d	2.08e	-	27.87e	556.3e
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	192.55de	41924d	1.92b	86.77d	2.08e	-	28.00e	554.1e
		تلقیح توأم Co-inoculation	197.77d	51978c	1.95a	91.21c	2.31d	-	31.66d	560.0e
25		عدم تلقیح Noinoculation	229.11c	51345c	1.73e	90.66c	1.71f	2.33bc	38.71c	678.6d
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	240.00b	72986b	1.89cd	93.66b	2.61c	2.73a	50.60b	778.3ab
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	247.56ab	76455b	1.91bc	93.80b	2.64c	2.87a	50.96b	769.6c
		تلقیح توأم Co-inoculation	251.11a	85154a	1.96a	96.90a	3.01a	2.24b	58.18a	780.6ab
50		عدم تلقیح Noinoculation	229.27c	51997c	0.83h	90.77c	1.67f	1.28e	38.65c	684.7d
		فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar-2	239.77b	72621b	0.93g	93.78b	2.62c	1.48d	50.22b	776.7abc
		سوپرنیتروپلاس Supernitroplast	239.22b	75611b	0.95g	93.81b	2.63c	1.48d	51.00b	775.2bc
		تلقیح توأم Co-inoculation	250.88a	86483a	0.99f	97.44a	2.95b	2.09c	58.58a	783.4a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

**داده‌هایی که با – نشان داده شده، به علت عدم مصرف کود نیتروژنه و یا فسفره قابل محاسبه نبودند.

* Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$).

**Data which represented by - are not available.

افزایش عملکرد دانه گندم تحت تأثیر کودهای بیولوژیک حل-کننده‌ی فسفر و باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن نیز توسط کومار و همکاران (Kumar et al., 2007) و شهرونا و همکاران (Shaharoona et al., 2006) گزارش شده است. پاندی و همکاران (Pandey et al., 1998) نیز گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *Azotobacter chrooccum* و *Azospirillum* spp. با ذرت سبب افزایش رشد و عملکرد آن گردیده است.

پژوهش‌های اخیر مشخص ساخته‌اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با استفاده از اسید آمینه‌های تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱-آمینو سیکلو پروپان-۱-کربوکسیلیک دی آمیناز-۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC بوسیله آنزیم ACC دآمیناز[1] اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهمترین سازوکارهای تأثیر این باکتری‌ها محسوب می‌شوند (Zahir et al., 2004). از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته، عملکرد بیولوژیک می‌باشد. بنابراین، بنظر می-رسد که همزیستی گیاه از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح گردیده است (Darzi et al., 2009). بسیاری از محققین نظیر ایوب و همکاران (Ayoub et al., 1994)، کمبراتا و بک (Camberato & Back, 1996) و زبارس و شرید (Zebarth & Sheard, 1992) ابراز داشتند که افزایش عملکرد به همراه سطوح بالای نیتروژن مربوط به افزایش تعداد دانه در متر مربع، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله می‌باشد.

کارایی کود

بررسی اثرات مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با کارایی کود نشان داد که مصرف کود بیولوژیکی کارایی نسبی زراعی کود را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). از طرف دیگر، تلقیح باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفر کارایی زراعی کودهای فسفره و نیتروژنه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد، همچنین در تیمارهایی که کود فسفره به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت و به جای آن از کود بیولوژیک استفاده شد، کارایی زراعی کود نسبت به شاهد بدون تلقیح به طور معنی‌داری بهبود یافت (جدول‌های ۴ و ۵). در همین راستا، نتایج مطالعه‌ای نشان داد که وجود عناصر سنگین مانند بور و کادمیوم با مقادیر اضافی در مصرف کودهای شیمیایی ممکن است موجب سمیت، کاهش رشد گیاه و جذب عناصر غذایی و سرانجام موجب کاهش کارایی کود گردند (Khavazi et al., 2002).

بررسی اثر متقابل کودهای بیولوژیک و تلقیح با باکتری‌های حل-کننده‌ی فسفر و نیتروژن نشان داد که تلقیح باکتری سبب افزایش کارایی زراعی کود نیتروژنه شده که این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه هم‌افزایی ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌های گندم باشد که در آزمایش ظهیر و همکارن (Zahir et al., 2004) نیز به آن اشاره شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید هورمون‌ها و انواع مواد تحریک‌کننده رشد مانند اکسین، اسید پنتونتیک، اسید بیوتیک و ... شده که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک سبب بهبود کارایی کود می‌شوند که کندی و همکاران (Kennedy et al., 2004) در بررسی‌های خود به آن اشاره نمودند. کاهش ۵۰ درصد از کود فسفره و کاربرد کودهای بیولوژیک، سبب افزایش معنی‌دار کارایی کود فسفره شد. بدین ترتیب، با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات علاوه بر بهره‌مندی از سایر اثرات مفید این باکتری‌ها از جمله توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل‌دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی، توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور که نتیجه آن افزایش رشد گیاه در مقایسه با کود شیمیایی است (Zahir et al., 2004)، می‌توان با افزایش مصرف این میکروارگانیسم‌های تحریک‌کننده رشد، کارایی کود فسفره را افزایش و مصرف آن را تا ۵۰ درصد کاهش داد (Bard, 2006). بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایش، بنظر می‌رسد که کاربرد توأم کودهای بیولوژیک می‌تواند معادل ۵۰ کیلوگرم کود فسفر، بر عملکرد گندم تأثیر بگذارد، همچنین بین سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفر هیچ تفاوت معنی‌داری دیده نشد، درحالیکه این تفاوت بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در اکثر صفات چشمگیر بود. این امر نشان می‌دهد که مصرف باکتری نتوانسته کاهش ۵۰ درصدی کود نیتروژنه را جبران نماید و با توجه به اینکه ۵۰ درصد کود فسفره برابر با میزان مصرف کامل کود فسفره بوده است، به نظر می‌رسد که بتوان جهت کاشت گندم چنین ترکیب کودی را توصیه کرد.

منابع

1- Ahmadi Vavsari, F. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and *Thiobacillus* on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). MSc Thesis in Agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural

1- ACC Deaminase

Resources University. (In Persian with English Summary)
2- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield, dry matter, nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Agronomy Journal 25: 309-318.
3- Asadi Rahmani, H., and Fallah, A. 2001. Production and Extension of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Soil and Water Research Institute Press. Jihad-e-Agriculture Ministry, Tehran, Iran. (In Persian)
4- Ayoub, M., Guertin, S., Lussier, S.L., and Smith, D.L. 1994. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in eastern Canadian. Crop Science 34: 348-756.
5- Bard, M.A. 2006. Efficiency of k-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Applied Sciences Research 2: 1191-1198.
6- Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationship: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121.
7- Bockman, O.C. 1997. Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: perspectives for future agriculture. Plant and Soil 194: 303-334.
8- Camberato, J.J., and Back, B.R. 1996. Spring wheat response to enhanced ammonium supply. II: Tillering. Agronomy Journal 82: 467-473.
9- Darzi, M., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of biofertilizers application on N, P, K uptake and seed yield in medicinal plants of fenel. Iranian Journal of Medicinal Plants 25(1): 1-19. (In Persian with English Summary)
10- Delvasto, P., Valverde, A., Ballester, Amunoz, J. A., Gonzalez, F., Blazquez, M., Ligul, J.M., and Balbo, C.G. 2008. Diversity and activity of phosphate bioleaching bacteria from a high-phosphorus iron ore. Hydrometallurgy 92: 124-129.
11- Dordas, C.A., Lithourgidis, A.S., Matsi, T., and Barbayiannis, N. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. Nutrient Cycling in Agroecosystems 80: 283-296.
12- Gholami, A., and Koocheki, A. 2001. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Shahroud University Press, Semnan, Iran 212 pp. (In Persian)
13- Han, H.S., Supanjani, and Lee, D.K. 2004. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Agronomy Journal 24: 169-176.
14- Jagadeeswaran, R., Murugappan, V., and Govindaswamy, M. 2005. Effect of slow release NPK fertilizer sources on the nutrient use efficiency in turmeric (*Curcuma longa* L.). World Journal of Agricultural Science 1: 65-69.
15- Kamaraki, H., and Galavi, M. 2012. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (Carthamus tinctorius L.). Agroecology Journal 4(3): 201-206. (In Persian with English Summary)
16- Kapulnik, Y., Okon, Y., and Henis, Y. 2007. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. Microbiology 31: 881-887.
17- Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazothrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promoting be better expoited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.
18- Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran. Agricultural Eduction Press, Iran 460 pp. (In Persian)
19- Koocheki, A., and Banayan Aval, M. 1994. Crop Yield Physiology. Mashhad University Press, Iran 287 pp. (In Persian).
20- Kumar, B., Trivedi, P., and Pandey, A. 2007. *Pseudomonas corrugates*: A suitable bacterial inoculants for maize grown under rain fed conditions of Himalayan region. Soil Biology and Biochemistry 39: 3093-3100.
21- Kumutha, K., Sempaualan, J., and Krishnan, P.S. 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inoculation on soybean. In: Kannaryan, S., Kumar, K., Gouidarajan, K. (eds.), Biofertilizer, pp: 354-358.
22- Mehnaz, S., and Lazarovits, G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. Microbial Ecology 51: 326-335.
23- Mirzaei, M.A., and Maleki, A. 2007. Evaluating the effect of phosphate biofertilizer and different phosphate fertilizer on yield and yield components of wheat. In: Proceedings of 10th Soil Science Conference. Karaj, Iran 157 pp. (In Persian)
24- Mkhabela, M.S., and Warman, P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus ability and uptake by two vegetable crops growth in a Pugwash sandy loam soil in Nora Scotia. Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 57-67.
25- Mossedaq, F., and Smith, D.H. 1994. Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a Mediterranean climate. Agronomy Journal 86: 221-226.
26- Naseri, F. 1991. Oilseeds. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 817 pp. (In Persian)
27- Pallai, R. 2005. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on canola (*Brassica napus* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) plants. MSc. University of Saskatchewan, Saskaton 157 pp.
28- Pan, B., Bai, Y.M., Leiboritch, S., and Smith, D.L. 1999. Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in shoot growing season area. Agronomy Journal 11: 179-186.
29- Pandey, A., Sharma, E., and Palni, L.M.S. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. Soil Biology and Biochemistry 30: 379-384.
30- SAS Institute, Inc. 1997. SAS/STAT User's Guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

31- Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, A., and Azeem, K. 2006. Performance of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38: 2971-2975.
32- Talaei, A., and Haghparast, R. 1999. Effect of different nitrogen rate on grain yield and uptakes of P and K in some tolerant dry land wheat. Seed and Plant Journal 15: 159-156. (In Persian)
33- Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (*Zea mays* L.) cultivation. Electronic Journal of Crop Production 3(2): 65-80. (In Persian with English Summary)
34- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy 81: 97-168.
35- Zebarth, B.J., and Sheard, R.W. 1992. Yield and protein response of hard red winter wheat to rate of nitrogen fertilization and previous legume. Canadian Journal of Plant Science 72: 13-19.
Zeng, L., and Shanon, M.C. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. Crop Science 40: 996-1003.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۵۷-۵۰

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 50-57

تنوع زیستی کنه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea (Acari: Prostigmata) در باغ‌های میوه دانه‌دار مشهد، طرقبه و شاندیز

سعید پاک‌طینت‌سئیج[۱]، حسین صادقی‌نامقی[۲*]، مجتبی حسینی[۳] و سعید هاتفی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

کنه‌های شکارگر زیرراسته پیش‌استیگمایان از مهم‌ترین دشمنان طبیعی کنه‌های تارتن می‌باشند. در این تحقیق فراوانی و تنوع زیستی کنه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea از این زیر راسته در باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان‌های مشهد (باغ آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، لایین و مرکز تحقیقات کشاورزی طرق) و طرقبه- شاندیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر ایستگاه طی ۱۲ نوبت نمونه‌برداری و در هر نوبت دو نمونه شامل حدود یک کیلوگرم اندام‌های هوایی درختان سیب، به و گلابی و یک کیلو گرم نمونه خاک سطحی از باغ‌های منتخب در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ تهیه شد. تنوع زیستی کنه‌های شکارگر در مناطق مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی محاسبه و با آزمون تجزیه واریانس مورد مقایسه قرار گرفتند. در این بررسی، ۲۰ گونه از ۱۵ جنس از شش خانواده کنه‌های شکارگر جمع‌آوری و شناسایی شد. شاخص تنوع شانون- وینر کنه‌های شکارگر در مناطق مختلف از تفاوت معنی‌داری برخوردار بود. بیشترین مقدار این شاخص در شهرستان مشهد مربوط به ایستگاه لایین (۱/۹۲±۰/۰۲) و کمترین مربوط به ایستگاه طرق با (۱/۲۶±۰/۰۶) بود. شاخص غنای گونه‌ای (مارگالف) برای لایین (۲/۴۹±۰/۰۲) به طور معنی‌داری بیشتر از شاخص‌های محاسبه‌شده برای سایر مناطق بود. بیشترین مقدار شاخص یکنواختی مربوط به طرقبه‌شاندیز (۰/۷۹±۰/۰۱) و کمترین مقدار این شاخص مربوط به طرق (۰/۶۵±۰/۰۳) بود که از تفاوت معنی‌داری برخوردار بودند. کنه‌های شکارگر غالب باغ‌های میوه دانه‌دار در مناطق مورد مطالعه گونه‌های *Eustigmaeus anauniensis* با فراوانی نسبی ۳۳/۵ درصد و *Stigmaeus elongatus* با فراوانی نسبی ۱۷/۶ درصد بودند.

واژه‌های کلیدی: تنوع، دشمنان طبیعی، غنای گونه‌ای

مقدمه

تنوع زیستی یا گوناگونی زیست‌شناختی، ترکیبی از اشکال مختلف و متنوع جوامع گیاهی و جانوری در کره زمین را شامل می‌شود (Ghorbani, 2009). در این دانش به مطالعه گوناگونی، ساختار جمعیتی و الگوهای فراوانی و پراکنش گیاهان و جانوران که مفهوم آن با آمیختگی و ترکیب گونه‌ها قرین است پرداخته و به عنوان شاخصی برای مقایسه وضعیت اکولوژیک به کار گرفته می‌شود (Radjabi, 2008; Rezaye-Nodeh et al., 2012) که هدف از آن رسیدن به کمیتی واحد برای سهولت مقایسه و ارزیابی جوامع و اکوسیستم‌ها است (Jenkins & Parker, 1998). آن‌چه امروز بر اهمیت تنوع زیستی می‌افزاید، نقش آن در حفظ ثبات اکوسیستم‌ها است؛ زیرا حضور گونه‌های بیشتر در یک منطقه، باعث پیچیده‌تر شدن ساختار اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود و در نتیجه این اکوسیستم‌ها در واکنش به تغییرات از توانایی بیشتری برخوردار شده و ثبات خود را بهتر حفظ می‌کنند (Nassiri Mahallati et al., 2004). به‌عبارت دیگر تنوع زیستی بالاتر اکوسیستم‌ها باعث پایداری بیشتر آن‌ها خواهد بود (Jenkins & Parker, 1998).

در زیررده کنه‌ها، زیرراسته پیش‌استیگمایان (Prostigmata) از لحاظ تنوع زیستی و رژیم غذایی از تنوع بالاتری برخوردار هستند، به‌طوری که تعداد زیادی از آن‌ها دارای فعالیت تغذیه‌ای آزاد، شکارگری و انگلی می‌باشند (Krantz & Walter, 2009). حتی برخی از گونه‌ها در مرحله لاروی انگل و در مرحله پورگی و بلوغ شکارگرند (Saboori et al., 2007). برخی گونه‌ها در خاک فعالیت می‌کنند و در میان آن‌ها کنه‌های شکارگر، پوسیده‌خوار، مردارخوار،

۱، ۲، ۳ و ۴ – به ترتیب دانش‌آموخته، دانشیار، استادیار و مربی گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(* – نویسنده مسئول: Email: sadeghin@um.ac.ir)

قارچ‌خوار و انگل یافت می‌شوند (Khanjani & Haddad Irani-Nejad, 2006).

فراوانی و میزان خسارت کنه‌های گیاه‌خوار تا حد زیادی به تنوع زیستی و انبوهی دشمنان طبیعی آن‌ها (بویژه کنه‌های شکارگر) وابسته است و میزان کارایی دشمنان طبیعی در جلوگیری از انحصاری‌شدن منابع غذایی توسط یک گونه گیاه خوارعامل تعیین‌کننده می‌باشد (Price, 1997). بنابراین، کنه‌های شکارگر نقش مهمی در تنوع، ایجاد شرایط پایدار و عوامل ثبات درگیر در پویایی شکار- شکارگر ایفا می‌نماید (Morais et al., 2007).

بین زیستگاه‌های طبیعی و اکوسیستم‌های زراعی از نظر تنوع زیستی و فراوانی نسبی کنه‌های شکارگر تفاوت قابل توجهی وجود دارد (Wu et al., 2005). به‌علاوه، نوع عملیات کشاورزی نیز در تنوع زیستی و انبوهی کنه‌های شکارگر تأثیرگذار بوده و شاخص‌های تنوع زیستی در کشاورزی پایدار (حداقل استفاده از نهاده‌های شیمیایی و عملیات کشاورزی) بیشتر از کشاورزی رایج (استفاده متداول از نهاده‌های شیمیایی و عملیات کشاورزی) است (Perez-Velazquez et al., 2011; Cortet et al., 2002).

تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر زیرراسته پیش استیگمایان در ایران به طور محدود مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است (Kamali et al., 2001). خلیل منش (Khalilmanesh, 1973) گونه‌ی *Zetzellia mali* (Ewing) (Acari: Stigmaeidae) را که از نظر شکارگری دارای اهمیت است، گزارش کرد. استوان و کمالی (Ostovan & Kamali, 1995) گونه‌های (Acari: Bdellidae) *Biscirus silvaticus* Kramer و *Cyta latirostris* Hermann را از باغ‌های میوه شهرستان مشهد گزارش کردند. کافی (Kafi, 2006) تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده Cunaxidae را در تهران بررسی کرد و ۱۴ گونه را از این خانواده گزارش نمود. صبوری و همکاران (Saboori et al., 2007) در کتاب کنه‌های ایران به معرفی گونه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Erythraeoidea و Trombidioidea پرداخته اند. اوکرمن و همکاران (Ueckermann et al., 2007) دو گونه جدید (Acari: Bdellidae) *Bdellodes iraniensis* و *Bdella karajiensis* را از ایران گزارش کردند.

با وجود تحقیقات انجام شده در مورد شناسایی گونه‌های کنه‌های شکارگر زیرراسته پیش استیگمایان در ایران، مباحث اکولوژیک از جمله تنوع زیستی و اهمیت آن‌ها در ارتباط با مدیریت کنترل کنه‌های گیاه‌خوار به اندازه کافی مورد بررسی قرار نگرفته است. از طرف دیگر، با توجه به اینکه وجود تنوع زیستی بالا و پیچیدگی روابط بین گونه‌ها، لازمه‌ی پایداری یک جامعه می‌باشد، به‌طوریکه حذف یک گونه از یک سیستم و یا افزایش آن به یک جامعه می‌تواند باعث اثرات غیرقابل پیش‌بینی عمده‌ای در یک اکوسیستم شود (Pimentel et al, 1997)؛ برای حفاظت و بهره‌برداری مطلوب از تنوع زیستی اکوسیستم‌های کشاورزی، شناخت ویژگی‌ها و پراکندگی مکانی و زمانی اجزای آن در همه سطوح ضروری است. بنابراین، با توجه به اهمیت تنوع زیستی این گروه از دشمنان طبیعی و به منظور فراهم آوردن اطلاعات بنیادی و بسترسازی برای مطالعات کاربردی و وسیع‌تر، تحقیق حاضر برای بررسی شاخص‌های تنوع زیستی برخی از کنه‌های شکارگر پرواستیگماتا در باغ‌های میوه دانه‌دار مناطق مختلف شهرستان مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات ایستگاه‌ها

به منظور شناسایی، تعیین فراوانی و تنوع زیستی کنه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea نمونه‌برداری از باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان های مشهد و طرقبه- شاندیز در چهار ایستگاه مشهد (مرکز تحقیقات کشاورزی طرق و باغ آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در پنج کیلومتری شرق مشهد)، لایین (بخش کلات نادری) و طرقبه- شاندیز در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری کنه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea در شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیز

Table 1- Geographical coordinates of sampling localities of prostigmatic predatory mites of super families of Raphignathoidea, Bdelloidea and Erythraeoidea in Mashhad and Torghabe-Shandiz regions

	مشهد Mashhad	طرقبه- شاندیز Torghabe-Shandiz	لائین Laeen	طرق Torogh
عرض جغرافیایی Latitude	36° 12' 37"	36° 18' 40"	37° 07' 45"	36° 12' 37"
طول جغرافیایی Longitude	59° 39' 36"	59° 22' 17"	59° 29' 56"	59° 39' 36"
ارتفاع Altitude	1116	1301	957	998

نمونه‌برداری و شناسایی گونه‌ها

طی ۱۲ نوبت و در هر نوبت نمونه‌برداری در هریک از ایستگاه‌ها دو نمونه شامل حدود یک کیلوگرم اندام‌های هوایی درختان سیب، به و گلابی و یک کیلوگرم نمونه خاک سطحی از باغ‌های منتخب با ویژگی‌های اکولوژیکی و جغرافیایی متفاوت در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ تهیه شد (Southwood & Henderson, 2000). نمونه‌های شاخ و برگ و خاک بعد از قرارگرفتن در کیسه‌های پلاستیکی مجزا و نصب برچسب به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت جداسازی و تفکیک کنه‌ها، اندام‌های گیاهی در زیر استرئومیکروسکوپ بررسی و کنه‌ها با استفاده از قلم‌موی سه صفر برداشته شده و داخل ظروف شیشه‌ای حاوی الکل اتیلیک ۷۵ درصد ریخته شدند. نمونه‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت در قیف برلیز قرار داده شدند و بدین وسیله کنه‌های شکارگر آن‌ها استخراج گردیدند (Krantz & Walter, 2009).

نمونه‌ها پس از جداسازی، با استفاده از لاکتوفنل شفاف‌سازی شده و از آن‌ها اسلایدهای میکروسکوپی دایمی تهیه گردید. در تشخیص نمونه‌ها از منابع مختلف داخلی و خارجی (Krantz & Walter, 2009; Ueckermann et al., 2007; Saboori et al., 2007) استفاده گردید. شناسایی تمامی نمونه‌های این تحقیق توسط متخصصان از جمله دکتر اوکرمن از آفریقای‌جنوبی، دکتر فرجی از هلند و دکتر صبوری تأیید شدند.

محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی کنه‌های شکارگر

در پایان دوره نمونه‌برداری و پس از شناسایی نمونه‌ها، فراوانی نسبی هر گونه از کنه‌های شکارگر از تقسیم فراوانی کل هرگونه بر فراوانی کل کنه‌های جمع‌آوری شده در هر ایستگاه مشخص شد و با توجه به تعداد گونه‌ها و فراوانی نسبی آن‌ها، غنای گونه‌ای، تنوع زیستی و یکنواختی جامعه کنه‌های شکارگر در در مناطق مورد مطالعه با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

الف) شاخص مارگالف[1] (Margalef, 1957):

$$R= S-1/ Ln (N)$$ معادله (۱)

در این شاخص که مبین حضور انواع گونه‌هاست، S: تعداد گونه‌ها و N: فراوانی تمام گونه‌ها می باشد.

ب) شاخص یکنواختی[2] (Southwood & Henderson, 2000)، نحوه پراکنش و توزیع جمعیت گونه‌ها را نشان می‌دهد. هرچه توزیع گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد میزان پایداری و ثبات بیشتر است (Barnes et al., 1998).

برای محاسبه شاخص یکنواختی از فرمول معروف به پیلو ('J) به شرح زیر استفاده شد:

$$E = H/ Ln (S)$$ معادله (۲)

در این معادله، H: مقدار شاخص شانون – وینر[3] و S: تعداد گونه‌ها می‌باشد. شاخص یکنواختی بین صفر برای حداقل یکنواختی توزیع افراد بین گونه‌ها و یک برای حداکثر یکنواختی توزیع متغیر است.

ج) شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر (Southwood & Henderson, 2000): این شاخص در واقع ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است که به شرح زیر تعیین گردید:

$$H = -\sum p_i \times Lnp_i$$ معادله (۳)

در این معادله، H: مقدار شاخص شانون – وینر و p_i: فراوانی نسبی هر گونه در نمونه iام می‌باشد.

مقایسه داده‌های غنای گونه‌ای، تنوع زیستی و یکنواختی کنه‌های شکارگر در مناطق نمونه‌برداری با آزمون تجزیه واریانس یک طرفه One-way ANOVA انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل معنی‌داری تفاوت فیشر Fisher's protected LSD test درسطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS Institute, 2003).

نتایج و بحث

تنوع گونه‌ای

در این بررسی، ۲۰ گونه از ۱۵ جنس و ۶ خانواده متعلق به بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea از مناطق مختلف شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیزبه شرح زیر جمع‌آوری و شناسایی شد.

شاخص‌های تنوع

نتایج نشان داد که شاخص شانون- وینر برای کنه‌های شکارگر در مناطق مختلف نمونه‌برداری شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیزاز تفاوت معنی‌داری برخوردار بود ($F_{3,33}$=138.46, $p\leq$۰/۰۱). بیشترین مقدار این شاخص برای کنه‌های شکارگر، مربوط به ایستگاه لایین (۰/۰۲± ۱/۹۲) و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه طرق (۰/۰۶± ۱/۲۶) بود (شکل ۱).

دامنه تغییرات شاخص شانون- وینر از ۵-۰ و معمولاً بین ۱/۵ - ۳/۵ متغیر است (Southwood & Henderson, 2000). در این بررسی دامنه تغییرات این شاخص بین ۱/۹۲ - ۱/۲۶ بود که بیانگر پایین بودن میزان تنوع زیستی کنه‌های شکارگر در باغ‌های درختان میوه دانه‌دار مناطق مختلف مورد مطالعه است.

1- Margalef Index
2- Evenness Index
3- Shanoon-Viner Index

جدول ۲- توزیع کنه‌های شکارگر بالاخانواده‌های Raphignathoidea، Bdelloidea و Erythraeoidea جمع‌آوری شده در ایستگاه‌های شهرستان-های مشهد و طرقبه شاندیز

Table 2- Distribution of prostigmatic predatory mites of super families of Raphignathoidea, Bdelloidea and Erythraeoidea collected from fields in Mashhad and Torghabe-Shandiz regions

گونه Species	طرق Torogh	مشهد Mashhad	طرقبه-شاندیز Torghabe-Shandiz	لائین Laeen
Spinibdella cronini			7 (37)**	
Cyta latirostris	2 (4)	3 (6)	3 (16)	10 (15)
Bdellodes kazeruni		1 (2)		1 (1.5)
Bdellodes nr. muscorum		1 (2)		
Biscirus silvaticus		2 (2)	1 (5)	7 (10)
Cunaxa setirostris	6 (12)			8 (12)
*Puleus nr glebulentus**	1 (2)			1 (1.5)
Cunaxoides nr croceus	1 (2)			
*Agistemus industani**	1 (2)	10 (20)	1 (5)	
*Eustigmaeus anauniensis**	10 (20)	25 (50)	7 (37)	25 (38.5)
Stigmaeus elongatus	27 (54)	5 (10)		2 (3)
Ledermuelleriopsis zahiri	2 (4)			
Raphignathus zhaoi		1 (2)		1 (1.5)
Raphignathus giselae				1 (1.5)
Eupalopsellus nr. crotovallaris		2 (4)		
Erythraeus (Zaracarus) iranicus				1 (1.5)
Erythraeus (Z.) kurdistaniensis				7 (11)
Erythraeus garmsaricus		1 (2)		
Spinibdella sp.				1 (1.5)
Lupaeus sp.				1 (1.5)

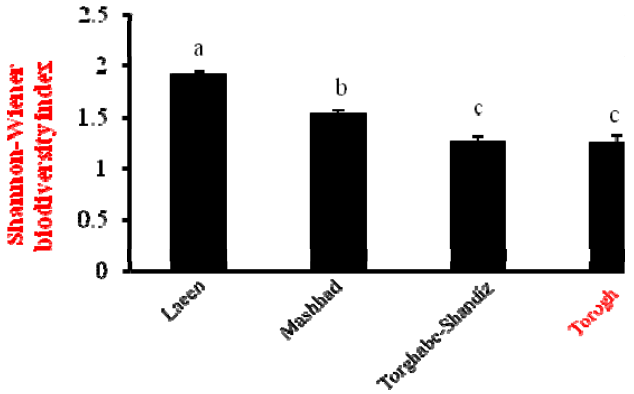
*: گونه‌ها برای اولین بار از ایران گزارش می‌گردد.

*: Species are reported from Iran for the first time.

**: فراوانی نسبی گونه‌ها (درصد) در هر مکان نمونه‌برداری

**: Species relative abundance (%) in each sampling site.

دلیل این وضعیت، احتمالاً فراوانی محسوس گونه‌هایی نظیر *Eustigmaeus anauniensis* (Canestrini, 1889) و *Stigmaeus elongatus* (Berlese, 1886) نسبت به سایر گونه‌ها و غالبیت آن‌ها است. در هر توزیع مکانی یا زمانی که یک یا چند گونه در جامعه مورد نمونه‌برداری دارای چیرگی قابل ملاحظه‌ای باشند، مقدار شاخص تنوع زیستی پایین خواهد بود (Disney, 1999).



شکل ۱- تغییرات مقدار شاخص تنوع شانون- وینر کنه‌های شکارگر زیرراسته پیش استیگمایان باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیز در سال ۱۳۸۸

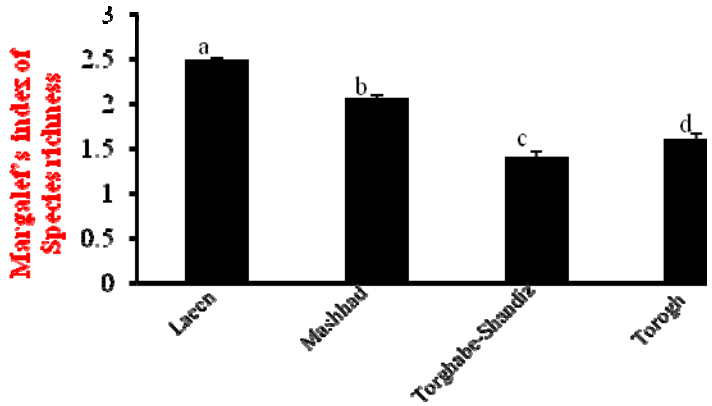
Fig. 1- Dynamics of Shannon-Wiener diversity index of prostigmatic predatory mites in pomefruit orchards of Mashhad and Torghabe-Shandiz regions during 2009

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

Columns with different letter showed significant differences at 0.01 probability level (One-way ANOVA, followed by LSD test).

مقادیر شاخص غنای گونه‌ای مارگالف کنه‌های شکارگر در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج مبین آن است که از نظر شاخص غنای گونه‌ای کنه‌های شکارگر، تفاوت معنی‌داری بین مناطق وجود دارد ($F_{3,33}$=136.23, p≤۰/۰۱). بر این اساس، ایستگاه لایین بیشترین مقدار شاخص مارگالف (۰/۰۲± ۲/۴۹) و طرقبه- شاندیز با (۰/۰۵± ۱/۴۱) کمترین مقدار این شاخص را داشت.

مقایسه واریانس مقادیر مختلف شاخص یکنواختی کنه‌های شکارگر بیانگر تفاوت معنی‌دار بین مناطق مختلف نمونه‌برداری بود ($F_{3,33}$=21.3, p≤۰/۰۱). بیشترین مقدار این شاخص مربوط به طرقبه‌شاندیز (۰/۰۱± ۰/۷۹) و کمترین آن برای طرق (۰/۰۳± ۰/۶۵) محاسبه شد (شکل ۳). در دو منطقه لایین و طرقبه شاندیز توزیع جمعیت بین گونه‌های شکارگر نسبتاً یکنواخت بود، ولی در منطقه طرق با غالبیت گونه *Stigmaeus elongatus* مقدار شاخص یکنواختی کمتر بود.

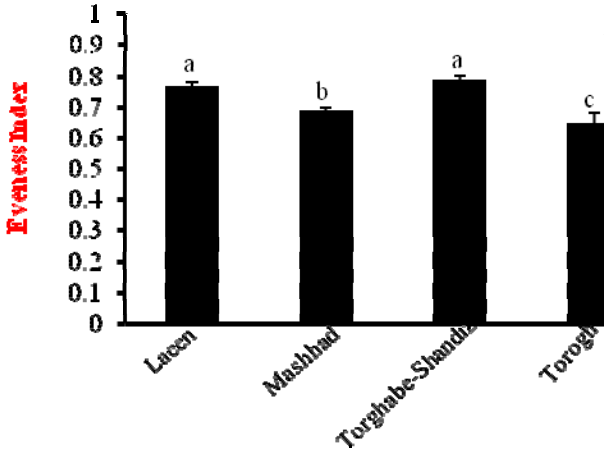


شکل ۲- تغییرات مقدار شاخص غنای گونه‌ای مارگالف کنه‌های شکارگر زیرراسته پرواستیگماتا باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیز در سال ۱۳۸۸

Fig. 2- Dynamics of species richness of Margalef's index of prostigmatic predatory mites in pomefruit orchards of Mashhad and Torghabe-Shandiz regions during 2009

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

Columns with different letter showed significant differences at 0.01 level (One-way ANOVA, followed by LSD test).



شکل ۳- تغییرات مقدار شاخص یکنواختی کنه‌های شکارگر زیرراسته پرواستیگماتا باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان های مشهد و طرقبه- شاندیز در سال ۱۳۸۸

Fig. 3- Dynamics of evenness index of prostigmatic predatory mites in pomefruit orchards of Mashhad and Torghabe-Shandiz regions during 2009

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

Columns with different letter showed significant differences at 0.01 probability level (One-way ANOVA, followed by LSD test).

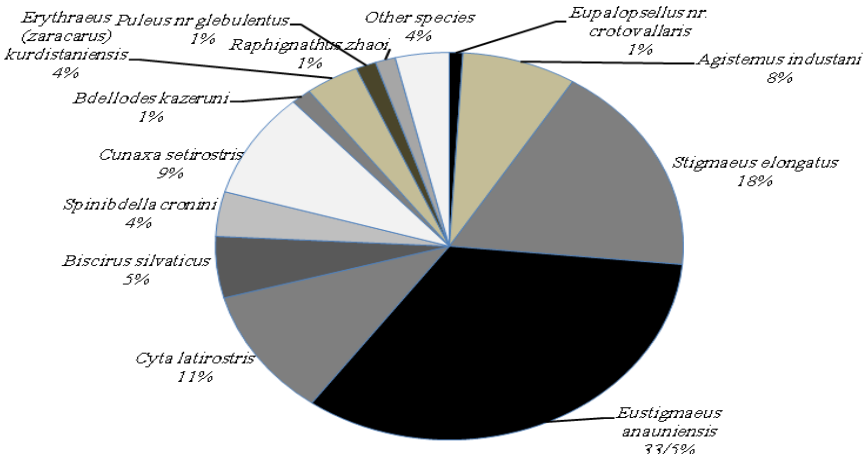
فراوانی نسبی گونه‌های کنه‌های شکارگر از بالاخانواده‌های Bdelloidea، Raphignathoidea و Erythraeoidea در شکل ۴ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود کنه شکارگر غالب باغ‌های میوه دانه‌دار در شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیزگونه *Eustigmaeus anauniensis* با فراوانی نسبی ۳۳/۵ درصد بود. کنه‌های شکارگر از گونه‌های (Acari: Stigmaeidae) *Stigmaeus elongatus*، *Cyta latirostris* (Acari: Bdellidae) و *Cunaxa setirostris* (Acari: Cunaxidae) نیز به ترتیب با ۱۸، ۱۱ و ۹ درصد بیشترین فراوانی‌های نسبی بعدی را در باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان مشهد دارا بودند.

نتایج این بررسی بیانگر آن بود که مقادیر فراوانی نسبی، تنوع شانون-وینر و غنای گونه‌ای کنه های شکارگر در باغ‌های میوه دانه‌دار مناطق مختلف نمونه‌برداری از تفاوت معنی‌داری برخوردار بود. تاکنون عوامل مختلف مؤثر در تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی و فراوانی نسبی کنه‌های شکارگر در زیستگاه‌های گوناگون گزارش شده‌اند (Cortet et al., 2002; Peverieri et al., 2009). از جمله این عوامل پوشش گیاهی زیستگاه و نوع فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. به عنوان مثال، در مطالعه‌ی پرز –ولازکوئز و همکاران (Perez-Velazquez et al. 2011) تنوع زیستی و فراوانی نسبی کنه‌های شکارگر خاکزی راسته میان استیگمایان در زیستگاه‌هایی با پوشش گیاهی بیشتر و عملیات کشاورزی ارگانیک (عدم استفاده از مواد شیمیایی نظیر آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی) به‌طور معنی‌داری بیشتر از زیستگاه‌هایی با پوشش گیاهی کمتر و عملیات کشاورزی رایج (استفاده از آفت‌کش‌ها و کود شیمیایی، عملیات خاکورزی و شخم عمیق) بود.

دلیل احتمالی بالاتر بودن شاخص‌های تنوع زیستی و فراوانی نسبی کنه‌های شکارگر در ایستگاه نمونه‌برداری لایین نسبت به سایر ایستگاهها می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که نمونه‌برداری‌ها در منطقه لایین در باغهایی انجام گرفت که در آن سال هیچگونه آفت کشی برای کنترل آفات استفاده نشد. از دیگر عوامل موثر بر تفاوت مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی کنه‌های شکارگر در مناطق مورد مطالعه، شرایط متفاوت اقلیمی بویژه دما و رطوبت نسبی می‌تواند باشد. برای مثال، در مطالعه‌ی لی و همکاران (Li et al., 2005) نیز نشان داده شد که تنوع زیستی و ترکیب کنه‌های آکاروئید (Acaroid) در سه محیط زیستی مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند که دلیل آن تفاوت دمایی و رطوبتی زیستگاه‌ها بوده است.

تحقیقات کنه‌های شکارگر در ایران بیشتر جنبه فونستیک داشته و تنوع زیستی آن‌ها کمتر مورد توجه قرارگرفته است. جامعه‌ی کنه‌های شکارگر در باغ‌های میوه منتخب در شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیزاز غنای گونه‌ای نسبتا بالایی برخوردار بودند. هر چندکه از نظر ساختار گونه ای، گونه ی غالب، تعداد گونه‌ها، شاخص یکنواختی، فراوانی و شاخص‌های تنوع زیستی در میان آن‌ها تفاوت‌هایی مشاهده گردید.

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، لایین بالاترین و طرق کمترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی را داشتند. وجود تفاوت در مقادیر شاخص‌های تنوع ممکن است از شرایط اقلیمی بویژه دما و رطوبت، میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی بویژه آفتکش‌ها ناشی شود که اثبات نقش هر کدام از این عوامل به مطالعات بیشتر نیاز دارد.



شکل ٤- فراوانی نسبی کنه‌های شکارگر زیرراسته پیش استیگمایان باغ‌های میوه دانه‌دار شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیز در سال ۱۳۸۸

Fig. 4- Relative abundance of prostigmatic predatory mites in pomefruit orchards of Mashhad in Torghabe and Shandiz regions during 2009

کاهش مصرف آفت‌کش‌ها، کاربرد آفت‌کش‌های انتخابی، تنوع بخشیدن به فلور بوم نظام‌های زراعی می‌تواند به افزایش تنوع و حفاظت بیشتر از کنه‌های شکارگر منجر شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقایان دکتر اوکرمن (آفریقای جنوبی)، دکتر دن‌هیر (آمریکا)، دکتر فرجی (هلند) و دکتر صبوری (دانشگاه تهران) به‌خاطر شناسایی و تایید نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد. این مطالعه قسمتی از پایان‌نامه نگارنده اول بوده که در دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفته است.

منابع

1- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., and Spurr, S.H. 1998. Forest Ecology (4th ed.). John Wiley and Sons, Inc., New York, 774 pp.
2-Cortet, J., Ronce, D., Poinsot-Balaguer, N., Beaufreton, C., Chabert, A., Viaux, P., and Fonseca, J. 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems. European Journal of Soil Biology 38: 239-244.
3- Disney, R.H.L. 1999. Insect biodiversity and demise of alpha taxonomy. Antenna 23: 84-88.
4- Ghorbani, R. 2009. Ecology. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 344 pp. (In Persian)
5- Kamali, K., Ostovan, H., and Atamehr, A. 2001. A Catalogue of Mites and Ticks (Acari) of Iran. Islamic Azad University Scientific Publication Center, Tehran. (In Persian with English Summary)
6-Khalilmanesh, B. 1973. Phytophagous mite fauna of Iran. Applied Entomology and Phytopathology 35: 30-38. (In Persian with English Summary)
7-Khanjani, M., and Haddad Irani-Nejad, K. 2006. Injurious Mites of Agricultural Crops in Iran. Publisher, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran 515 pp. (In Persian)
8-Kafi, F. 2006. Survey of species diversity of mites of Families of Cunaxidae and Pseudocheylidae at Malard Research Station. MSc Thesis, Islamic Azad University, Scientific and Research Branch, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
9-Krantz, G.W., and Walter, D.E. 2009. A Manual of Acarology. Third Edition, Texas Technology University Press, Texas, USA.
10-Jenkins, M., and Parker, A. 1998. Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. Forest Ecology and Management 109: 57-74.
11-Li, C.P., He, J., Jiang, J., and Wang, H. 2005. Composition and diversity of acaroid mite community in different environments in Huainan City. Biological Science Trends 23 (6): 460-462.
12-Margalef, R. 1957. Diversidad de species en las commundades naturals. Publications del Instituto de Biological Aplicatae 6: 59-72.
13-Morais R.M., Ott, R., Ott, A.P., and Redaelli, L.R. 2007. Spiders and predatory mites in the canopies of organically managed Montenegrina tangerine trees, in Montenegro County. Neotropical Entomology 36 (6): 939-48.
14-Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A. 2004. Agroecology. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran 460 pp. (In Persian)
15-Ostovan, H., and Kamali, K. 1995. Some snout mites (Acari: Bdellidae) from Iran and a key for their identification. Journal Agricultural Science 1(3,4): 29-43. (In Persian with English Summary)
16-Perez-Velazquez, D., Castano-Meneses, A., Callejas-Chavero, G.A., and Palacios-Vargas, J. 2011. Mesostigmatid mite (Acari: Mesostigmata) diversity and abundance in two sites in Pedregal de San Angel Ecological Reserve, Distrito Federal, Mexico. Zoosymposia 6: 255-259.
17-Peverieri G.S., Simoni, S., Goggioli, D., Liguori, M., and Castagnoli, M. 2009. Effects of variety and management practices on mite species diversity in Italian vineyards. Bulletin of Insectology 62(1): 53-60.
18-Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, T., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., and Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. Bioscience 47: 747-570.
19-Price, P.W. 1997. Insect Ecology. John Wiley and Sons Inc. New York 874 pp.
20-Radjabi, G. 2008. Insect Ecology. Publisher, Agricultural Extension, Education and Research Organization, Tehran, Iran. (In Persian)
21-Rezaye-Nodeh, M., Afshari, A., Yazdanian, M., and Assadeh, G.H. 2012. Biodiversity of carabidae beetles (Coleoptera: Carabidae) in agroecosystems of Azadshahr region, Golestan province, Northern Iran. Agroecology 3(3): 347-357. (In Persian with English Summary)
22-SAS Institute 2003. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1. Cary: SAS Institute, NC, USA.
23-Saboori, A., Hosseini, M., and Asadi, M. 2007. Acari of Iran. Publisher, Tehran University, Tehran, Iran 286 pp. (In

Persian)
24-Southwood, T.R.E., and Henderson, P.A. 2000. Ecological Methods. Chapman and Hall, New York.
25-Ueckermann, E.A., Rastegar, J., Saboori, A., and Ostovan, H. 2007. Some mites of the superfamily Bdelloidea (Acarri: Prostigmata) of Karaj (Iran), with description of *Bdellodes kazeruni*. Acarologia 7(3-4): 127-138.
26-Wu, D., Zhang, B., and Chen, P. 2005. Characteristics of soil mite community structures in the mid-west plain, Jilin Province. Acta Zoologica Sinica 51(3): 401-412.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۶۶-۵۸

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 58-66

بررسی عکس‌العمل ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در سیستم‌های کشت معمول و دوگانه پس از جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی گناباد

اسماعیل صدیقی[۱]، محمدرضا رمضانی‌مقدم[۲*]، علیرضا سیروس‌مهر[۳] و محمدرضا اصغری‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی واکنش ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به سیستم تک‌کشتی و سیستم کشت دوگانه پس از جو (*Hordeum vulgare* L.) آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان گناباد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه تاریخ کاشت: کشت به موقع (۱۵ اردیبهشت)، کشت پس از انجام آخرین آبیاری جو (۳۰ اردیبهشت) و کاشت پس از برداشت جو در همان زمین جو (۱۵ خرداد) به عنوان عامل اصلی و سه رقم، ورامین، خرداد و سپید به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۶۰/۲ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت دوم بود. تیمارها اثر معنی‌داری برتعداد شاخه رویا و زایای پنبه نداشتند. درصد زودرسی در تاریخ کاشت اول بیشترین میزان را داشته و اختلاف معنی‌داری با دو تاریخ کاشت دیگر داشت. بیشترین عملکرد وش تک قوزه (۶/۵ گرم) مربوط به رقم ورامین در تاریخ کاشت سوم بود که اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات تیماری نشان داد، ضمن اینکه همین رقم در تاریخ‌های کاشت دیگر میزان عملکرد نسبی بالاتری داشت. از نظر اثر متقابل دو تیمار بر میانگین عملکرد چین اول، با تاخیر در کاشت، از عملکردها کاسته شد، ولی رقم خرداد بالاترین عملکرد کل وش را در تاریخ کاشت اول به میزان ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد. در چین دوم فقط اثر تاریخ کاشت معنی‌دار بود و تاریخ کاشت سوم بیشترین عملکردرا به‌خود اختصاص داد. در مورد اثر دو جانبه تیمارها بر عملکرد کل، دو رقم ورامین و خرداد در تاریخ کاشت اول عملکرد نسبتاً برابری داشتند، ولی رقم خرداد در هر سه تاریخ کاشت، عملکرد نسبتاً بیشتری نشان داد. در مجموع، کشت رقم خرداد در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) بصورت کشت دو گانه پس از جو در شرایط آب و هوایی گناباد مناسب به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: الیاف، تراکم بوته، زودرسی، عملکرد وش، قوزه

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) که به دلیل داشتن ارزش اقتصادی و تجاری بالا به «طلای سفید» و «سلطان الیاف» نیز معروف است، به‌عنوان قدیمی‌ترین و ارزشمندترین گیاه لیفی (Naseri, 1995) که به دلیل داشتن ریشه‌های گسترده و نفوذپذیر، دارا بودن قابلیت تنظیم تعداد برگ و میوه زمانی که گیاه تحت شرایط تنش قرار می‌گیرد و نیز داشتن دوره قوزه‌دهی قابل انعطاف از گیاهان مناسب برای کشت درمناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود (Ray et al., 1974). این گیاه همچنین به عنوان یکی از گیاهان مقاوم نسبت به شوری خاک یا آب آبیاری به شمار می‌رود (Maas & Hoffman, 1977).

پنبه گیاهی است که به لحاظ مصارف لیفی و روغنی در عرصه تجارت جهانی از جایگاهی ویژه برخوردار است و تحقیقات مربوط به آن اهمیت خاصی دارد. پنبه به منظور استفاده از الیاف و بذر آن کشت می‌گردد. مصرف پارچه‌های پنبه‌ای قدمت چند هزار ساله دارد و از نظر نساجی ماده ارزنده‌ای است که تا به امروز هیچ محصولی نتوانسته است جای آن‌را بگیرد (Khajeh Pour, 2007). روش‌های صحیح مدیریت زراعی برای حداکثر استفاده از ظرفیت محیط برای تولید گیاهان عاملی بسیار مهم بوده و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد می‌تواند در جهت افزایش عملکرد مورد نظر تولیدکنندگان باشد (Akram Ghaderi et al., 2002). تاریخ کاشت مناسب یکی از مهم‌ترین عواملی است که اغلب خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه و در نهایت، عملکرد را تحت تأثیر قرارمی‌دهد.

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب کارشناس پژوهشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- بخش تحقیقات پنبه و گیاهان لیفی و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: rezaramezani@yahoo.com)

نتایج آزمایشی که در مورد تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر خصوصیات ارقام پنبه انجام گرفت نشان داد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه رویا و ارتفاع گیاه پنبه نداشت، ولی تعداد شاخه‌های زایا تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و با تأخیر در کاشت تعداد شاخه‌های زایا افزایش یافت. همچنین ارقام مورد مطالعه از لحاظ ارتفاع و تعداد شاخه زایا اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با یکدیگر نداشتند، ولی در بین ارقام از نظر تعداد شاخه رویا اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (Akram Ghaderi et al., 2003).

در نتیجه مطالعاتی که گیوتری (Guthrie, 1991) در چهار منطقه کارولینای شمالی جهت بررسی عکس‌العمل پنبه به سه تاریخ کاشت (زود، متوسط و دیر) به ترتیب از پنجم ماه می (۱۵ اردیبهشت) تا پایان همان ماه انجام داد، مشخص شد که میانگین عملکردهای تاریخ کاشت متوسط و دیرهنگام در چهار منطقه به ترتیب ۳۱ تا ۵۰ درصد نسبت به کاشت زودهنگام کاهش نشان داد. گزارش شده است که عملکرد الیاف پنبه در تاریخ کاشت دیر به علت کاهش جذب واحد حرارتی تجمعی و همچنین به علت اینکه سهم زیادی از مرحله قوزه دهی در گرم‌ترین ماه تابستان اتفاق افتاد، به شدت کاهش یافت (Silvertooth et al., 1998). در نتیجه آزمایشی گزارش شده است که کاشت زودتر موجب افزایش ۱۰ درصدی گل، ۲۳ درصدی قوزه-های باز، ۱۸ درصدی عملکرد دانه پنبه و ۱۳ درصدی وش نسبت به کاشت دیرهنگام شده است (Arshad et al., 2007). تعدادی از محققان نیز نشان داده‌اند که در تاریخ کاشت زودتر گیاه در شرایط محیطی مطلوب‌تر رشد نموده است، ارتفاع و تعداد قوزه بیشتری را تولید می‌نماید (Norfleet et al., 1997) و بنابراین، نسبت به گیاهانی که دیرتر کاشته شده‌اند عملکرد بالاتری داشته باشند (Bozbek et al., 2006; Wrather et al., 2008). پنبه رقم خرداد اولین رقم زودرس معرفی شده در ایران و مقاوم نسبت به بروز تنش-های خشکی و شوری می‌باشد (Ramezani Moghaddam, 2007).

یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش تولید در مزرعه و بهره‌وری بهتر از امکانات و زمان، کشت بیش از یک محصول زراعی در سال است. توسعه سیستم کشت دوگانه در مورد پنبه می‌تواند برای کشاورزان این امکان را فراهم کند که از موقعیت‌های اقتصادی بهتری برخودار شده، با خطر کمتری از لحاظ خسارت به محصول مواجه شده و قابلیت انطباق بیشتری با شرایط موجود داشته باشند (Baker,1987; Smith &Varvil, 1982). از طرفی، کشت دوگانه پنبه بعد از جو می‌تواند منجر به تأخیر در کاشت پنبه شود. به همین دلیل برای این سیستم نیاز به مدیریتی متفاوت با کشت پنبه به تنهایی می‌باشد. از این رو، کشاورزان تمایل دارند که واریته‌های زودرس و یا متوسط رس را در سیستم دوکشتی استفاده کنند.

این تحقیق با هدف تعیین مناسب‌ترین زمان کشت و امکان اجرای سیستم دوکشتی جو- پنبه با توجه به نوع رقم پنبه در شهرستان گناباد که یکی از مهم‌ترین مناطق پنبه‌کاری استان خراسان رضوی می‌باشد، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان گناباد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد آزمایش شامل سه تاریخ کاشت، کشت به موقع (۱۵ اردیبهشت که عرف منطقه و توصیه شده مراکز تحقیقاتی است)، کشت پس از انجام آخرین آبیاری جو در شرایط آب و هوایی سال ۱۳۸۹ (۳۰ اردیبهشت) و کاشت پس از برداشت جو در همان زمین جو در شرایط آب و هوایی سال ۱۳۸۹ (۱۵ خرداد) که به عنوان عامل اصلی انتخاب شدند و سه رقم: ورامین، خرداد و سپید به عنوان عامل فرعی انتخاب شدند. بذور ارقام ورامین و خرداد از ایستگاه تحقیقات پنبه شرق کشور (کاشمر) و رقم سپید از مؤسسه تحقیقات پنبه کشور (گرگان) تهیه گردید. داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک گناباد در طول ماه‌های آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه رویا و زایا، وزن وش تک قوزه، عملکرد چین اول، عملکرد چین دوم، عملکرد کل وش و درصد زودرسی بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. پس از آماده‌سازی زمین بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه، مقدار۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره قبل از کاشت با خاک مخلوط شد. بجز تیمار کشت پس از برداشت جو در همان زمین جو (۱۳۸۹/۳/۱۵) که عملیات کاشت پس از برداشت جو در همان زمین انجام شد، در دو تاریخ کشت دیگر (به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۸۹/۲/۱۵ و ۱۳۸۹/۲/۳۰) کشت در زمین آیش صورت گرفت. با توجه به آمار هواشناسی ایستگاه محل اجرای طرح، دمای حد اقل در روز۱۵ اردیبهشت ماه، ۱۶ و ۳۰ اردیبهشت ماه ۱۷/۸ و برای ۱۵ خرداد ماه ۲۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. عملیات کاشت بذرهای هر سه رقم به روش خشکه‌کاری انجام گرفت؛ به طوریکه فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین گیاهان روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های اصلی ۲۱۰ سانتی مترو بین کرت‌های فرعی ۱۴۰ سانتی‌متر انتخاب گردید. آبیاری به روش جوی و پشته‌ای و با فاصله هشت روز بر اساس عرف منطقه در طول فصل رشد انجام شد. عملیات تنک و وجین طی دو نوبت یعنی ۲۰ و ۴۰ روز پس از هر تاریخ کاشت صورت گرفت. در طول فصل رشد جهت کنترل آفت سنک پنبه[1] گیاهان پنبه دو بار با سم

1- *Oxycarenus hyalipensis*

اندوسولفان (یک لیتر در هکتار) در تاریخ ۸۹/۴/۲۵ و ۱۵ روز بعد تیمار شدند. کود اوره سرک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در دو نوبت در زمان آبیاری اعمال گردید.

برای محاسبه عملکرد وش چین اول و عملکرد وش چین دوم برداشت به ترتیب در تاریخ‌های ۸۹/۷/۱۵ و ۸۹/۸/۲۰ با رعایت حذف ردیف‌های کناری هر کرت و همچنین حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف انجام شد. عملکرد کل وش از مجموع عملکرد حاصل از چین اول و دوم بدست آمد. برای محاسبه خصوصیات دیگر ۲۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب گردید. درصد زودرسی پنبه از معادله (۱) محاسبه شد:

معادله (۱) درصد زودرسی = (کل محصول پنبه / محصول چین اول) ×۱۰۰

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS 8.2 تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت (Rezaei Chiyaneh, et al., 2013).

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد تاریخ کاشت اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته پنبه داشت، اما این صفت در بین ارقام و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که ارتفاع بوته در گیاهان پنبه‌ای که در تاریخ کاشت دوم و سوم کشت شدند از نظر آماری یکسان بوده و نسبت به تاریخ اول مقادیر بیشتری را نشان دادند. مشابه با یافته‌های این آزمایش گزارش شده است که گیاهان پنبه‌ای که با تأخیر و در ۲۰ آگوست (اواخر مرداد) کشت شدند، نسبت به گیاهانی که به موقع و در هفتم جولای (اواسط تیر) کشت شدند دارای ارتفاع بوته بیشتری بودند (Munk, 2001). از طرف دیگر، پژوهشگران دیگری به نتیجه متفاوتی دست یافتند و بیان نمودند که تاریخ کاشت زودتر موجب حصول ارتفاع بوته بیشتری در پنبه شد (Norfleet et al., 1997; Porter et al., 1996).

جدول ۱- داده های هواشناسی ماهیانه ایستگاه سینوپتیک گناباد در طول دوره آزمایش

Table 1- Monthly meteorological data of Gonabad synoptic station during the experiment period

ساعات آفتابی (ساعت) Sunny hours (hr)	بارندگی (میلی-متر) Precipitation (mm)	رطوبت مطلق (٪) Absolute humidity (%)		رطوبت (٪) Humidity (%)			دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)		ماه Month
		Maximum	Minimum	18:30	12:30	6:30	Maximum	Minimum	
8.8	0.5	28.1	20.1	29.0	25.3	49.7	29.6	16.5	اردیبهشت Ordibehesht
11.8	0.0	29.9	9.7	12.6	12.7	26.2	35.0	21.1	خرداد Khordad
11.9	0.0	31.5	12.6	15.6	15.1	28.6	38.7	24.7	تیر Tir
12.0	0.0	27.9	10.2	12.7	12.7	24.9	34.6	20.1	مرداد Mordad
11.1	0.0	30.5	11.9	17.1	13.7	27.8	31.4	16.7	شهریور Shahrivar
9.9	0.0	42.7	17.6	26.8	20.5	40.3	29.9	14.9	مهر Mehr
9.1	0.0	47.5	21.1	33.6	24.4	44.4	20.9	7.3	مهر Aban
10.3	**0.08**	**41.1**	**15.4**	**21.9**	**19.0**	**36.9**	**30.4**	**16.5**	**Mean**

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of the experimental soil

عمق Depth	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	SP	T.N.V	کربن آلی O.C	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mn	روی zn	مس Cu
(سانتی متر) (cm)	(دسی زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)		درصد (٪)						(قسمت در میلیون) (ppm)						
0-30	8.1	8.5	28	22.3	0.19	58	18	24	0.1	8.8	204	3.54	5.14	0.82	0.6

تعداد شاخه‌های رویا و زایا

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های رویا نداشتند (جدول ۳). احتمالاً به دلیل اینکه تعداد شاخه‌های رویا در گیاه پنبه تحت کنترل ژنتیک گیاه بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و همچنین به سبب اینکه تعداد شاخه رویا درپنبه کم است (Khajehpour, 2006) اختلاف بین تیمارها از نظر تأثیر بر این صفت غیر معنی‌دار بوده است. نتایج مطالعه اکرم‌قادری و همکاران (Akram Ghaderi et al., 2001) نیز با نتایج بدست آمده در این آزمایش در مورد تعداد شاخه‌های رویا مطابقت دارد. در مورد تعداد شاخه‌های زایا نیز نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای تاریخ کاشت، ارقام و اثر متقابل آنها بود (جدول ۳). نتیجه آزمایش دیگری که روی ارقام مختلف پنبه انجام گرفت نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری بین ارقام مختلف از نظر تعداد شاخه رویا و زایا وجود نداشت که با نتایج بدست آمده در این پژوهش مطابقت دارد (Ramezani Moghaddam et al., 2009).

درصد زودرسی

جدول ۳ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تاریخ کاشت بر صفت درصد زودرسی گیاه پنبه است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت از میزان این صفت به طور چشمگیری کاسته شد، به طوری‌که تاریخ کاشت اول موجب حصول درصد زودرسی بیشتری (۹۰/۳ درصد) نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر شد (جدول ۴). بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که زودرسی به گیاه این امکان را می‌دهد که به الگوهای سیستم دو کشتی انطباق پیدا کرده و گیاه پنبه را قادر می‌سازد تا در دوره‌هایی که رطوبت مطلوب بیشتری وجود دارد توسعه یافته، از خسارت آفات در آخر فصل اجتناب کرده و استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی و دیگر نهاده‌ها مانند آب آبیاری و کودهای شیمیایی به حداقل برسد (Neil, 1991). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین ارقام پنبه در مورد درصد زودرسی است. جدول تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان می‌دهد اثر متقابل بین تاریخ کاشت و رقم بر درصد زودرسی معنی‌دار نبود (جدول ۳).

وزن وش تک قوزه

همانطور که در جدول نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) مشاهده می‌شود، وزن وش تک قوزه پنبه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تاریخ کاشت، ارقام و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با تأخیر در تاریخ کاشت بر مقدار وزن وش تک قوزه افزوده شد، بطوریکه بالاترین میزان وش تک قوزه (۵/۷۹ گرم) مربوط به تاریخ کاشت سوم بود. گیاهان پنبه‌ای که در تاریخ کاشت دوم کشت شدند از نظر وزن وش تک قوزه در رده بعدی قرار داشته و از میزان بیشتری نسبت به گیاهان مربوط به پلات‌های تاریخ کاشت اول برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه با تأخیر در کاشت پنبه دوره تکامل قوزه با دماهای پایین مواجه می‌شود، این کاهش دما سبب افزایش دوره تکامل قوزه می‌شود و بنابراین وزن قوزه در دماهای پایین‌تر افزایش می‌یابد (Panjeh Koob et al., 2007). نتایج بدست آمده در مورد صفت مذکور با یافته‌های مردیت و بریدجز (Meredith & Bridgs, 1973) مطابقت دارد. در بین ارقام مورد مطالعه نیز رقم ورامین بیشترین و رقم خرداد کمترین مقدار از نظر این صفت را به خود اختصاص دادند، به طوریکه رقم ورامین نسبت به رقم خرداد به میزان ۲۱/۳ درصد از وزن وش تک قوزه بیشتری برخوردار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه ۱۵ رقم پنبه نشان داد که رقم ورامین نسبت به دیگر ارقام دارای وزن قوزه بیشتری بود (Jafa rAghaei & Aminpour, 1996). شکل ۱ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم از نظر وزن وش تک قوزه است. تمامی ارقام در تاریخ کاشت سوم نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر وزن وش تک قوزه بیشتری را نشان دادند. در بین تمام تیمارهای آزمایش رقم ورامین که در تاریخ کاشت سوم کشت شده بود دارای بیشترین وزن وش تک قوزه (۶/۵۴ گرم) بود و کمترین وزن وش تک قوزه (۴/۱ گرم) به رقم سپید که در تاریخ کاشت اول کشت شده بود تعلق داشت.

عملکرد وش چین اول

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل این دو، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد وش چین اول داشتند

(جدول ۳). نتایج نشان داد که گیاهان پنبه‌ای که در تاریخ کاشت اول کشت شدند در چین اول بیشترین عملکرد وش را نشان دادند که البته بین این تیمار و تیمار تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. کمترین عملکرد وش چین اول نیز از تاریخ کاشت سوم (کاشت پس از برداشت جو) حاصل شد که نسبت به دو تیمار کاشت زودتر عملکرد وش چین اول آن به میزان قابل توجهی کمتر بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با توجه اینکه در تیمار تاریخ کاشت آخر مرحله رشد زایشی و تولید قوزه با تأخیر انجام گرفته است، بنابراین، در هنگام برداشت چین اول تعداد زیادی از قوزه‌های گیاهان پنبه مربوط به تیمار کاشت سوم باز نشده و عملکرد وش کمتری از آنها حاصل شده است.

مقایسه میانگین اثرات فرعی (جدول ۴) همچنین نشان می‌دهد رقم خرداد و ورامین از نظر عملکرد چین اول اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و نسبت به رقم سپید حدود ۳۶ درصد از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. محققان دیگری نیز با مقایسه رقم ورامین و ساحل به عنوان ارقام شاهد با نه رقم اصلاحی دیگر به تفاوت ارقام مختلف از نظر عملکرد چین اول اشاره کرده‌اند (PanjehKoob et al., 2007).

اثر متقابل دو تیمار تاریخ کاشت و رقم نیز بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). شکل ۲ نشان می‌دهد گیاهان پنبه رقم خرداد که در پلات‌های مربوط به تاریخ کاشت دوم قرار داشتند از بالاترین میزان (۱۶۰۱/۵ کیلوگرم در هکتار) و گیاهان رقم سپید که در پلات‌های مربوط به تاریخ کاشت آخر قرار داشتند از کمترین عملکرد وش چین اول (۷۹۵/۴ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بودند.

عملکرد وش چین دوم

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که عملکرد وش در چین دوم در تاریخ‌های مختلف کاشت به طور معنی‌داری متفاوت بود؛ در حالی‌که صفت مذکور در مورد ارقام و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نشان نداد. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد چین دوم از آخرین تاریخ کاشت (۵۸۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و تاریخ‌های کاشت دوم (۳۳۱ کیلوگرم در هکتار) و اول (۱۲۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. احتمالاً به دلیل اینکه مراحل نموی گیاهانی که در تاریخ کاشت سوم یعنی نیمه خرداد کشت شدند با تأخیر انجام شده، به تبع آن مرحله رشد زایشی دیرتر صورت گرفته و اکثر قوزه‌های پنبه در دوره زمانی پس از چین اول به مرحله رسیدگی نهایی رسیده‌اند. در نتیجه عملکرد چین دوم در پلات‌های تاریخ کاشت آخر به طور چشمگیری بالاتر از سایر تیمارها بود.

عملکرد کل وش

عملکرد کل وش تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام پنبه تفاوت معنی‌داری نشان داد و این تیمارها اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که عملکرد وش در تیمارهای تاریخ کاشت اول و دوم اختلاف معنی‌داری نداشته و گیاهان پنبه‌ای که در تاریخ کاشت سوم یعنی بعد از برداشت جو کشت شدند عملکرد کمتری نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر بدست آوردند (جدول ۴). کاهش عملکرد پنبه در نتیجه کاشت با تأخیر در سیستم کشت دوگانه با گندم توسط تعدادی از محققان گزارش شده است (Baker, 1987; Hunt et al., 1997; Smith &Varvil, 1982). تحقیق دیگری نیز کاهش عملکرد ارقام مختلف پنبه در نتیجه تأخیر در کاشت را تأیید کرده است (Ansari et al., 1998).

جدول ۳- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات کمی ارقام پنبه تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3- Variance analysis (Mean of squares) of quantitative traits of cotton cultivars as affected by different planting dates

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	شاخه رویشی Monopodial	شاخه زایشی Symposial	زودرسی Precocity	وزن وش تک قوزه Seed cotton weight of single boll	عملکرد وش چین اول Seed cotton yield in first harvest	عملکرد وش چین دوم Seed cotton yield in second harvest	عملکرد کل وش Total seed cotton yield
تکرار Replication	2	166.24^{ns}	1.86^{ns}	37.23*	325.6^{ns}	0.514**	473152**	0.053^{ns}	412937*
تاریخ کاشت (A) Planting date (A)	2	91.26*	0.49^{ns}	11.01^{ns}	3352.9**	3.056**	1552833**	0.597**	367246*
خطای ۱ Error 1	4	131.98	0.31	7.54	1203.4	0.231	35145	0.646	336015

رقم (B) Cultivar (B)	2	4.68^{ns}	0.03^{ns}	0.086^{ns}	4.27^{ns}	177.7^{ns}	2.51**	240030*	0.009^{ns}	*357752
تاریخ کاشت × رقم Planting date× Cultivar	4	17.84^{ns}	0.14^{ns}	2.17^{ns}	85.7^{ns}	0.21**	131456*	0.062^{ns}	115731*
خطای ۲ Error 2	12	18.25	0.23	4.27	131.8	0.036	62833	0.108	100606
ضریب تغییرات (٪) C.V(%)	-	7.39	4.25	20.62	15.7	3.7	25.8	14.06	24

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

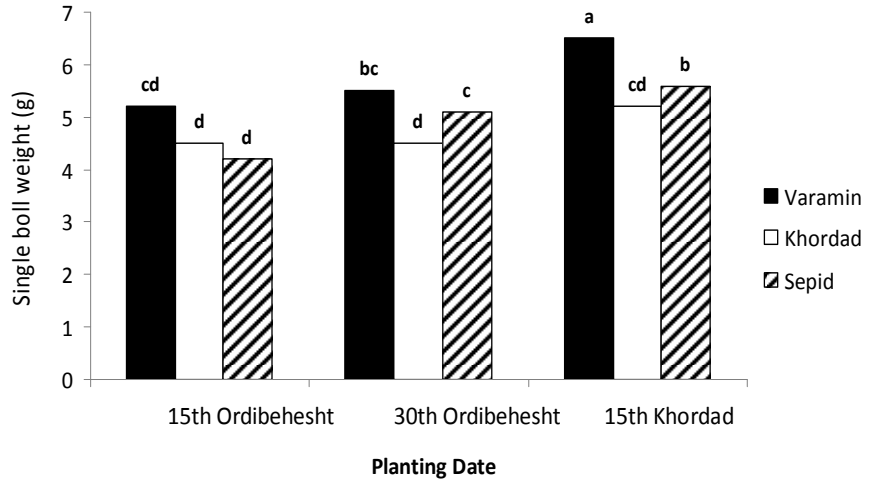
جدول ٤- مقایسه میانگین صفات کمی ارقام پنبه تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 4- Mean comparison of quantitative traits of cotton cultivars as affected by different planting dates

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه (سانتی-متر) Plant height (cm)	شاخه رویشی Monopodial	شاخه زایشی Sympodial	زودرسی (٪) Precocity (%)	وزن وش تک قوزه (گرم) Weight of single boll (g)	عملکرد وش در چین اول (کیلوگرم در هکتار) Single boll yield at the first harvest ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد وش در چین دوم (کیلوگرم در هکتار) Single boll yield at the second harvest ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کل وش (کیلوگرم در هکتار) Total yield of single boll ($kg.ha^{-1}$)
تاریخ کاشت Planting date								
۱۵ اردیبهشت 15th Ordibehesht	54.2 b*	0.92 a	8.8 a	90.3 a	4.65 c	1289.5 a	127 b	1416 a
۳۰ اردیبهشت 30th Ordibehesht	59.1 a	1.2 a	10.8 a	77.3 a	5.02 b	1123.4 a	331.8 b	1455.5 a
۱۵ خرداد 15th Khordad	60.2 a	1.5 a	10.5 a	52.3 a	5.79 a	501.5 b	586 a	1087.6 b
رقم Cultivar								
ورامین Varamin	57.1 a	1.3 a	10 a	76.3 a	5.75 a	1062 a	327.3 a	1389.3 ab
خرداد Khordad	58.5 a	1.3 a	10.1 a	75.4 a	4.74 c	1069.4 a	405.6 a	1475 a
سپید Sepid	57.8 a	1.3 a	9.9 a	68.2 a	4.97 b	782.9 b	312 a	1095 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و فاکتور، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letters(s) in each column and factor have not significant difference based on Duncan's test at 5% probability level.

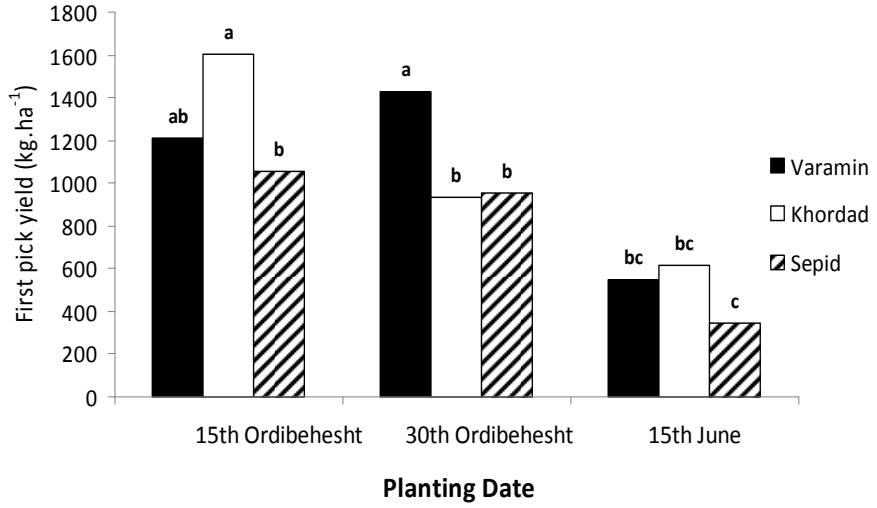


شکل ۱- اثر متقابل زمان کاشت و رقم بر وزن وش تک قوزه

Fig. 1- Interaction effect between planting date and cultivar on single boll weight

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letters(s) have not significant difference based on Duncan's test at 5% probability level.

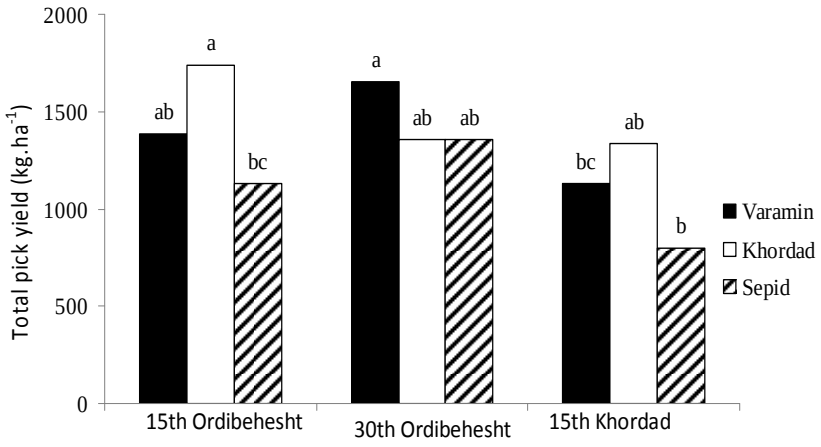


شکل ۲ - اثر متقابل زمان کاشت و رقم بر عملکرد چین اول

Fig. 2- Interaction effect between planting date and cultivar on 1th pick yield of cotton

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letters(s) have not significant difference based on Duncan's test at 5% probability level.



شکل ۳- اثر متقابل زمان کاشت و رقم بر عملکرد کل پنبه

Fig. 3- Interaction effect between planting date and cultivar on total pick yield

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letters(s) have not significant difference based on Duncan's test at 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عملکرد کل وش در بین ارقام پنبه نیز نشان داد که بالاترین عملکرد کل متعلق به رقم خرداد (۱۴۷۵ کیلوگرم در هکتار) بود و ارقام ورامین و سپید به ترتیب در رده‌های بعدی جای گرفتند. عملکرد کل وش رقم خرداد نسبت به ورامین و سپید به ترتیب ۶/۲ و ۳۴/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۴). رقم سپید جزء ارقام برگاکرا[1] و نیمه زودرس می‌باشد. ویلسون (Wilson, 1988) با مقایسه عملکرد وش لاین‌های برگ معمولی و برگ اکرا گزارش کرد که عملکرد لاین‌های برگ اکرا از برگ معمولی کمتر بوده است. داده‌های جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین اثرات متقابل تیمارها در مورد عملکرد کل وش می‌باشد. همانطور که در شکل ۳ مشخص است عملکرد کل وش در مورد رقم خرداد در تاریخ کاشت اول (۱۷۳۶ کیلوگرم در هکتار) و رقم ورامین در تاریخ کاشت دوم (۱۶۵۴ کیلوگرم در هکتار) از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نداشته و بیشترین مقادیر عملکرد را نشان دادند، در حالیکه کمترین عملکرد کل وش (۷۹۵/۴ کیلوگرم در هکتار) از رقم سپید در تاریخ کاشت سوم بدست آمد. نتیجه پژوهش دیگری نیز کاهش عملکرد ارقام برگ اکرا در نتیجه تأخیر در تاریخ کاشت را گزارش کرده است (Heitholt et al., 1992).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه به نتایج مشخص گردید در فصل زراعی که این آزمایش انجام شد با توجه به حادث نشدن سرمای زودرس پاییزه و مساعد بودن شرایط آب و هوایی، فصل رشد برای گیاهان پنبه‌ای که در زمان پس از آخرین آبیاری جو (۳۰ اردیبهشت) کشت شده بودند اجازه رشد رویشی و زایشی را به طور کامل فراهم کرده و درنتیجه عملکرد چین اول و عملکرد کل وش آن با سطح تیماری کشت به موقع (۱۵ اردیبهشت) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. از طرف دیگر، مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که کاشت رقم ورامین در زمانپس از آخرین آبیاری جو، از نظر عملکرد چین اول و عملکرد کل مشابه با رقم خرداد در کاشت اول (۱۵ اردیبهشت) شد. همچنین با توجه به صرفه‌جویی به عمل آمده در مورد آب آبیاری و امکان کاشت دو محصول زراعی در سال، رقم زودرس خرداد (پس از آخرین آبیاری محصول جو و برطرف شدن تداخل آب آخر جو با آب اول گیاه پنبه) برای منطقه مورد مطالعه قابل کاشت و توصیه است.

منابع

1- Akram Ghaderi, F., Latifi, N., and Rezaei, J. 2002. Effects of planting date on yield and yield components of three cotton cultivars. Journal Agricultural Science Nature Resource 9: 81-93.

2- Akram Ghaderi, F., Latifi, N., Rezaei, J., and Soltani, A. 2001. Study the effects of planting date on Phonology and morphology of three cotton cultivars in Gorgan. Agricultural Research 3: 20-32.

1- Okra-Leaf

3- Ansari, A., Khushk, A., Qayyum, S., and Ansari, A.M. 1998. Effect of different planting dates on the growth and yield of cotton cultivars. Pakistan Journal Science Industrial 32: 474-477.
4- Arshad, M., Wajid, A., Maqsood, M., Hussain, K., Aslam, M., and Ibrahim, M. 2007. Response of growth, yield and quality of different cotton cultivars to sowing dates. Pakistan Journal Agricultural 44: 208-212.
5- Baker, S.H. 1987. Effects of tillage practices on cotton double-cropped with wheat. Agronomy Journal 79: 513-516.
6- Bozbek, T., Sezner, V., and Unay, A. 2006. The effect of sowing date and planting density on cotton yield. Journal of Agronomy 5: 122-125.
7- Guthrie, D.S. 1991. Cotton response to starter fertilizer placement and planting dates. Agronomy Journal 83: 836-839.
8- Heitholt, J.J., Pettingrew, W.T., and Meredith, W.R. 1992. Light interception and lint yield of narrow-row cotton. Crop Science 32: 728-733.
9- Hunt, P.G., Bauer, P.J., and Matheny, T.A. 1997. Crop production in a wheat-cotton double crop rotation with conservation tillage. Journal of Production Agriculture 10: 462-465.
10- Jafar Aghaei, M., and Aminpour, R. 1996. Study the effect of plant density and arrangement on yield of cotton cultivars in Isfahan. In: 5th Conference of Iranian Agronomy and Plant Breeding, Iran. (In Persian)
11- Khajehpour, M.R. 2006. Production of Industrial Plants. Jahad-e-Daneshgahi Publication, Industrial University of Isfahan, Isfahan Iran 386 pp. (In Persian)
12- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers for Publication 103: 115-134.
13- Meredith, E.R., and Bridgs, R.R. 1973. Yield components and fiber property variation cotton within and among environments. Crop Science 13: 397-321.
14- Munk, D.S. 2001. Plant density and planting date impacts on Pima cotton development. In: Proceedings of 10th Australian Agronomy Conference, Hobart.
15- Naseri, F. 1995. Cotton. Astan-e-GhodsRazaviPublications, Mashhad, Iran. 902 Pp. (In Persian)
16- Neil, F. 1991. Strategies for prevision of development pesticide resistance. In: Proceedings of ICAC- CCRIReg. Consult, On Insecticide Resist. Manage. In: Cotton. 28th June to 1th July. In: Ahmad, A.S., S.M., Farrukh, W. Long-chong, X. Lan-lan, S.M., Qasim, A. Shafaqat. 2010. Growth, lint yield and earliness index of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars under varying row spacing. cotton science Vol. 22-Issue: 6: 611-616.
17- Norfleet, M.L., Reeves, D.W., Burmester, C.H., and Monks, C.D. 1997. Optimal planting dates Albama. In: Proceedings of the Belt wide Cotton Conference, p. 644-647.
18- Panjehkoob, P., Galeshi, S., Zeinali, E., and Ghagari, A. 2007.Effect of late sowing dates and plant density on yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* cv. Siokra). Journal Agricultural Science Natural Resource Special Issue, 13:157-168. (In Persian with English Summary)
19- Porter, P.M., Sullivan, M.J., and Harvey, L.H. 1996. Cotton cultivar response to planting date on the southeastern Coastal Plain. Journal of Production Agriculture 9: 223-227.
20- Ramezani Moghaddam, P. 2009. Introduction Report of Khordad new cultivar. Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research Center. (In Persian)
21- Ramezani Moghaddam, P., and Zangi, M.R. 2004. Evaluation of tolerance with salinity in tetra ploeid cotton genotypes. Final report. Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research Center 33 pp. (In Persian)
22- Ray, L.L., Wendt, C.W., Rark, B., and Quisenberry, J.E. 1974. Genetic modification of cotton plants for more efficient water use. Agricultural Meteorology 14(Issues 1-2): 31-38.
23- Rezaei Chiyaneh, E., Zehtab Salmasi, S., and Delazar, A. 2013. Physiological responses of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) to water limitation. Agroecology Journal 4(4): 346-354. (In Persian with English Summary)
24- Silvertooth, J.C., Norton, E.R., and Brown, P.W. 1998. Evaluation of planting date effects on crop growth and yield for upland and Pima cotton. (A College of Agriculture Report 1998). College of Agriculture, University of Arizona, Tucson.
25- Smith, C.W., and Varvil, J.J. 1982. Double cropping cotton and wheat. Agronomy Journal 74: 862-865.
26- Wilson, F.D. 1988. Pink bollworm resistance, lint yield and lint yield components of okra-leaf cotton in different genetic backgrounds. Crop Science 26: 1164-1167.
27- Wrather, J.A., Phipps, B.J., Stevens, W.E., Phillips, A.S., and Vories, E.D. 2008. Cotton planting date and plant population effect on yield and fiber quality in the Mississippi Delta. The Journal of Cotton Science 12: 1-7.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۷۴-۶۷

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 67-74

اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.)

سعیده مددی بناب[1*]، سعید زهتاب سلماسی[2] و کاظم قاسمی گلعذانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه شوید (*Anethum graveolens* L.)، پژوهشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری (آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و سطوح کود نیتروژن (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کود نیتروژنی اثر معنی‌داری بر قطر چتر فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت ($p\leq$۰/۰۵)، ولی اثر تیمارهای آبیاری و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن روی هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. بیشترین قطر چتر فرعی در تیمار نیتروژن شاهد تولید شد، در حالی‌که بیشترین وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد بذر متعلق به تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب با ۱/۴ گرم، ۴۹/۳ درصد و ۲۷/۹ گرم در متر مربع بود. بین سطوح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که استفاده از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای تولید عملکرد شوید مناسب‌تر می‌باشد. . با توجه به اینکه اثر کم‌آبی بر هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دارنیست، می‌توان نتیجه گرفت که شوید گیاهی متحمل به خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سطوح نیتروژن، شوید، شاخص برداشت، کم‌آبی، وزن هزار دانه

مقدمه

شوید (*Anethum graveolens* L.) گیاه دارویی متعلق به تیره چتریان Apiaceae دیپلوئید (۲n=۲۰)، یکساله علفی و معطر است. شوید دارای ریشه مخروطی، نازک و کم‌انشعاب است. طول ریشه آن متغیر و بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. ساقه مستقیم، استوانه‌ای شکل و بدون کرک و دارای خطوط طولی است. ارتفاع آن متفاوت بوده و بسته به شرایط اقلیمی محل رویش بین ۴۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر متغیر است. برگ‌ها کوچک نازک و نخی شکل و دارای سه بریدگی عمیق است که به طور متناوب روی ساقه قرار می‌گیرند. گل‌ها کوچک دوجنسی و زرد رنگ هستند که در انتهای ساقه‌های اصلی و فرعی در چترهای مرکب به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر پدیدار می‌شوند. میوه فندقه دو مریکارپی است که مصارف مختلفی در صنایع دارویی و غذایی دارد. منشا شوید نواحی شرقی مدیترانه ذکر شده است (Omidbaigi, 2004). از دانه‌های شوید به عنوان کاهنده چربی خون، پیشگیری و درمان آرترواسکروز و کولیک‌های صفراوی، رفع سوءهاضمه و برخی دیگر از بیماری‌ها استفاده می‌شود (Delaquis et al 2002). تمامی پیکر رویشی گیاه محتوی اسانس است. مهم‌ترین ترکیبات اسانس در پیکر رویشی گیاه د-کارون[3] و د-فلاندرن[4] می‌باشد و مهم‌ترین ترکیبات حاصل از بذرهای کاملاً رسیده د-کارون و لیمونن[5] هستند (Duke, 2001).

کشور ایران در بخشی از کره زمین قرار گرفته است که نزولات جوی در بسیاری از نقاط آن نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند و قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش کمبود آب، به ویژه در برخی از مواقع سال امری اجتناب‌ناپذیر است، لذا برای به دست آوردن عملکرد رضایت‌بخش لازم است تا کمبود آب از طریق آبیاری تأمین گردد. به رغم این‌که در رابطه با اثر تنش آبی بر محصولات زراعی

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (Email: madadi.sm@gmail.com

3- D- Carvone
4- D- Phellandrene
5- D-limonene

تحقیقات وسیعی انجام گرفته، اما متأسفانه در رابطه با پاسخ یا واکنش گیاهان دارویی و معطر تحت شرایط کم‌آبی اطلاعات اندک است. علاوه بر این، تغذیه گیاهان از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده تولید آن-ها بوده و در این بین نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی محسوب می-شود (Hashemi Dezfuli et al., 1996). تکنیک‌های کاشت و نهاده‌های کشاورزی به‌خصوص آبیاری، کوددهی، زمان برداشت، خشکی و مدیریت آن‌ها میزان ترکیبات متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ozguven et al., 2008).

راندهاوا وسینگ (Randhava & Sing, 1991) با بررسی تأثیر پنج سطح صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بر عملکرد شوید بیان داشتند که با افزایش نیتروژن از صفر تا ۹۰ کیلوگرم عملکرد دانه به حداکثر می‌رسید، ولی مصرف بیشتر از این حد عملکرد را کاهش می‌داد. گوپتا (Gupta, 1982) پی‌برد با افزایش نیتروژن مصرفی از صفر تا ۶۰ کیلوگرم عملکرد دانه شوید افزایش یافت. هونورک (Hornok, 1980) گزارش نمود که افزودن نیتروژن مصرفی از صفر تا ۴۰ کیلوگرم، افزایش عملکرد دانه شوید را به دنبال داشت، ولی مصرف بیشتر (۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم) منجربه کاهش عملکرد دانه شد.

سعید الاهل و همکاران (Said Al Ahl et al., 2009) اثر تیمارهای تنش آبی (۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد رطوبت در دسترس) و سطوح کود نیتروژنه (صفر، ۰/۰۹/۶ و ۱/۲ گرم آمونیوم سولفات) را بر وزن تر و اسانس پونه کوهی (*Origanum vulgare* L.) بررسی و گزارش نمودند که سطح ۸۰ درصد رطوبت در دسترس خاک و با ۱/۲ گرم نیتروژن در گلدان در افزایش بخش‌های علفی و میزان عملکرد اسانس مؤثر بود. افزایش کود نیتروژنی موجب افزایش عملکرد رویشی و تولید اسانس پونه کوهی تحت شرایط آبی مناسب (۸۰ درصد رطوبت در دسترس)، تحت شرایط آبی متوسط (۶۰ درصد رطوبت در دسترس) و شرایط کمبود آبی (۴۰ درصد رطوبت در دسترس) شد. افزایش سطوح آبیاری، تولید پونه کوهی را افزایش داد بطوریکه بالاترین عملکرد اسانس و اندام هوایی در ۸۰ درصد آب در دسترس مشاهده شد. نیتروژن بسیار زیاد یا بسیار کم، عملکرد بذر زیره سیاه (*Carum carvi* L.) را به طور معنی‌داری کاهش داد. علاوه بر این، نیتروژن بسیار زیاد، مقدار اسانس آن را هم کاهش داد (Floot 1990). مطالعات محققان دیگر نیز نشان داده است که افزایش میزان نیتروژن تأثیر منفی روی شاخص برداشت بذر شوید داشت و از طرف دیگر روی تولید زیست توده اثر مثبت داشته است، ضمن این‌که افزایش کود نیتروژنی تا ۶۰ کیلوگرم موجب افزایش عملکرد دانه شده است (Wander & Boumaster, 1998). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژن روی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی شوید در شرایط آب و هوایی تبریز بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experimental field

بافت خاک (درصد) Soil structure (%)			عناصر قابل دسترس ($mg.kg^{-1}$) Available content ($mg.kg^{-1}$)							درصد نیتروژن کل (٪) Total N (%)	کربن آلی (٪) OC (%)	مواد خنثی شونده T.N.V (%)	هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر) EC($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	Fe	Zn	Mn	Cu	K	P							
74	18	8	3.6	0.7	10	1.9	304	8		0.1	0.8	2	1.1	7.4	0-30

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کرکج در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام گردید. اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک و اقلیم منطقه در جدول‌های شماره ۱ و ۲ آورده شده است. در این پژوهش اثر سه رژیم آبیاری (آبیاری بعد از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و چهار سطح نیتروژن خالص (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی گیاه شوید مورد بررسی قرار گرفت. در هر واحد آزمایشی ۱۰ ردیف کاشت به طول سه متر و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از همدیگر در نظر گرفته شد. بذور شوید با دست در عمق ۲-۱/۵ سانتی‌متر به شکل خطی کشت شدند.

فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر بود. کود به صورت سرک در دو مرحله (ابتدای جوانه‌زنی بذر و شروع گلدهی) به نسبت مساوی کود همراه با آب آبیاری و داخل کرت‌ها استفاده شد. به منظور جلوگیری از آبشویی و انتقال نیتروژن، برای هر بلوک یک نهر ورودی و یک نهر خروجی مجزا در نظر گرفته شد و هر بلوک به‌طور مجزا آبیاری می‌شد. .در طول فصل رشد بمنظور کنترل علف‌های هرز وجین دستی انجام گرفت. آبیاری‌های اولیه تا سبز شدن و استقرار بوته‌ها، هر چهار روز یک‌بار و پس از آن بسته به شرایط آب و هوایی و بر اساس تیمارهای آبیاری انجام گرفت. بوته‌ها در مرحله ۴-۳ برگی برای رسیدن به تراکم ۲۵ بوته در متر مربع تنک شدند.

در مرحله رسیدگی بذور، ۱۰ بوته با رعایت حاشیه برای اندازه-گیری صفات مربوط به اجزای عملکرد انتخاب شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر اصلی، تعداد چترک در چتر فرعی، قطر چتر اصلی، قطر چتر فرعی، تعداد بذر در چتر اصلی، تعداد بذر در چتر فرعی، تعداد بذر در بوته، عملکرد بذر در واحد سطح و وزن هزاربودند. به منظور تعیین عملکرد دانه دو ردیف کناری هر کرت و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و سطح باقی‌مانده (معادل ۱/۵ مترمربع) هر کرت برداشت گردید. بوته‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شده و دانه‌های آن‌ها از ساقه‌ها جدا و وزن خشک آن‌ها به عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد. نتایج توسط نرم افزارهای SPSS Var. 18 و MSTATC تجزیه واریانس شده و برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد (Mollafilabi et al, 2013).

نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژنی بر اجزای عملکرد شوید

نتایج نشان داد که تأثیر کود نیتروژن روی قطر چتر فرعی و وزن هزار دانه شوید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که سطوح آبیاری و اثر متقابل تیمارهای آن‌ها بر هیچکدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر چتر فرعی شوید را شاهد نیتروژن ۶/۶ سانتی‌متر و کمترین قطر چتر فرعی را تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۵/۸ سانتی‌متر داشت، البته بین تیمارهای۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول۲- میانگین دما، رطوبت نسبی و بارندگی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Table 2- Average values of temperature, relative humidity and rainfall during growing year 2009-2010

ماه Month	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (C°)		رطوبت نسبی (٪) Relative humidity (%)		بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)
	حداقل Min	حداکثر Max	حداقل Min	حداکثر Max	
فروردین 20 MAR - 19 APR	1.96	15.48	32.30	78.00	0.83
اردیبهشت 20 APR - 20 MAY	7.30	19.10	45.11	85.7	3.72
خرداد 21 MAY – 20 JUN	11.9	29.0	23.50	66.1	1.18
تیر 21 JUN – 21 JUL	15.8	33.30	20.90	58.9	0.04
مرداد 22 JUL - 21 AUG	15.4	33.0	20.0	61.7	-
شهریور 22 AUG – 21 SEP	13.0	30.2	26.80	65.5	0.64

مقایسه میانگین وزن هزار دانه شوید نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای (۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) به ترتیب با میانگین‌های ۱/۴ و ۱/۳ گرم بود و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد و کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای (۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) بود (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2004) روی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) مطابقت دارد. آن‌ها نیز گزارش نمودند که تأثیر تیمارهای آبیاری روی تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر معنی‌دار نبود، دلیل عدم مشاهده تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر را می‌توان به میزان بارندگی در طول دوره رشدی شوید و عدم نیاز این محصول به آب بیشتر، مربوط دانست. احترامیان و همکاران (Ehteramian et al., 2007) تأثیر کود نیتروژن و تاریخ‌های مختلف کاشت را روی زیره سبز در شرایط آب و هوایی فارس بررسی و مشاهده نمودند که اثر نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته معنی‌دار بود، درحالیکه بر تعداد دانه در چتر، دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار نبود. آن‌ها همچنین جهت دستیابی به حداکثر عملکرد زیره سبز کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را توصیه کردند. شاره (Shareh, 1999) در مورد آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) گزارش کرد که با افزایش چتر در بوته، تعداد دانه در چتر کاهش یافت. در مطالعات رسام و همکاران (Rassam et al., 2006)، با افزودن نیتروژن به خاک تا سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در هر چتر گیاه شوید به طور معنی‌داری زیاد شد، ولی مصرف نیتروژن بیشتر تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از تعداد آن می‌کاهد. طبق یافته‌های رسام و همکاران (Rassam et al., 2006) و واندر و باومستر (Wander& Boumeester 1998) سطوح نیتروژن بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌دار نداشت. در یافته‌های عندلیبی (Andalibi, 2009) روی شوید، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارآبیاری در حد ۳۳ درصد ظرفیت زراعی در طی دوره رشد رویشی تا شروع گلدهی و کمترین میزان آن مربوط به تیمار آبیاری در حد ۳۳ درصد ظرفیت زراعی از مرحله شروع گلدهی تا رسیدگی کامل بود.

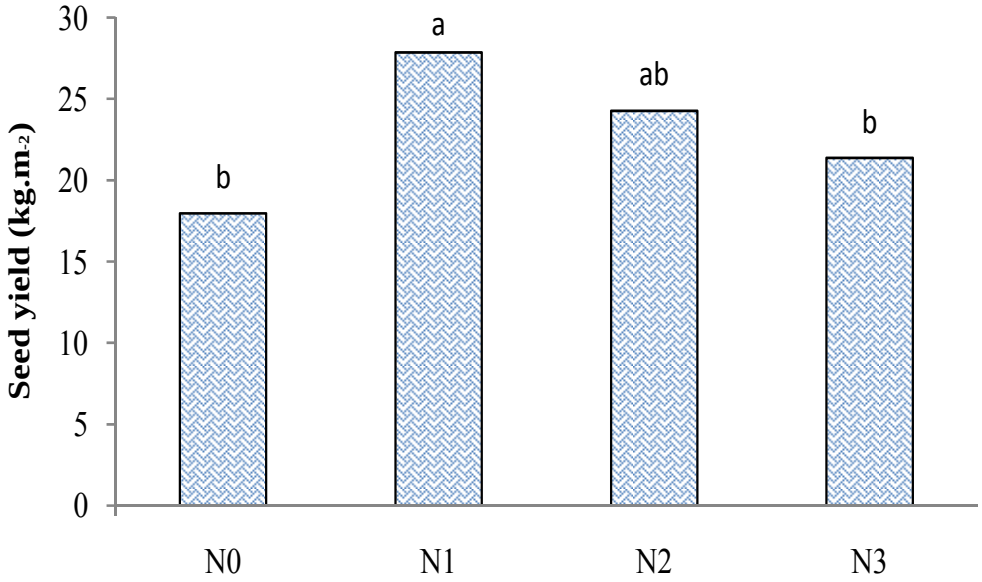
اثر تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژنی بر عملکرد شوید

مطابق جدول ۳ تأثیر کود نیتروژن روی عملکرد بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار وتیمارهای آبیاری و اثر متقابل این دو تیمار روی بقیه صفات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با میانگین ۲۷/۹ گرم در متر مربع بالاترین میزان عملکرد را داشت و بین تیمارهای ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید (شکل ۲). در مطالعات واندر و بومستر (Wander & Boumeester, 1998) در شوید، نیتروژن تأثیر افزایشی روی عملکرد بذر داشت، اما این تأثیر از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین در پژوهش‌های علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2004) و احترامیان و همکاران (Ehteramian et al., 2007) در زیره سبز، به ترتیب تأثیر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن روی عملکرد بذر معنی‌دار نبود. الهافید و همکاران (El Hafid et al., 2001)، تأثیر توام تاریخ کاشت و کود نیتروژن را بر گاوزبان (*Borago officinalis* L.) بررسی کرده و متوجه شدند که سطوح مختلف کود تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانه نداشت.

در مقادیر بیشتر مصرف نیتروژن در دوره رشد رویشی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و با فراهم بودن رطوبت سبب بهبود در رشد و به طور کلی افزایش عملکرد دانه گردید. و در مقابل چون شوید گیاهی مقاوم به خشکی است، افزایش سطوح کم آبی تأثیر معنی‌داری در کاهش عملکرد بذر نداشت. عملکرد تابعی از اجزای عملکرد است و هر گونه تغییری در اجزای عملکرد، عملکرد دانه را نیز متأثر می‌کند. با توجه به اینکه تیمارهای آبیاری و تأثیر توأم تیمارهای آبیاری و کود نیتروژنی هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری روی اجزای عملکرد از جمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چترهای اصلی و فرعی، تعداد بذر در چترهای اصلی و فرعی و تعداد بذر در بوته نداشت، درنتیجه عملکرد انه هم توسط تیمارهای مذکور به طور معنی‌داری متأثر نشد.

اثر تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژنی بر شاخص برداشت شوید

تجزیه واریانس صفات نشان داد که تأثیر کود نیتروژن روی شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ۴۹/۳ درصد و کمترین شاخص برداشت مربوط به تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۳۶/۲ درصد بود و از این نظر بین سه تیمار شاهد، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در مطالعات رسام و همکاران (Rassam et al., 2006) و واندر و بومستر (Wander & (Boumesster 1998 تأثیر کود نیتروژنی روی شاخص برداشت معنی‌دار نبود. نتایج این پژوهش در مورد شاخص برداشت در تأیید با نظر الهافید (El Hafid, 2001) است.



شکل۱- تغییرات عملکرد بذر گیاه شوید تحت تاثیر کود نیتروژن

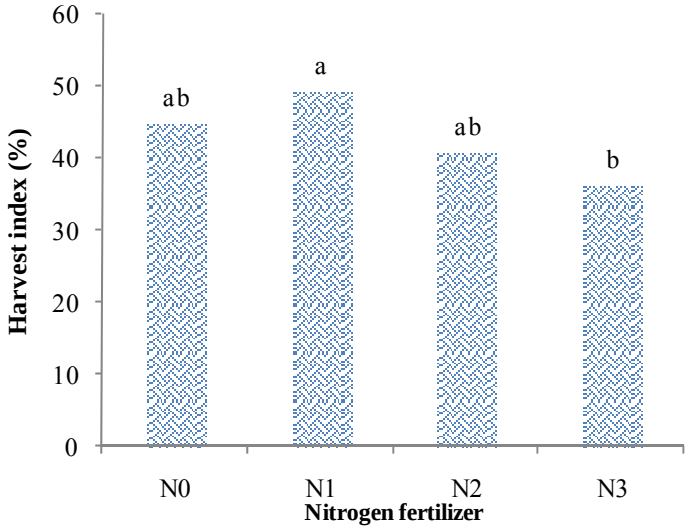
Fig.1- Changes in seed yield of dill under nitrogen fertilizer

N۰، N۱، N۲ و N۳: به ترتیب نشاندهنده صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هستند.

N_0, N_1, N_2 and N_3: are 0, 40, 80 and 120 kgN.ha^{-1}, respectively.

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار درسطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Values followed by different letters were significantly different ($p \leq 0.05$), using Duncan's multiple range test.



شکل۲- تغییرات شاخص برداشت گیاه شوید تحت تاثیر کود نیتروژن

Fig. 2 – Changes in Harvest index of dills under Nitrogen fertilizer

N۰، N۱، N۲ و N۳: به ترتیب نشاندهنده صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هستند.

N_0, N_1, N_2 and N_3: are 0, 40, 80 and 120 kgN.ha^{-1}, respectively.

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار درسطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Values followed by different letters were significantly different ($p \leq 0.05$), using Duncan's multiple range test

جدول۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آبیار ی و کود نیتروژنی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه شوید

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of dill

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		تعداد چتر در بوته Umbel per plant	تعداد چترک در چتر اصلی Umbellate per main umbel	تعداد چترک در چتر فرعی Umbellate per minor umbel	قطر چتر اصلی Main dimeter umbel	قطر چتر فرعی Minor dimeter umbel	تعداد بذر در چتر اصلی Seed per main umbel	تعداد بذر در چتر فرعی Seed per minor umbel	تعداد بذر در بوته Seed per plant	عملکرد بذر Seed yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.21	13.824	0.137	0.003	0.583	0.044	0.084	0.079	0.021	0.003	0.004
آبیاری (A) Irrigation (A)	2	0.020	0.289	3.253	0.009	0.128	0.027	0.033	0.077	0.012	0.002	0.006
خطای کرت اصلی Main error	4	0.037 ns	0.750 ns	3.025 ns	0.004 ns	0.781 ns	0.036ns	0.023 ns	0.083 ns	0.01 ns	0.007 ns	0.002 ns
نیتروژن (B) Nitrogen (B)	3	0.047 ns	3.669 ns	1.508 ns	0.001 ns	1.147 *	0.037ns	0.006 ns	0.016 ns	0.109*	0.018*	0.032*
A × B	6	0.036 ns	3.542 ns	18.104 ns	0.004 ns	0.383 ns	0.018ns	0.027 ns	0.034 ns	0.037 ns	0.001 ns	0.004 ns
خطای فرعی Sub error	18	0.023	2.131	1.830	0.002	0.306	0.025	0.021	0.019	0.022	0.006	0.009
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		18.17	5.18	15.49	5.36	9.11	5.18	5.77	4.03	9.36	9.74	5.76

ns و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns and *: are non- significantly and significant at 5% probability level, respectively.

جدول٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف نیتروزن بر عملکرد و برخی اجزای عملکرد شوید

Table 4- Mean comparisons of nitrogen different levels on yield and yield components of dill

وزن هزار دانه(گرم) 1000 seed weight (g)	قطر چتر فرعی(سانتی‌متر) Minor diameter umbel (cm)	
1.231 [a]	4.236 [b*]	صفر control
1.386 [b]	4.594 [b]	٤٠کیلوگرم در هکتار 40 kg.ha^{-1}
1.236 [ab]	4.516 [b]	۸۰ کیلوگرم در هکتار 80 kg.ha^{-1}
1.239 [a]	5.386 [a]	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار 120 kg.ha^{-1}

*حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Values followed by different letters in each column were significantly different at p≤0.05 based on Duncan multiple range test

آن‌ها گزارش کردند که افزایش سطوح نیتروژن منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردید که دلیل این امر احتمالاً کاهش وجود نیتروژن بالا همراه با رطوبت کافی باشد که باعث افزایش رشد رویشی و کاهش رشد زایشی شده است. نتایج این بررسی نیز نشان داد که افزایش کود عملکرد را خواهد داشت که با نتایج هورنوک(Hornork, 1980)، هالوا و پوکا (Halva & Puka, 1987)، راندهاوا و سینگ (Randhava & Sing, 1991) و واندر و بومستر (Wander & Boumeester, 1998) روی شوید مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه هیچ‌یک از صفات مورد بررسی در این پژوهش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کم‌آبی قرار نگرفته‌اند می‌توان اذعان داشت که شوید گیاهی متحمل به کم‌آبی محسوب می‌شود و در مناطق مواجه با کم‌آبی با مصرف آب پایین‌تر نیز به عملکرد بهینه‌ای از این گیاه دست یافت. می‌شود که از مقدار کود ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای به رسیدن به بالاترین عملکرد شوید استفاده شود.

منابع

1- Alizadeh, A., Tavoosi, M., Imanlo, M., and Nassiri, M. 2004. Effect of irrigation regimes on yield and yield components of cumin. Irainian Jurnal of Field Crops Research 3: 35- 43. (In Persian with English Summary)

2- Andalibi, B. 2009. Changes of essential oil and its composition in Irainian dill (*Anethum graveolens* L.) during growth and development under limited irrigation conditions. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

3- Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B., and Mazza, G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. International Journal of Food Microbiology 74: 9-101.

4- Duke, J.A. 2001. Handbook of Medicinal Herbs. CRC Press LLC, USA, p 42.

5- El Hafid, R., Blade, S.F., and Hoyano, Y. 2002. Seeding date and nitrogen fertilization effects on the performance of borage (*Borago officinalis* L.). Industrial Crops and Products 16: 193-199.

5- 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: 1-8. (In Persian with English Summary)

6- Floot, H.W.G., 1990. Influence of nitrogen dressing on the yield and quality of caraway (English Summary). 1989:1990, PAGV Publikatie no 54: 84–87.

7- Gupta, R. 1982. Studies in cultivation and improvement of dill (*Anethum graveolens* L.) in india.). In: Cultivation and Utilization of Medicinal Plants. Regional Research Laboratory Jammu 545-558

8- Halva, S., and Puukka, L. 1987. Studies on fertilization of dill (*Anethum graveolens* L.) and basil (*Ocium basilicum* L.). Journal of Agricultural Science in Finland 59: 11-17.

9- Hashemi Dezfouli, A., Koochaki A., and Banayan, A. 1996. Crop Yield Increase (eds). Jihad Daneshgahi of Madhhad Publication, Iran 278 pp. (In Persian)

10- Hornok, L. 1980. Effect of nutrition supply on yield of dill (*Anethum graveolens* L.) and its essential oil content. International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, Budapest, Hungary 1 June 1980 1980, 208 pp.

11- Mollafilabi, A., Khorramdel, S., and Shoorideh, H. 2013. Effect of different nitrogen fertilizers and various

mulches rates on yield and yield components of garlic *(Allium sativum* L.). Agroecology Journal 4(4): 316-326. (In Persian with English Summary)
12- Omidbaigi, R. 2004. *Production and Processing of Medicinal Plants*. Vol. 3. 3rd edition. Astan Quds Publication 48-59 pp. (In Persian)
13- Ozgüven, M., Muzaffer, K., Şener, B., Orhan, I., Şeeroğlu, N., Kartal, M., and Kaya, Z. 2008. Effects of varying nitrogen doses on yield, yield Components and artemisinin content of *Artemissia annua* L. Industrial Crops and Products 27: 60-64.
14- Randhava, G.S., and Sing, A. 1991. Effect of sowing time and harvesting stage on oil content, herbage and oil yield of dill (*Anethum graveolens*). Indian Perfumer 35: 204-208.
15- Rassam, G.H., Ghorbanzadeh, M., and Dadkhah, A. 2006. Effect of planting date and nitrogen on yield and seed yield components in dill (*Anethum graveolens* L.) in Shirvan reagon. Journal Agricultur Science Resource 13(3): 1-9. (In Persian with English Summary)
16- Said-Al Ahl, H.A.H., Omer, E.A., and Naguib, N.Y. 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. International Agrophysics 23: 269-275.
17- Shareh, M. 1999. Effect of plant density and weed control on yield and yield components of *Pimpinella anisum* L. M.Sc. Thesis. University of Ferdowsi Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
18- Wander, J.G.N., and Bouwmeester, H.J. 1998. Effects of nitrogen fertilization on dill (*Anethum graveolens* L.) seed and carvone production. Industrial Crops and Products 7: 211-216.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۸۴-۷۵

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 75-84

ارزیابی تنوع ژنتیکی و پراکندگی جغرافیایی برخی اکوتیپ‌های سیر (*Allium sativum* L.) موجود در ایران با استفاده از نشانگرهای مولکولی ISSR و M13

مسعود فخرفشانی[1*] و فرج‌اله شهریاری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

سیر (*Allium sativum* L.) یکی از ارزشمندترین گیاهان صنعتی- دارویی می‌باشد که به دلیل اهمیت بالای آن از ابعاد مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است، اما اطلاعات بسیار اندک و ناقصی راجع به پراکندگی، تنوع و طبقه‌بندی آن در سراسر جهان وجود دارد بطوریکه تنها گروه‌بندی‌های موجود، بر اساس عناوین تجاری، محلی، منطقه جغرافیایی رویش و برخی ویژگی‌های فنوتیپی می‌باشند. عمده ترین دلیل آن نیز عقیم بودن و عدم تولید گل در سیر است که طبقه بندی مورفولوژیکی آن را مشکل ساخته است. به همین دلیل پژوهش حاضر به عنوان اولین مطالعه کاربرد نشانگر ISSR (Inter Simple Sequence Repeat – نواحی بین توالی‌های ساده تکراری) روی توده‌های بومی ایران و با اهداف مطالعات تاکسونومی در سطوح زیر گونه‌ای، تشخیص تفاوت‌های ژنتیکی بین اکوتیپ‌های بومی ایران با فنوتیپ‌های متفاوت و همچنین بررسی وجود اختلاط فیزیکی بین اکوتیپ‌های سیر ایرانی و برخی از سیرهای وارداتی و شناسایی توده‌های تکراری در مجموعه‌های ژرم‌پلاسم ایران صورت پذیرفت. بر اساس نتایج این پژوهش ۲۶ توده جغرافیایی (اکوتیپ) مورد مطالعه، در ۲۴ شاخه متفاوت قرار گرفتند و با گروه‌بندی آنها در سطح شباهت ۰/۶۹ نمونه‌ها در چهار گروه مختلف قرار گرفتند که با محدوده پراکندگی جغرافیایی نمونه‌ها انطباق داشت. گروه اول شامل توده‌های جمع‌آوری شده از شمال و شمال غرب استان همدان؛ گروه دوم شامل اکوتیپ‌های پراکنده در غرب و جنوب غرب استان همدان، مناطق مرکزی، شرق و جنوب شرق ایران؛ گروه سوم توده جمع‌آوری شده از اهواز و گروه چهارم شامل نمونه‌هایی از شمال و شمال شرقی کشور بود.

واژه‌های کلیدی: تنوع درون گونه‌ای، چندشکلی ژنتیکی، فیلوژنی، گروه‌بندی مولکولی

مقدمه

جنس *Allium* با بیش از ۶۰۰ گونه مختلف، یکی از بزرگترین جنس‌ها در سلسله گیاهان می‌باشد که بیشتر آنها را گیاهان مهم دارویی، ادویه‌ای و زینتی تشکیل داده‌اند (Kamenetsky, 2007). سیر زراعی (*Allium sativum* L.) نیز یکی از مهمترین گیاهان صنعتی- دارویی این جنس می‌باشد که به دلیل اهمیت بالای آن از ابعاد مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است. بعد از پیاز (*A. cepa* L.)، سیر پر مصرف‌ترین گیاه جنس *Allium* با تولید جهانی ۲۲ میلیون تن در سال می‌باشد که میزان تولید و مصرف آن روندی به شدت افزایشی داشته است؛ به طوریکه طی ۲۰ سال اخیر (۲۰۱۰-۱۹۹۰) میزان تولید آن به چهار برابر افزایش یافته است (FAO STATS, 2012). در حال حاضر کشت و تولید سیر با تنوع بسیار زیاد از نظر شکل هندسی، رنگ، میزان ماده مؤثره، تحمل به سرما و بسیاری صفات مورفولوژیکی دیگر از شرق آسیا تا آمریکای جنوبی گسترش یافته است هرچند عمده‌ترین کشورهای تولیدکننده سیر در دنیا به ترتیب چین، هند، کره جنوبی، مصر و روسیه هستند (FAO STATS. 2012). با وجود آنکه بیشتر گیاهان وحشی این جنس در مناطق باستانی ایرانی- تورانی با زمستان‌های نسبتاً سرد و تابستان‌های خشک دیده می‌شوند (Kamenetsky, 2007)، ولی در قرن‌های ۱۸ و ۱۹ میلادی سیر به عنوان گیاهی مدیترانه‌ای شناخته می‌شد، اما واویلوف[3] (۱۹۲۶) و کازاکوا[4] (۱۹۷۱) بر اساس یافتن نمونه‌هایی از سیر وحشی در کوه‌های تین-شان[5]، مرکز تنوع آن را آسیای مرکزی اعلام کردند (Jabbes et al., 2011) و در حال حاضر نیز مناطق مدیترانه‌ای به عنوان دومین مرکز پراکنش سیر در نظر گرفته می‌شود (Lampasona et al., 2003). بر اساس گزارش‌های

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: (Email: Fakhrfeshani.m@gmail.com

3- Vavilov
4- Kazakova
5- Tein-Shan Mountains

FAO، آسیا با تولید بیش از ۸۸ درصد از سیر جهان در این زمینه پیشتاز می‌باشد و ایران نیز به عنوان یکی از قطب‌های تولید سیر در غرب آسیا با سطح زیر کشت ۷۲۰۰ هکتار و تولید ۶۶۰۰۰ تن در سال، ۳۷ درصد از تولیدات این منطقه را پوشش می‌دهد (FAO STATS, 2012). به دلیل اهمیت تجاری- اقتصادی و دارویی- صنعتی سیر، علاقه به افزایش تولید، عملکرد و توسعه واریته‌های جدید به سرعت در حال افزایش است (Cunha et al., 2012)، اما اطلاعات بسیار اندک و ناقصی راجع به پراکندگی، تنوع و طبقه‌بندی آن وجود دارد و این نقص نه تنها راجع به ایران بلکه در گزارش‌هایی از سراسر جهان به آن اشاراتی شده است (Lampasona et al., 2003; Kamenetsky, 2007; Son et al., 2010; Jabbes et al., 2011; Lampasona et al., 2012) که یکی از عمده‌ترین دلایل آن را می‌توان ساختار گیاهشناسی سیر دانست؛ زیرا پایه طبقه بندی‌های جزئی (زیر گونه و...) بر اساس ویژگی ریخت‌شناسی[1] گل و اندام زایشی گیاهان صورت می‌گیرد (Lampasona et al., 2003; Kamenetsky, 2007)، در حالیکه سیر زراعی (*Allium sativum* L.) گیاهی کاملاً عقیم می‌باشد (Lampasona et al., 2003; Kamenetsky, 2007; Jabbes et al., 2011; Son et al., 2010; Lampasona et al., 2012)، به طوریکه یا اصولاً ساقه گل‌دهنده‌ای تولید نمی‌کند و یا اینکه در صورت بوجود آمدن ساقه، گل‌آذین انتهایی آن با حالتی غیر عادی، فاقد اندام‌های زایشی همچون مادگی، پرچم، خامه و... بوده و تنها شامل سیرچه‌هایی هوایی[2] می‌باشد و این امر نه تنها طبقه بندی مورفولوژیکی سیر را مشکل ساخته است (Lampasona et al., 2003; Kamenetsky, 2007)، بلکه تنها راه تکثیر آن را نیز به روش رویشی و تنها راه رخداد تنوع در آن را به جهش‌های تصادفی، القایی و تنوع سوماکلونال محدود کرده بطوریکه ارقام زراعی[3] جدید آن نیز تنها از طریق انتخاب از بین تنوع موجود و انتقال آنها به مناطق جدید معرفی می‌شوند (Lampasona et al., 2012). تاکنون بررسی‌های متعددی برای یافتن دلایل عقیمی سیر صورت گرفته است که همگی آنها بر وجود نقص‌های ژنتیکی- فیزیولوژیکی و حضور دائمی گروهی از فاکتورهای جابجاشونده[4] در ژنوم سیر زراعی اتفاق نظر دارند (Son et al., 2010) در برخی ارقام وحشی سیر، نمونه‌های بارور مشاهده شده است (Kamenetsky, 2007)، اما نظر به اینکه محصول تجاری ارقام عقیم بسیار بیشتر از نمونه‌های بارور است، این ارقام توسط کشاورزان انتخاب شده و توسعه یافته‌اند؛ به طوریکه در حال حاضر گزارشی مبنی بر وجود سیر زراعی بارور وجود ندارد. به همین دلایل تنها گروه‌بندی‌های موجود بر اساس عناوین تجاری، محلی، منطقه جغرافیایی رویش و برخی ویژگی‌های فنوتیپی می‌باشد (Kamenetsky, 2007; Camargo et al., 2010; Son et al., 2010). برای مثال، بر اساس ساقه گل‌دهنده[5]، دو دسته طبقه‌بندی در سیر وجود دارد، در دسته اول سیر به سه واریته تقسیم می‌شود؛ *A. sativum* var. *sativum* (بدون ساقه گل‌دهنده)، *A. sativum* var. *ophioscorodon* (با ساقه گل‌دهنده خمیده) و *A. sativum* var. *scordoprasum* (با ساقه گل‌دهنده ایستاده) و در دسته دوم که توسط گیاه‌شناس روسی، *کراسنوف*[6] ارائه شده است سیرهای دارای ساقه گل‌دهنده به عنوان واریته *A. sativum* var. *sagitatum* Kuz. و سیرهای فاقد آن به عنوان واریته *A. sativum* var. *vulgarae* Kuz. معرفی می‌شوند. هرچند که طبقه بندی مرسوم آن از نظر زراعی به دو صورت نرم ساقه[7] و سخت ساقه[8] است، اما با توجه به اینکه فنوتیپ سیر، حتی بوجود آمدن ساقه گل‌دهنده در آن از شرایط محیطی تأثیر پذیر است، تعیین اینکه تفاوت‌های مشاهده شده بین نمونه‌ها تفاوت‌های ژنتیکی است یا محیطی و یا برهم‌کنش بین آن دو، قابل تشخیص نبوده و قابلیت اعتماد اینگونه طبقه‌بندی‌ها را کاهش می‌دهد (Kamenetsky, 2007).

استفاده از نشانگرهای مولکولی و مفهوم چندشکلی در مطالعات سیستماتیک به منظور تعیین روابط بین موجودات، پراکندگی جغرافیایی، مطالعات گونه‌زایی، رانش ژنتیکی، تنوع ژنتیکی و تفسیر ساختار جمعیت‌ها در دهه‌های اخیر در بسیاری از علوم زیستی همچون ژنتیک، اکولوژی، جانورشناسی و میکروبیولوژی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Witono & Kondo, 2006; Nagy et al., 2012)، زیرا صحت و دقت اطلاعات شجره‌ای می‌تواند نقش بسزایی در پیشبرد موفق پژوهش‌های بوم شناختی، تهیه، حفاظت و نگهداری از بانک‌های ژنتیکی و برنامه‌های اصلاحی داشته باشد؛ به طوریکه تخمین زده می‌شود ۱۰ درصد خطا در طبقه‌بندی شجره‌ای می‌تواند پیشرفت ژنتیکی یک برنامه اصلاحی را سه تا چهار درصد کاهش دهد (Hashemi et al., 2012). گروه مهمی از نشانگرهای تشخیصی که قادر به تفکیک گونه‌های هم نیا از یکدیگر هستند را می‌توان در میان توالی‌های تکراری ژنوم‌ها که به ریز ماهواره[9] و ماهوارک‌ها[10] موسوم هستند پیدا کرد (Guenaoui et al., 2012).

از بین نشانگرهای مرسوم، RAPD[11] و ISSR به دلیل پراکندگی یکنواخت در کل ژنوم و عمومیت داشتن بین موجودات مختلف پر کاربرد ترین نشانگرها می‌باشند (Witono & Kondo,

1- Morphology
2- Bulbils
3- Cultivar
4- Transposon Elements

5- Scape
6- Nikolai Ivanovich Kuznetsov, 1864-1932
7- Softneck
8- Hardneck
9- Microsatellites
10- Minisatellites
11- Random Amplification of Polymorphic DNA

2006). نشانگر ISSR در واقع قطعات تکثیر شده DNA هستند که بین دو قطعه متوالی و معکوس از توالی‌های تکراری قرار گرفته‌اند. این نشانگر پس از شناسایی توالی‌های ریز ماهواره‌ای در ژنوم یوکاریوت‌ها توسعه یافت و تاکنون در مطالعات فراوانی به منظور بررسی روابط ژنتیکی بین و درون گونه‌ای مانند شناسایی واریته‌ها، ارقام زراعی و توده‌ها استفاده شده است (Liu &. Wendel, 2001; Reddy et al., 2002; Khadari et al., 2003). اولین گزارش‌ها از کاربرد نشانگر ISSR در سال ۱۹۹۴ منتشر شد (Zietkiewicz et al., 1994; Gupta et al., 1994. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 1994) با آزمون آغازگرهای مبتنی بر ISSR روی جمعیت‌ها و شجره‌هایی از انگور (*Vitis* sp.)، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، کاج (*Pinus* sp.)، ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*)، ماکیان، گاو هلشتاین و انسان، قابلیت آن در شناسایی و تفکیک افراد جمعیت‌هایی با قرابت ژنتیکی زیاد را مورد تأیید قرار دادند. زیتکویچ و همکاران (Zietkiewicz et al., 1994) نیز در بررسی اولیه این نشانگر ضمن دستیابی به الگوهای اختصاصی برای گونه‌های متعدد یوکاریوتی آن را به عنوان یک ابزار نقشه یابی با تفرق مندلی معرفی کردند. هرچند که اساس محبوبیت نشانگر ISSR پراکندگی یکنواخت ریزماهواره‌ها در سطح ژنوم بوده است، اما جبران نقص نشانگرهای قبلی همچون تکرارپذیری پایین RAPD، زمانبری و هزینه بالای AFLP و نیاز به اطلاعات قبلی به منظور تهیه آغازگر در SSR نیز در توسعه کاربرد آن موثر بوده است (Reddy et al., 2002).

اولین گزارش‌های مربوط به استفاده از فاژ M13 به عنوان یک نشانگر نیز به ۲۰ سال قبل باز می‌گردد (Guenaoui et al., 2012) و نشانگرهای حاصل از آن در واقع یک توالی ۱۵ نوکلئوتیدی ریز ماهواره‌ای از میان ژن پروتئین III آن فاژ[1] است (Ryskov et al., 1988) که مکمل بسیاری از توالی‌های تکراری پراکنده در ژنوم یوکاریوت‌های پیشرفته است (Ryskov et al., 1988; Upcroft et al., 1990) که ابتدا به صورت کاوشگر در نشانگر RFLP[2] استفاده شد (Ryskov et al., 1988; Westneat, 1990)، اما به دلیل اثبات قابلیت آن در شناسایی تنوع در ژنوم‌های مختلف یوکاریوتی در حال حاضر نیز در نشانگرهای مبتنی بر PCR[3] به عنوان یک آغازگر عمومی برای شناسایی و توصیف گونه‌ها استفاده می‌شود (Guenaoui et al., 2012) که در پژوهش حاضر نیز به عنوان یکی از آغازگرهای محتمل برای شناسایی روابط ژنتیکی سیر زراعی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است.

با توجه به عدم وجود گزارشی مبنی بر کاربرد و آزمون نشانگر ISSR روی سیرهای ایرانی، پژوهش حاضر به عنوان اولین مطالعه کاربرد این نشانگر بر روی توده‌های بومی ایران و با اهداف بررسی قابلیت استفاده از نشانگر ISSR برای مطالعات تاکسونومی در سطوح زیر گونه‌ای، تشخیص تفاوت‌ها و پراکندگی‌های ژنتیکی بین اکوتیپ‌های بومی ایران با فنوتیپ‌های متفاوت از نظر رنگ پوست خارجی، تعداد لایه سیرچه‌های تشکیل‌دهنده هر سیر و شکل مقاطع طولی و عرضی آنها و همچنین بررسی وجود اختلاط فیزیکی بین اکوتیپ‌های سیر ایرانی و برخی از سیرهای وارداتی و نیز شناسایی توده‌های تکراری در مجوعه‌های ژرم‌پلاسم ایران صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

توده سیرهای جمع‌آوری شده جهت مطالعه، مشتمل بر ۴۰ توده بومی بودند که از سراسر کشور جمع‌آوری شدند. بنا به اظهارات فراهم کنندگان، تمامی نمونه‌ها فاقد قابلیت تولید ساقه گل دهنده و یا به عبارتی جزو سیرهای نرم ساقه بودند. پس از جمع‌آوری، با توجه به سنتی بودن زراعت سیر و وجود احتمال کشت یک توده محلی در چندین موقعیت جغرافیایی، به منظور به حداقل رساندن وجود توده‌های تکراری، نمونه‌های مورد استفاده جهت ادامه مراحل آزمایشی از بین توده‌های جمع‌آوری شده از مراکز اصلی و با سابقه کشت طولانی مدت سیر گزینش شدند. در نهایت، ۲۶ توده محلی انتخاب (جدول ۱) و از هر توده پنج نمونه مختلف در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد کشت شدند.

استخراج DNA

از بین هر یک از توده‌های موجود (جدول ۱)، سه نمونه مختلف به تصادف انتخاب و DNA آنها با استفاده از کیت Invitek[4] (آلمان) استخراج شد. به منظور تعیین کیفیت DNAها، غلظت ۷۸ نمونه DNA استخراج شده (۳×۲۶) با استفاده از دستگاه نانودراپ[5] تعیین و همه نمونه‌ها بر اساس رقیق‌ترین نمونه، هم غلظت و روی ژل آگارز یک درصد الکتروفورز گردیدند.

تکثیر قطعات DNA

برای این منظور ۲۰ آغازگر ISSR که بر اساس گزارش‌های منتشر شده بیشترین تعداد باند را در نمونه‌های بررسی شده در خانواده Alliaceae یا جنس *Allium* تولید کرده بودند و همچنین آغازگر توالی‌های M13، به منظور بررسی روی توده سیرهای ایرانی انتخاب و توسط شرکت *متابیون*[6] (آلمان) تولید شدند که مشخصات آنها در جدول ۲ آمده است.

1- Protein III Gene of the Bacteriophage M13
2- Restriction Fragment Length Polymorphism
3- Polymerase Chain Reaction
4- Invitek- Germany Cat #1037100200
5- Nano drop- ThermoScientific (USA)
6- Metabion- Germany

جدول ۱- مشخصات مبداء جمع‌آوری توده‌های سیر استفاده شده در مطالعه مبتنی بر نشانگر مولکولی ISSR

Table 1- Origin specification of garlic clones studied by ISSR molecular marker

کشور Country	استان Province	شهر / منطقه City / region	مختصات جغرافیایی Coordinate	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
ایران Iran	همدان Hamadan	علی آباد Ali-abad	34°27'15"N 48°11'46"E	1492
ایران Iran	همدان Hamadan	چنار Chenar	34° 9' 5N 48° 15' 23E	1723
ایران Iran	همدان Hamadan	گراچنالی Grachnali	34°56'50"N 48°17'50"E	1712
ایران Iran	همدان Hamadan	گنج تپه Ganjtapeh	34°55'54"N 48°27'52"E	1715
ایران Iran	همدان Hamadan	حسام آباد Hessam-abad	34°57'25N 48°26'24E	1716
ایران Iran	همدان Hamadan	لالجین Lalejin	34°58′29″N 48°28′33″E	1731
ایران Iran	همدان Hamadan	مریانج Marianaj	34°49′52″N 48°27′33″E	1778
ایران Iran	همدان Hamadan	تویسرکان Tuyserkan	34°32'53N 48°26'49E	1890
ایران Iran	همدان Hamadan	همدان Hamadan	34° 47' 46N 48° 30' 57E	1876
ایران Iran	خوزستان Khozestan	اهواز Ahvaz	31° 21' 19N 48° 45' 2E	30
ایران Iran	کرمان Kerman	زرند Zarand	30°48′46″N 56°33′50″E	1650
ایران Iran	یزد Yazd	یزد Yazd	31°53′50″N 54°22′04″E	1216
ایران Iran	یزد Yazd	طبس Tabas	33°35′45″N 56°55′28″E	667
ایران Iran	اصفهان Isfahan	اصفهان Isfahan	32° 39' 35N 51° 40' 17E	1590
ایران Iran	گیلان Gilan	رودسر- سرمستان Rudsar-Sarmastān	37° 7' 29N 50° 17' 12E	-2
ایران Iran	مازندران Mazandaran	ساری Sari	36° 34' 4N 53° 3' 31E	54
ایران Iran	خراسان رضوی Khorasan Razavi	سبزوار Sabzevar	36°12′45″N 57°40′55″E	977
ایران Iran	خراسان شمالی Northern Khorasan	بجنورد Bojnourd	37°28′30″N 57°20′00″E	1086
ایران Iran	خراسان رضوی Khorasan Razavi	خواف Khvaf	34°34'35N 60°8' 27E	969
ایران Iran	خراسان رضوی Khorasan Razavi	تربت حیدریه-بایگ Torbat Heydarieh-Bayg	35°22′33″N 59°02′16″E	1522
ایران Iran	خراسان جنوبی Southern Khorasan	قائنات- زیرکوه Ghaenat- Zirkooh	33°22′44″N 60°00′20″E	1167
ایران Iran	گیلان Gilan	لاهیجان Lahijan	37°12′26″N 50°00′14″E	4
ایران Iran	گلستان Golestan	علی‌آباد کتول Aliabad-e Katul	36°54′30″N 54°52′08″E	178
پاکستان Pakistan	توده تجاری Traditional Colony	توده تجاری Traditional Colony	--	--
چین China	توده تجاری Traditional Colony	توده تجاری Traditional Colony	--	--

جدول ۲- جزئیات آغازگرهای ISSR و M13 مورد استفاده در بررسی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های سیر

Table 2- Sequence and Tm of ISSR and M13 Primers used in Iranian garlic Fingerprinting

نام آغازگر Primer name	توالی (´۳ ◄ ´۵) Sequence (5' to 3')	دمای اتصال بهینه شده (درجه سانتی‌گراد) Optimized annealing temperature (˚C)
Tn-1	GAACAAACAAACAAACA	47
Tn-2	TVATCTCTCTCTCTCTC	47
Tn-3	GAGAGAGAGAGAGAGAYT	39
Tn-4	ACACACACACACACACYG	43
Tn-5	AGAGAGAGAGAGAGAGYT	43
Tn-6	CACACACACACACACARG	45
U07	AGAGAGAGAGAGAGAGT	45
U08	AGAGAGAGAGAGAGAGC	48
U09	AGAGAGAGAGAGAGAGG	47
U10	GAGAGAGAGAGAGAGAC	44
U11	GAGAGAGAGAGAGAGAT	44
U17	CACACACACACACACAA	42
U25	ACACACACACACACACT	44
U61	ACCACCACCACCACCACC	47
U91	TGTGTGTGTGTGTGTG	41
SPAR	GTGGTGGTGGTGGTG	45
M13	GAGGGTGGCGGTTCT	45
Eg2.2	CGT CGT CGT CGT CT	40
Eg4.3	CACACACACACACG	39
Eg6.3	GAG GAG GAG GC	38
Eg10.6	CTC CTC CTC GC	38

واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) در حجم ۲۰µL شامل ۷۵ نانوگرم DNA ژنومی و ۲mM نمک $MgCl_2$ و مابقی نسبت‌ها بر اساس استانداردهای مرسوم صورت پذیرفت. برنامه دمایی مورد استفاده به صورت ۱۰ دقیقه ۹۵ درجه ابتدایی و در ادامه ۳۵ چرخه با تکرار ۴۵ ثانیه ۹۵ درجه واسرشت سازی، ۴۵ ثانیه اتصال آغازگر (از ۳۸ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد بسته به نوع آغازگر) و ۹۰ ثانیه ۷۲ درجه به منظور بسط رشته‌ها و در نهایت یک مرحله ۱۰ دقیقه‌ای ۷۲ درجه به منظور تکمیل بسط رشته‌ها استفاده گردید. سپس ۱۰µL از محصول PCR روی ژل آگارز ۱/۵ درصد حاوی TBE 0.5x و رنگ GreenViwer®[1] (با غلظت ۱۰میکرولیتر به ازاء هر ۱۰۰ میلی لیتر ژل) بارگذاری[2] و با اختلاف پتانسیل ۱۰۰ ولت (معادل هشت ولت به ازاء هر سانتی‌متر طول ژل) الکتروفورز و سپس از ژل‌ها عکس برداری شد. پس از این مرحله، نتایج حاصل از آغازگرهایی که از توانایی تولید باند با وضوح مناسب و یا باندهای چند شکل برخوردار نبودند، از ادامه روند آزمایش حذف شدند.

جمع‌آوری داده‌ها

تصویر ژل‌های الکتروفورز حاصل از آغازگرهایی که باندهای چند شکل با وضوح مناسب تولید کرده بودند (جدول ۳) با استفاده از نرم افزار TotalLab TL120 version 2006 تحلیل و بر اساس حضور و یا عدم حضور یک باند در هر نمونه به داده‌های ۰ و ۱ و سپس با استفاده از نرم افزار NTedit v1.07c به ماتریس تبدیل شدند. شباهت ژنتیکی نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار NTSYSpc[3] v2.02، روش SIMQUAL و ضریب تشابه Jaccard محاسبه گردید و رسم دندروگرام با استفاده از روش تجزیه کلاستر UPGMA و الگوریتم SAHN صورت پذیرفت (شکل ۲). با توجه به اینکه ISSR جزو نشانگرهای غالب محسوب می‌شود، میزان اطلاعات چندشکلی (PIC[4]) هر یک از آغازگرها نیز با استفاده از معادله $PIC = 1-p^2-q^2$ محاسبه گردید که در آن p برابر فراوانی باند و q فراوانی فقدان باند برای هر آغازگر می‌باشد (Haouari & Ferchichi, 2008; Mousavi et al., 2012). در بخش دوم این پژوهش نیز آغازگرهایی را که بیشترین قدرت تفکیک بین توده‌های مختلف ایجاد کرده بودند؛ به منظور تخمین تنوع ژنتیکی درون توده‌ای، روی نمونه‌های هر یک از توده‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

با استفاده از ۲۱ آغازگر بررسی شده (ISSR و M13) روی ۲۶ توده مورد مطالعه در کل بیش از ۵۰۰۰ باند با وضوح مناسب در محدوده ۲۰۰bp تا ۱۵۰۰ bp تولید شد یعنی به طور متوسط ۹/۱۶ آلل به ازاء هر آغازگر (باند به ازاء هر آغازگر برای هر اکوتیپ) که بسته به نوع آغازگر، در هر نمونه، بین صفر تا ۱۰ باند چند شکل مشاهده گردید. آغازگر M13 هیچ باند چندشکلی بین ۲۶ نمونه مورد مطالعه تولید نکرد.

۱- به عنوان جایگزین اتیدیوم برماید

2- Load

3- Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System

4- Polymorphism Information Content

جدول۳- دامنه اندازه مولکولی آلل‌ها، تعداد آلل‌های تولید شده، درصد و محتوای اطلاعات چندشکلی آغازگرهای منتخب

Table 3- Length range, no and percentage of produced and polymorphic alleles and PIC of the selected Primers

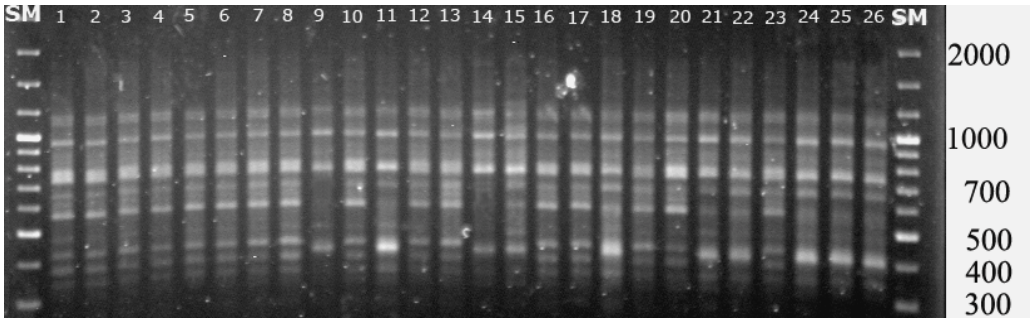
نام آغازگر Primer name	توالی (´۳ → ´۵) Sequence (5' to 3')	دمای اتصال (درجه سانتی‌گراد) Annealing temperature (˚C)	تعداد آلل‌ها Number of Allele	تعداد و فراوانی باندهای چند شکل Number and frequency of polymorphic Allele	محتوای اطلاعات چندشکلی Polymorphic Information Content	دامنه اندازه آلل‌های مشاهده شده (جفت نوکلئوتید) Size range of the Alleles (bp)
Tn-3	GAGAGAGAGAGAGAGAYT	39	10	8 (80%)	0.46	400 - 1500
Tn-6	CACACACACACACACARG	45	6	4 (67%)	0.36	200 - 1000
U07	AGAGAGAGAGAGAGAGT	45	9	4 (44%)	0.36	300 - 1000
U08	AGAGAGAGAGAGAGAGC	48	7	5 (71%)	0.46	400 - 1000
U09	AGAGAGAGAGAGAGAGG	47	7	6 (60%)	0.48	300 - 900
U10	GAGAGAGAGAGAGAGAC	44	11	9 (81%)	0.48	400 - 1100
U11	GAGAGAGAGAGAGAGAT	44	7	5 (71%)	0.44	300 - 800
U17	CACACACACACACACAA	42	6	4 (66%)	0.39	400 - 800
U25	ACACACACACACACACT	44	7	4 (57%)	0.38	300 - 700
U61	ACCACCACCACCACCACC	47	11	10 (91%)	0.48	400 - 1100
SPAR	GTGGTGGTGGTGGTG	45	6	2 (34%)	0.41	400 - 900
Eg10.6	CTC CTC CTC GC	38	7	4 (57%)	0.28	700 - 1200
بازه تغییرات Intervals			6 - 11	44% - 91%	0.28 - 0.48	200 – 1500
میانگین Mean			7.8	65%	0.42	---

با وجود آنکه در برخی آغازگرها در محدوده ۱۰۰bp تا ۲۰۰۰ bp نیز باندهای چند شکل دیگری وجود داشت (داده‌ها نشان داده نشده است)، اما به دلیل وضوح پایین آنها و به منظور افزایش دقت، تکرارپذیری آزمون و قابلیت اعتماد به داده‌ها، با کاهش حساسیت و محدوده شناسایی باند در نرم‌افزار TotalLab، از انتخاب این داده‌ها خودداری شد. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، با ارزیابی اولیه الکتروفورزها نیز نتایج حاصل از آغازگرهای فاقد باند چند شکل با وضوح کافی از ادامه بررسی‌ها حذف شدند (Tn-1, Tn-2, Tn-4, Tn-5, U91, M13, Eg2.2, Eg4.3, Eg6.3). بدین ترتیب، تنها نتایج حاصل از ۱۲ آغازگر که جزئیات آنها در جدول ۳ آمده است نمره‌دهی[1] و وارد محاسبات شدند. از این ۱۲ آغازگر چند شکل در مجموع ۹۴ آلل به دست آمد. تعداد آلل‌ها برای هر آغازگر بین ۶ تا ۱۱ با میانگین ۷/۸ متغیر بود (جدول ۳). آغازگرهای U10 و U61 با ۱۱ آلل و آغازگرهای U17 و SPAR با شش آلل به ترتیب بیشترین و کمترین آلل را تولید کردند. در شکل ۱ الگوی باندی حاصل از آغازگر U10 به عنوان نمونه آورده شده است.

آغازگرهای مورد استفاده در نهایت، ۶۵ آلل چند شکل در جمعیت مورد مطالعه نشان دادند که میزان چندشکلی آنها بین ۳۴ تا ۹۱ درصد نوسان داشت. آغازگر U61 با ۹۱ درصد بیشترین و آغازگر U07 با ۴۴ درصد کمترین چندشکلی را نشان دادند. تفاوت در فراوانی آلل‌های شناسایی شده می‌تواند به دلیل تفاوت در فراوانی قطعات تکراری مکمل با توالی آغازگر در ژنوم سیر باشد. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر آغازگرهای U10 و U61 و Tn-3 بیشترین تعداد آلل را تولید کردند (جدول ۳) و بر اساس اینکه تعداد آلل‌های هر مکان ژنی، مناسب بودن آن را برای تخمین تنوع و پراکندگی ژنتیکی یک جمعیت نشان می‌دهد (Haji Karam et al., 2011) می‌توان مناسبترین آغازگرهای ISSR برای مطالعه سیرهای بومی را نمونه‌های دارای توالی‌های تکراری شامل G+A و C+C و در سطحی پایین‌تر A+C پیشنهاد کرد. با وجود آنکه تعداد آلل‌های چند شکل به دست آمده در پژوهش حاضر نسبت به مطالعات مبتنی بر SSR (Jo et al., 2012) و RAPD (Paredes et al., 2008) از فراوانی مناسبی برخوردار بودند، اما تعداد آلل‌های دیده شده کمتر بود که می‌توان دلایل آن را ماهیت کمتر بودن تعداد آلل‌های شناسایی شده در نشانگر غالب ISSR نسبت به SSR که نشانگری هم‌بارز است و همچنین به دلیل طویل‌تر بودن آغازگرها و بالاتر بودن سختی شرایط اتصال آنها در آزمایش[2] نسبت به RAPD و حذف و در نظر نگرفتن اختیاری باندهای با وضوح کمتر دانست. استفاده از ژل اکریل‌آمید بجای ژل آگارز و استفاده از ترکیبی از آغازگرها بجای آغازگرهای منفرد، با افزایش تعداد آلل‌ها و قدرت تفکیک آنها می‌تواند در بهره برداری بیشتر از نشانگر ISSR که با وجود غالب بودن از وراثت پذیری بسیار بالایی برخوردار است (Liu & Wendel, 2001) موثر باشد.

1- Scoring

2- Stringency



شکل ۱- الگوی الکتروفورزی حاصل از آغازگر U10 روی ۲۶ اکوتیپ سیر جمع آوری شده از ایران مورد مطالعه با استفاده از ژل آگارز ۱/۵ درصد (SM = شاخص طولی)

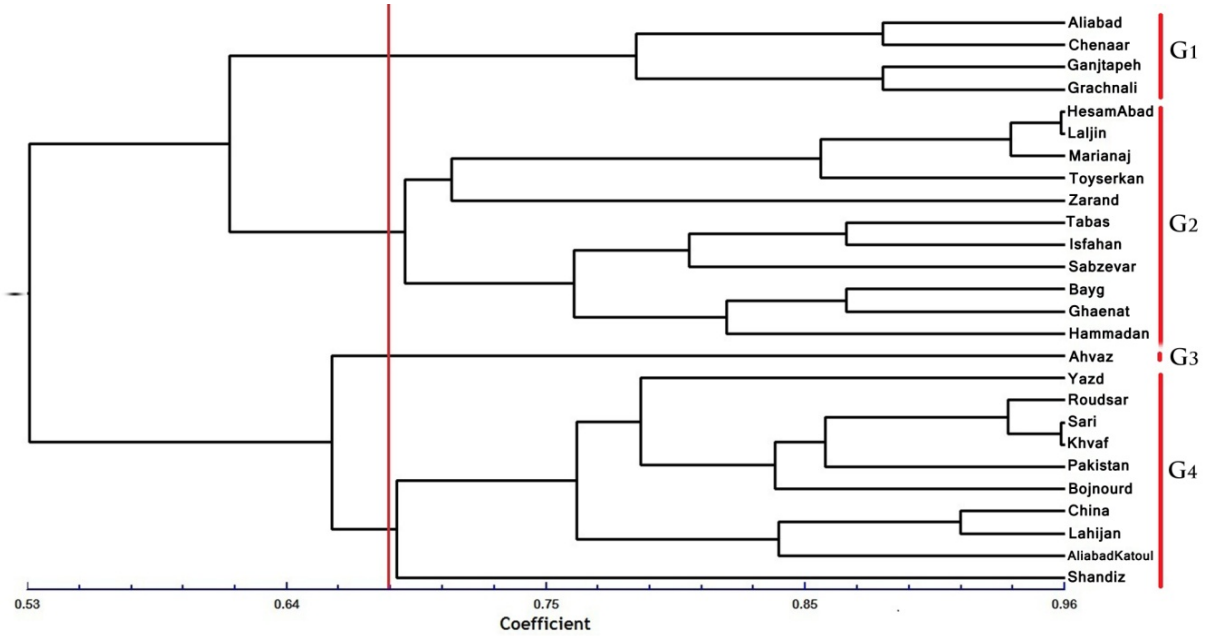
Fig.1 - 1.5% agarose gel electrophoretic pattern of U10 ISSR Primer in 26 garlic ecotypes from Iran (SM= Size Marker)

علاوه بر تعداد آلل‌های شناسایی شده و درصد آلل‌های چند شکل، میزان اطلاعات چندشکلی (PIC) هر آغازگر نیز محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. PIC که در واقع بیانگر ارزش یک نشانگر برای تشخیص چندشکلی در یک جمعیت می‌باشد، بر اساس تعداد آلل‌های شناسایی شده و نحوه پراکنش آنها در جمعیت محاسبه می‌گردد و در حال حاضر به عنوان پرکاربرد ترین آماره ارزشیابی نشانگرها شناخته می‌شود (Nagy et al., 2012). میانگین PIC آغازگرهای مورد آزمون در این پژوهش ۰/۴۲ بود که با توجه به اینکه حداکثر PIC در نشانگرهای غالب ۰/۵ است (Nagy et al., 2012) نشانه‌ای بر این است که مجموعه آغازگرهای انتخاب شده پراکندگی مناسبی در ژنوم جمعیت مورد بررسی داشته‌اند. با توجه به PIC هر یک از آغازگرها که در جدول ۳ نیز آمده است، بیشترین میزان PIC مربوط به آغازگرهای U9، U10 و U61 (۰/۴۸) و کمترین آن (۰/۲۸) مربوط به آغازگر Eg10.6 بود بدین مفهوم که آغازگرهای U9، U10 و U61 با دارا بودن حداکثر پراکندگی آللی بین نمونه‌ها بهتر از سایر آغازگرها فاصله ژنتیکی را معلوم کرده و می‌توانند در مطالعات بعدی به عنوان آغازگرهایی با توان بالای تعیین تنوع مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

شباهت ژنتیکی بین توده‌های جغرافیایی (اکوتیپ‌ها) نیز با استفاده از ضریب تشابه Jaccard محاسبه گردید که بر اساس آن بیشترین فاصله ژنتیکی تعیین شده بین توده‌های جمع‌آوری شده از لالجین (همدان) و علی آباد کتول (گلستان) با ضریب تشابه ۰/۴۳ و بیشترین تشابه ژنتیکی نیز بین توده‌های ساری (مازندران) و خواف (خراسان رضوی) و همچنین بین توده‌های حسام آباد و لالجین (همدان) با ضریب تشابه ۰/۹۵۸ مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است). گروه‌بندی نمونه‌ها نیز بر اساس ماتریس تشابه به دست آمده و روش UPGMA صورت پذیرفت که دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای آن در شکل ۲ آمده است. بر اساس آن ۲۶ توده جغرافیایی (اکوتیپ) مورد مطالعه در پژوهش حاضر، در ۲۴ گروه مختلف طبقه‌بندی شدند (توده‌های حسام‌آباد و ساری به ترتیب با توده‌های لالجین و خواف در یک گروه قرار گرفتند)، بطوریکه می‌توان مدعی شد که نشانگر ISSR و آغازگرهای انتخاب و طراحی شده برای این بررسی، توانسته‌اند اکوتیپ‌های مختلف، حتی توده‌هایی با منشاء جغرافیایی بسیار نزدیک به هم را از هم تفکیک نماید، نتیجه‌ای که در پژوهش‌های مشابه اشاره‌ای به آن نشده است (Ipek et al., 2007; Paredes et al., 2008; Jo et al.,2012).

با وجود آنکه همانند بسیاری از مطالعات مشابه نمی‌توان با اطمینان زیاد، الگوی باندی مشخصی را به عنوان شناسه هر اکوتیپ در نظر گرفت، اما همانطور که در دندروگرام (شکل ۲) مشاهده می‌شود، توده‌های جمع‌آوری شده از مناطق بوم شناختی مجاور در فاصله کمتری از هم نیز قرار گرفته‌اند. تمامی توده‌های جمع‌آوری شده از استان همدان در خوشه‌های مجاور قرار گرفتند و تنها توده متمایز از آنها نمونه جمع‌آوری شده از شهر همدان است که در خوشه‌ی مجاور نمونه‌های جنوب خراسان رضوی (تربت حیدریه- بایگ) و خراسان جنوبی (قائنات- زیرکوه) قرار گرفت. در مقابل پراکنده‌ترین نمونه‌ها مربوط به توده‌های جمع‌آوری شده از خراسان رضوی (شاندیز، خواف، بایگ) بودند، به طوریکه توده شاندیز آن با تفاوت زیاد از بقیه نمونه‌ها در شاخه‌ای مجزا قرار گرفت. نمونه زرند کرمان نیز به خوشه نمونه‌های غرب و جنوب غرب همدان نزدیکتر بود. متفاوت‌ترین توده از بین نمونه‌های مورد بررسی سیرهای جمع‌آوری شده از اهواز بودند که در یک شاخه مجزا قرار گرفتند و بر اساس فنوتیپ بسیار متفاوت آن (از نظر مقطع طولی و رنگ پوست خارجی-داده‌ها نشان داده نشده است) نیز قابل انتظار بود.

در صورت در نظر گرفتن خط مرجعی در سطح تشابه ۰/۶۹ دندروگرام، چهار خوشه متفاوت به دست می‌آید بطوریکه پراکندگی جغرافیایی نمونه‌ها را در چهار گروه قرار می‌دهد (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲- دندروگرام و گروه‌های حاصل از روابط ژنتیکی ۲۶ اکوتیپ سیر جمع آوری شده در ایران با استفاده از نرم افزار NTSYSpc v2.02 بر اساس روش UPGMA و ضریب تشابه Jaccard در سطح ۰/۶۹ روی داده‌های حاصل از نشانگر ISSR

Fig. 2 - Dendrogram of genetic relationships among 26 garlic ecotype from Iran accordin to ISSR marker generated by NTSYSpc v2.02 according to UPGMA cluster analysis and Jaccard's coefficient similarity of 0.69

گروه اول شامل توده‌های جمع‌آوری شده از شمال و شمال غرب همدان (G_1 شکل‌های ۲ و ۳)؛ گروه دوم شامل اکوتیپ‌های پراکنده در غرب و جنوب غرب استان همدان، مناطق مرکزی، شرق و جنوب شرق ایران (G_2 شکل‌های ۲ و ۳)؛ گروه سوم توده جمع‌آوری شده از اهواز (G_3 شکل‌های ۲ و ۳) و گروه چهارم از شمال و شمال شرقی کشور(G_4 شکل‌های ۲ و ۳).

قرارگرفتن نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق جغرافیایی مختلف در خوشه‌های یکسان می‌تواند نشانه‌ای از تبادلات فیزیکی بین مناطق جغرافیایی مختلف یا تشابه ژنتیکی بین نمونه‌ها باشد. نمونه قابل توجه آن قرارگیری توده جمع‌آوری شده از شهر یزد و شهر همدان به ترتیب در گروه چهارم (G_4) و گروه دوم (G_2) است که به دلیل زراعت سنتی تفسیر آن بر اساس تبادلات فیزیکی نسبت به تشابه ژنتیکی توجیه‌پذیری بیشتری دارد.

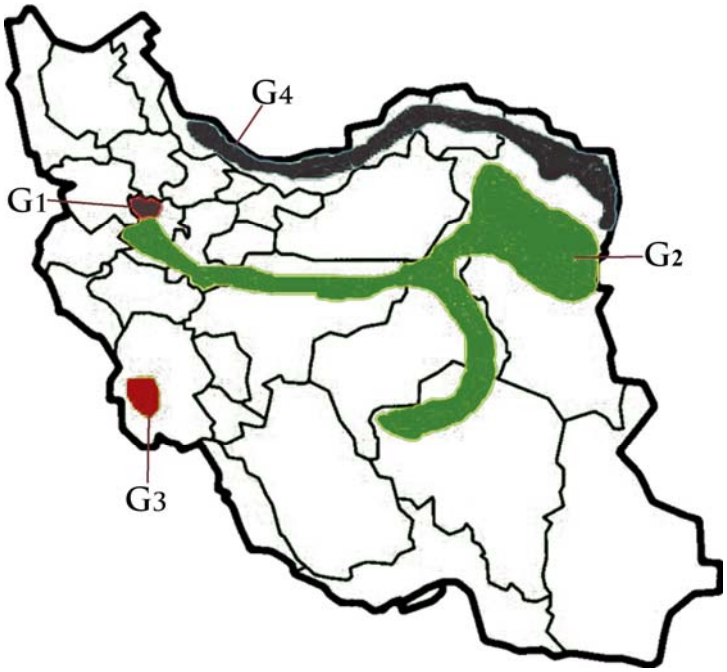
بر اساس نتایج بخش دوم این پژوهش نشان داده شد که تنوع ژنتیکی درون توده‌های مورد مطالعه بسیار کمتر از تنوع بین توده‌ای بود. بطوریکه تنها یک نمونه از بین توده شاندیز به وسیله آغازگر Tun-3 یک باند متفاوت نشان داد. این مشاهده علاوه بر اثبات نبود اختلاط فیزیکی درون توده‌ها به دلیل تکثیر کاملاً غیرجنسی سیر قابل انتصاب به جهش‌های تصادفی و حفظ آنها به دلیل بی‌اثر بودن بر صفات فنوتیپی مدنظر کشاورزان و یا پایین بودن فشار انتخاب آنها دانست. به همین دلیل توده‌های مورد مطالعه، خالص فرض شده و در ادامه مراحل تفسیری در نظر گرفته نشدند. این نتیجه گیری راجع به سیرهای ایران، با گزارش‌های حاصل از مطالعات جابِس و همکاران (Jabbes et al., 2011) در مورد سیرهای تونسی و توده‌های متنوع سیر در شیلی (Paredes et al., 2007) انطباق کامل دارد. همانطور که اشاره شد جهت توسعه زمینه مطالعه حاضر، دو توده تجاری وارداتی (چینی و پاکستانی) نیز مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه چینی و توده لاهیجان با تشابه ۹۱/۶ درصد و نمونه پاکستانی و توده‌های جمع‌آوری شده از شمال و شرق ایران (رودسر، ساری و خواف) با ضرایب تشابه بین ۸۴ تا ۸۸ درصد دریک گروه قرار گرفتند. این همگروهی می‌تواند به دلیل یکسان بودن منشاء این توده‌ها و شناخته شدن آنها با اسامی مختلف در مقصدهای متفاوت بخاطر عدم وجود طبقه‌بندی رسمی بین توده‌های سیر باشد.

همانطور که اشاره شد نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از مناطق عمده تولید سیر جمع‌آوری شده بودند که نتایج، وجود تفاوت ژنتیکی معنا داری را در کنار تفاوت‌های فنوتیپی مرسوم در طبقه‌بندی همانند رنگ پوست خارجی (بنفش، سفید، قرمز، کرم-بنفش و سفید-بنفش)، تعداد سیرچه‌ها تشکیل‌دهنده هر سیر و شکل مقاطع طولی و عرضی آنها، اثبات می‌کند. با وجود آنکه نشانگر و آغازگرهای مورد استفاده توده‌های مختلف از هم تفکیک شدند، اما به دلیل فقدان یک طبقه‌بندی معتبر گزارش شده بر اساس صفات مهم فیزیولوژیک، مورفولوژیک یا زراعی، قابلیت تفسیر و بررسی ارتباط بین تفاوت‌های ژنتیکی و فنوتیپی وجود نداشت، اما از طرفی، با توجه به تأیید این مطلب که شرایط محیطی به شدت بر صفات فنوتیپی سیر تأثیرگذار

است؛ به طوریکه تغییر موقعیت جغرافیایی می‌تواند بر باروری، عملکرد و کیفیت محصول آن نیز تأثیر بگذارد (Kamenetsky, 2007)، می‌توان از این تنوع ژنتیکی اثبات شده در کنار تنوع اقلیمی کم نظیر موجود در کشور استفاده کرد و با آزمون‌های منطقه‌ای پاسخ‌های فنوتیپی توده‌های بومی در اقلیم‌های مختلف، علاوه بر یافتن بهترین محیط برای هر توده به یافتن صفات خاص از جمله قابلیت باروری و تولید بذر نیز خوش بین بود.

نتیجه‌گیری

در نهایت، با توجه به اینکه پژوهش حاضر اولین گزارش از کاربرد نشانگر ISSR و توالی‌های M13 در بررسی تنوع، پراکندگی و ارتباطات ژنتیکی روی اکوتیپ‌های موجود در ایران است می‌توان با امتداد بررسی‌ها روی جمعیتی بزرگتر، با استفاده آغازگرهای بیشتر با توالی‌های جدید یا متشکل از قطعات تکراری انتخاب شده بر اساس نتایج این بررسی و یا با ترکیب آغازگرهای انتخاب شده به الگوی نشانگری اشباع‌تری دست پیدا کرد و با استفاده از آنها به منظور شناسایی توده‌های تکراری در کلکسیون‌های موجود و با توجه به اهمیت سیر در صنعت، طب سنتی و نوین، اهمیت شناسایی و حفظ تنوع درپژوهش‌های به‌نژادی و توسعه به‌زراعی، وجود ایران در مرکز تنوع سیر و جنس *Allium*، خطر جایگزینی سیرهای وارداتی با توده‌های بومی و در نتیجه لزوم تأسیس یک مرکز ملی و بانک ژنتیکی به منظور جمع‌آوری و حفظ توده‌های سیر اقدام نمود.



شکل ۳- نحوه پراکندگی اکوتیپ‌های سیر موجود در ایران در چهار گروه حاصل از تقسیم بندی دندروگرام به دست آمده در سطح تشابه ۰/۶۹

Fig. 3- Distribution of 4 groups of garlic ecotypes from Iran according to dividing dendrogram 2 by a reference line at 0.69 similarity coefficient

منابع

1- Camargo, A.B., Resnizky, R., Marchevsky, E.J., and Luco, J.M. 2010. Use of the Argentinean garlic (*Allium sativum* L.) germplasm mineral profile for determining geographic origin. Journal of Food Composition and Analysis 23: 586–591.

2- Cunha, C.P., Hoogerheide, E.S.S., Zucchi, M.I., Monteiro, M., and Pinheiro, B. 2012. New Microsatellite Markers for Garlic, *Allium sativum* L. (Alliaceae). American Journal of Botany 99 (1): e17-e19.

3- Guenaoui, C., Mang, S., Figliuolo, G., and Neffati, M. 2012. Diversity in *Allium ampeloprasum*: from small and wild to large and cultivated. Genetic Resources and Crop Evolution. Published on line 24, March 2012.

4- Gupta, M., Chyi, Y.S., Romero-Severson, J., and Owen, J.L. 1994. Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of simple-sequence repeats. Theoretical and Applied Genetics 89(8,9): 998-1006.

5- Haji, K., Naghavi, M.R., Taleii, A.R., and Aghaii, M.J. 2011. Evaluation of genetic diversity of *Aegilops tauschii* from Northern area of Iran using SSR markers. Iranian Journal of Biology 24(3): 390-399.

6- Haouari, M., and Ferchichi, A. 2008. Study of genetic polymorphism of *Artemisia herba*-alba from Tunisia using ISSR markers. African Journal of Biotechnology 7(1): 44-50.
7- Hashemi, M., Amirinia, S., Harki Nejad, M.T., and Banabazi, M.H. 2012. Evaluation of ancester of some Holstein cows using florsent Taged microsatellite markers. Iranian Journal of Animal Science Research 4(2): 154-158 (In Persian).
8- Ipek, M., Ipek, A., and Simon, P.W. 2008. Molecular characterization of kastamonu garlic: an economically important garlic clone in Turkey. Scientia Horticultureae 115(2): 203-208.
9- Jabbes, N., Geoffriau, E., Clerc, V., Dridi, B., and Hannechi, C. 2011. Inter Simple Sequence Repeat Fingerprints for Assess Genetic Diversity of Tunisian Garlic Populations. Journal of Agricultural Science 3(4): 77-85.
10- Jo, M.H., Ham, I.K., Moe, K.T., Kwon, S.W., Lu, F.H., Park, Y.J., Kim, W.S., Won, M.K., Kim, T.I., and Lee, E.M. 2012. Classification of genetic variation in garlic (*Allium sativum* L.*)* using SSR markers. Australian Journal of Crop Science 6(4): 625-631.
11- Kamenetsky, R. 2007. Garlic: botany and horticulture. Horticultural Reviews 33: 123-172.
12- Khadari, B., Hochu, I., Santoni, S., Oukabli, A., Ater, M., Roger J.P., and Kjellberg, F. 2003. Which molecular markers are best suited to identify fig cultivars: a comparison of RAPD, ISSR and microsatellite markers. Acta Horticulturae 605: 69-75.
13- Lampasona, S.G., Asprelli, P., and Burba, J.L. 2012. Genetic analysis of a garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection from Argentina. Scientia Horticulturae 138: 183–189.
14- Lampasona, S.G., Martiınez, L., and Burba, J.L. 2003. Genetic diversity among selected Argentinean garlic clones (*Allium sativum* L.) using AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Euphytica 132: 115–119.
15- Liu, B., and Wendel, J.F. 2001. Intersimple sequence repeat (ISSR) polymorphisms as a genetic marker system in cotton. Molecular Ecology Notes 1: 205-208.
16- Mousavi, S.R., Ahmadi, J., and Sefidcon, F. 2012. Genetic diversity analysis in Iranian St. John's wort accessions (*Hypericum perforatum* L.) using inter simple sequence repeats markers. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 20(1): 14-24. (In Persian with English Summary)
17- Nagy, S., Poczai, P., Cernak, I., Mousapour Gorji, A., Hegedus, and G., Taller, J. 2012. PICcalc: an online program to calculate polymorphic information content for molecular genetic studies. Biochemical Genetics 50: 670–672.
18- Paredes, M.C., Viviana B.V., Maria, I., and González, A. 2008. Low genetic diversity among garlic (*Allium sativum* L.) accessions detected using random amplified polymorphic DNA (RAPD). Chilean Journal of Agricultural Research 68(1):3-12.
19- Reddy, M.P., Sarla, N., and Siddiq, E.A. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. Euphytica 128: 9–17.
20- Ryskov, A.P., Jincharadze, A.G., Prosnyak, M.I., Ivanov, P.L., and Limborska, S.A.1988. M_{l3} phage DNA as a universal marker for DNA fingerprinting of animals, plants and microorand ganisms. FEBS Letters 233(2): 388−392.
21- Son, J.H., Park., K.C., Kim, T.W., Park, Y.J., Kang, J.H., and Kim, N.S. 2010. Sequence diversification of 45S rRNA ITS, trnH-psbA spacer, and *matK* genic regions in several Allium species. Genes and Genomics 32: 165-172.
22- Upcroft P., Mitchell, R., and Boreham, P.F.L. 1990. DNA fingerprinting of the intestinal parasite giardia duodenalis with the Ml3 phage genome. Inrernotional Journal of Parasilology 20(3): 319-323.
23- Westneat, D.F. 1990. Genetic parentage in the indigo bunting: a study using DNA fingerprinting. Behavioral Ecology and Sociobiology 27: 67-76.
24- Witono, J.R., and Kondo, K. 2006. Genetic analysis of some species of pinanga (Palmae) by using ISSR markers. Berita Biologi 8: 19- 26.
25- Zietkiewicz, E., Rafalski, A., and Labuda, D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics 20(2):176-83

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 85

The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.)

M. Jahan[1]*, M. Aryaee[2], M.B. Amiri[3] and H.R. Ehyaee[4]

Submitted: 16-03-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Cover crops cultivation and application of plant growth rhizobacteria are the key factors to enhance agroecosystem health. A field experiment was conducted at the Research Farm of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2009-2010. A split plot arrangement based on a complete randomized block design with three replications was used. Cultivation and no cultivation of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum*) in autumn assigned to the main plots. The sub plot factor consisted of three different types of biofertilizers plus control, including 1-nitroxin (containing of *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.), 2- phosphate solubilizing bacteria (PSB) (containing of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp.), 3- biosulfur (containing of *Thiobacillus* ssp.) and 4- control (no fertilizer). The results showed the effect of cover crops on seed number and seed weight per plant, biological and seed yield was significant, as the seed yield increased of 9 %. In general, biofertilizers showed superiority due to the most studied traits compared to control. Nitroxin, PSB and biosulfur increased biological yield of 44, 28 and 26 % compared to control, respectively. Cover crops and biofertilizers interactions, showed significant effect on all studied traits, as the highest and the lowest harvest index resulted in cover crop combined with biofertilizers (22.1%) and cultivation and no cultivation of cover crops combined with control (15.3%), respectively. The highest seed oil and protein content resulted from cover crops plus biofertilizers (42.4%) and cover crops plus PSB (22.5%), respectively. In general, the results showed cover crops cultivation in combination with biofertilizers application could be an ecological alternative for chemical fertilizers, in addition of achieving advantages of cover crops. According to the results, it should be possible to design an ecological cropping system and produce appropriate and healthy sesame in agreement with ecofriendly agricultural production guidelines.

Keywords: Biofertilizer, Biosulfur, Seed oil

1, 2 and 3- Assistant Prof., Ph.D. Student in Agroecology and PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran respectively.
4- MSc student in Environment Engineering, College of Natural Resources and Environment, Tehran University, Iran.
(*- Corresponding author Email: Jahan@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 86

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 86

Effect of organic fertilizers on quality and quantity characteristics of blond psyllium (*Plantago ovata* Forssk.) clasping peperweed *(Lepidium perfoilatum* L.*)*, qodumeh Shirazi *(Alyssum homolocarpum* L.*)* and dragon's head *(Lalementia iberica* L.*)*

A. Koocheki[1], S. Amirmoradi[2*], J. Shabahang[3] and S. Kalantari Khandani[3]

Submitted: 23-09-2011
Accepted: 11-03-2012

Abstract

This experiment was carried out in experimental farm of Agricultural Faculty of Ferdowsi University of Mashhad, Iran during 2010. The design was split plot with three replications. Main plots were the medicinal plant species consist of: blond psyllium (*Plantago ovate* Forssk.), clasping peperweed (*Lepidium perfoilatum* L.), qodumeh Shirazi (*Alyssum homolocarpum* L.) dragon's head (*Lalementia iberica* L.) and subplots were various organic fertilizer consist of cow manure, vermicompost (based on cow manure), coffee compost and spent mushroom compost. Results showed that medicinal plants had significant difference for number of seeds per plant, shoot dry matter, seed yield, plant height and mucilage percentage. Effect of various organic matter on all traits except for 1000-seed weight was significant. Interaction of organic fertilizers and plant was significant for dry matter. dragon's head had the most mucilage percentage (27.75%) and cow manure was the best fertilizer because it had the highest amounts of dry matter (1816 kg.ha^{-1}), seed yield (467.5 kg.ha^{-1}), number seed per plant (550 seeds.plant^{-1}), plant height (23.17 cm) and mucilage percentage (20.75%).

Keywords: Cow manure, Mucilage medicinal plant, Mushroom compost, Seed yield

1 , 2, 3 and 4 – Prof., of Agronomy, PhD student in Crop Ecology and PhD students in Agroecology, Agronomy Department of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author, Email shahramamirmoradi@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 87

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 87

Effects of planting date and corm density on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Malayer climatic conditions

M. Rostami[1*] and H. Mohammadi[2]
Submitted: 13-11-2011
Accepted: 05-05-2012

Abstract

In order to evaluate the effects of planting date and corm density on yield and some other traits of saffron under climatic conditions of Malayer in the West of Iran, an experiment was conducted using split plots based on randomized complete blocks design with four replications. Different planting dates (15th July, 15th August and 15th September) were allocated in the main plots and different corm densities (25, 50, 75 and 100 corms.m^{-2}) were in the subplots. Based on results, the effects of planting date on flower number, leaf number, length and weight of stigma was significant, whereas effects of planting density on flower number and flowering period, leaf length and number, stigma length and weight, number of daughter corms and stigma yield was significant. The highest amount of saffron yield (2.7 kg.ha^{-1}) obtained in the first planting date but there wasn't significant different between planting date treatments. None of experimental treatments have significant effects on the beginning of flowering, but by increasing corm density the length of flowering period significantly decreased. By increasing planting density from 25 corms.m^{-2} to 100 corm.m^{-2} the number of daughter corms decreased by 56%. Generally, planting date of 15th of July caused higher growth in saffron than other planting dates. A number of 100 corms.m^{-2} showed higher yield and shorter length of flowering period.

Keywords: Daughter corm, Flowering period, Saffron leaf, Stigma yield

1 and 2- Assistant Prof., and Instructor, College of Agriculture, Malayer University, Iran. respectively
(*-Corresponding author Email majidrostami7@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 88

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 88

The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat *(Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari

Z. Saber[1], H. Pirdashti[2*], M.A. Esmaeili[3] and A. Abbasian[4]

Submitted: 23-09-2011
Accepted: 11-03-2012

Abstract

In order to evaluate the efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) plus nitrogen and phosphorous chemical fertilizers on relative agronomic efficiency of P and N fertilizers and some agronomic parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19, an experiment was conducted at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University during growing season of 2008-2009. Experiment was arranged in split-split plot based on randomized complete block design with three levels (0, 25 and 50 $kg.ha^{-1}$) and sub-plots were considered PGPR at four levels (control, inoculation with nitrogen fixing bacteria (PFB), phosphate solubilizing bacteria (PSB) and dual inoculation with PFB and PSB) with three replications. Results showed that the application of biofertilizers significantly increased relative agronomic efficiency of N and P fertilizers, spike number, plant height, flag leaf area, grain yield and grain weight of wheat. Application of biofertilizers increased wheat grain yield as much as 46.6% as compared to control. Double inoculation of biofertilizers improved relative agronomic efficiency of fertilizers by 58.4 and 76.5% as compared to control, respectively. Integrated treatments showed higher performance compared to separate treatments. Generally, biofertilizers with low levels of P and N fertilizers significantly improved yield components of wheat without any reduction in yield related parameters.

Keywords: Biofertilizer, Chemical fertilizer, Grain weight, Leaf area, Spike number

1, 2, 3 and 4- MSc Student of Agronomy, Associate Prof., Associate Prof., and Instructor, Agronomy Department, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, Respectively.
(*-Corresponding author Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 89

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 89

Biodiversity of predatory mites of super families of Raphignathoidea, Bdelloidea and Erythraeoidea in pomefruit orchards in Mashhad, Torghabe and Shandiz regions

S. Paktinat Seej[1], H. Sadeghi Namaghi[2*], M. Hosseini[3], and S. Hatefi[4]

Submitted: 22-11-2011
Accepted: 05-05-2012

Abstract

The predatory mites of suborder prostigmata are important natural enemies of spider mites. In this study abundance and biodiversity of predatory mites of Super families of Raphignathoidea, Bdelloidea and Erythraeoidea in pomefruit orchards of Mashhad) Educational orchard of Agricultural College of Ferdowsi Unuversity of Mashhad, Agricultural Research Centre of Torogh and Laeen, Torghabe and Shandiz regions were evaluated. In each sampling site and during 12-sampling dates, two samples each including one Kg of apple, pear and quince foliages and soil were taken randomly throughout different seasons of year 2009. Biodiversity of predatory mites were measured using biodiversity indices and were analyzed using one-way ANOVA. As a result, a total of 20 species from 15 genera and six families of predatory mites were collected and identified. There was a significant difference in Shannon-Wiener indices of predatory mites among sampling sites. The highest and least values of Shannon-Wiener index for predatory mites were estimated in Laeen (1.92±0.02) and Torogh (1.26±0.06), respectively. In terms of species richness, the highest value of Margalef's index was measured for Laeen (2.49±0.02) which was significantly higher than those of other sites. The value of evenness of Torghabe-Shandiz was the highest and that of Torogh was the least. The dominant predator species in pomefruit orchards of Mashhad and Torghabe-Shandiz regions were *Eustigmaeus anauniensis* and *Stigmaeus elongatus* with relative abundance of 33.5% and 17.6 %, respectively.

Keywords: Diversity, Natural enemies, Species richness

1, 2, 3 and 4- Graduated MSc student, Associate prof., Assistant prof., and Instructor Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: sadeghin@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 90

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 90

Investigation on the effect of cotton cultivars and different planting dates on barley-cotton double cropping system in Gonabad climatic conditions

E. Seddighi[1], M.R. Ramezani Moghaddam*[2], A.R. Sirousmehr[3] and M.R. Asgharipour[3]

Submitted: 21-11-2011
Accepted: 05-05-2012

Abstract

In order to investigate the response of cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.) to conventional-cropping and double-cropping systems a field experiment was conducted as split plot based on randomized completely block design with three replications at Gonabad Agriculture and Natural Resources Research Station during growing season of 2009-2010. The treatments included of recommended planting date (5th May), sowing after final irrigation of barley (22th May), sowing after harvest of barley in the same field (5th June) and three cotton cultivars: Varamin, Khordad and Sepid. The results showed that the highest plant height (60.2 cm) was observed in second sowing date. Experimental treatments did not have any significant effect on number of Monopodial and sympodial branches of cotton. The highest earliness percentage was obtained from recommended planting date compared to other treatments. The highest lint weight per boll (6.5 g) was related to sowing of Varamin cultivar at 3th planting date and had a significant difference with other treatments. Furthermore, this cultivar at the other planting dates had relatively higher lint yield. In the case of the interaction effect between treatments on 1st pick yield, by delaying in sowing date lint yield decreased, however, Khordad cultivar in recommended planting date had the highest value (1600 kg.ha^{-1}). In the 2st harvest, only the effect of planting date was statically significant and for the 3th planting date was achieved the highest 2st pick yield. In the case of interaction, effects on total lint yield, both Varamin and Khordad cultivars had the same lint yields in the first planting date. Although, in overall at the all planting dates Khordad cultivar showed the highest lint yield. In overall, growing Khordad cultivar at third planting date under double cropping after barley is appropriate in climatic conditions of Gonabad.

Keywords: Boll, Earliness, Fiber, Lint yield, Plant density

1, 2, and 3- Expert of Gonabad Agriculture and Natural Resources Research Station, Gonabad, Assistant prof., Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi and Assistant prof., Department of Agronomy, Zabol University, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezaramezani@yahoo.com

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 91

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 91

Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of dill (*Anethum graveolens* L.)

S. Madadi Bonab[1*], S. Zehtab Salmasi[2] and K. Ghassemi Golezani[2]

Submitted: 16-03-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

In order to investigate the effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield and yield components of (*Anethum graveolens* L.), a field experiment was performed in Agricultural Research Farm of the University of Tabriz, Iran, during growing season of 2009-2010. The experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications. Irrigation treatments (irrigation after 70, 100, 130 mm evaporation from class A pan) and nitrogen levels (0, 40, 80, 120 kg.ha^{-1}) were allocated to main and sub-plots, respectively. The results showed that nitrogen fertilizer had significant ($p \leq 0.05$) effect on minor diameter umbrella, 1000-seed weight, seed yield and harvest index. However, irrigation and effect between irrigation and nitrogen were not affected any of the traits. The greatest minor diameter umbrella was obtained with control nitrogen treatment and maximum 1000-seed weight, harvest index and seed yield were obtained from 40 kg.ha^{-1} nitrogen. There was no any significant difference between 40 and 80 kg.ha^{-1} nitrogen levels. Therefore, it seems that for producing the highest yield application of 40 kg.ha^{-1} nitrogen is suitable. As water deficit no significant effects on this traits, of dill, it can be concluded that dill is a tolerant plant to drought stress.

Keywords: Dill, Harvest index, Nitrogen supply, Water stress, 1000-seed weight

1 and 2- MSc, PhD Student and Prof., of Tabriz University, Tabriz, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: madadi.sm@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 1, Spring 2013, p. 92

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 1، بهار 1392، ص. 92

Evaluation of genetic and geographical diversity of garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes of Iran using ISSR and M13 molecular markers

M. Fakhrfeshani[1*] and F. Shahriari[2]

Submitted: 03-12-2011
Accepted: 05-05-2012

Abstract

Garlic (*Allium sativum* L.) as one of the most valuable industrial and pharmaceutical plants has been studied from many aspects because of its importance. But there is not any sufficient and reliable information about its distribution and classification. So its types are categorized according to traditional, local or geographical names or some visual traits. The most important reason is the sterility of garlic and its flowering inability. This study, as the first report of using ISSR and M13 markers on Iranian garlic ecotypes, was performed to evaluate the genetic diversity and relationship and distinguish the repetitious clones among populations from Iran. According to our results, 26 studied clones were categorized as 24 different genotypes with a possibility of classifying them into four groups coincide with their geographical gathering zone. Group one contains ecotypes from north and western North of Hamadan province and group two contains clones from west and south west of Hamadan province, central, east and south east of Iran. Sample from Ahvaz was the only member of group three and ecotypes from North and eastern north of Iran formed group four.

Keywords: Genetic Polymorphism, Intraspecific divergence, Phylogeny

1 and 2- PhD Student and Associate Prof., Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Fakhrfeshani.m@gmail.com)