نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۴۹-۳۴۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 342-349

تأثیر دور آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد رویشی و زایشی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در منطقه بیرجند

مشیرالحق عابدی[۱]، محمد جواد ثقه الاسلامی[۲*] و سید غلامرضا موسوی[۳]

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

چکیده

به‌منظور مطالعه سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد رویشی و زایشی ریحان، آزمایش مزرعه‌ای در بیرجند (منطقه مود) در بهار و تابستان سال ۱۳۸۹ اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی به دور آبیاری با دو سطح هفت و چهارده روز و کرت فرعی به مقدار نیتروژن با چهار سطح صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به صورت اوره) اختصاص داشت. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر اغلب صفات مورد مطالعه ریحان تأثیر معنی‌داری داشتند. عملکرد دانه با دور آبیاری هفت روز ۳۴/۵ گرم بر مترمربع بود که نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز حدود ۱۸/۴ درصد افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه در سطوح ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۶/۱ و ۲۹/۴ درصد بیشتر بود. عملکرد رویشی کل (۱۵۳/۳ گرم بر مترمربع) در مدار آبیاری یک هفته حدود ۱۴/۶ درصد نسبت به آبیاری هر دو هفته (۱۳۳/۸ گرم بر مترمربع) افزایش نشان داد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین زیست‌توده کل را ایجاد نمود و کمترین آن در سطوح صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. تعداد سنبله در بوته فقط تحت تأثیر کاربرد سطوح کود قرار گرفت. تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن اثری بر وزن دانه ریحان نداشتند. با افزایش دور آبیاری از یک هفته به دو هفته عملکرد برگ ریحان از ۱۴۴/۴ به ۱۱۹ گرم در مترمربع (معادل ۲۱/۳ درصد) کاهش یافت. با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن عملکرد برگ و بخش رویشی روند افزایشی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، عملکرد برگ، گیاه دارویی

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تاریخچهٔ طولانی مدتی از انواع کاربرد به عنوان طعم غذا، عطر و دارو دارد (Sadeghi et al., 2009). ترکیبات تشکیل دهنده اسانس ریحان عبارت‌اند از لینالول، متیل کاویکول، متیل یوگنول، سیترال، اوژنول، سینئول، ژرانیول، کامفور و متیل سینامات که در بازارهای جهانی اسانس ، عطر، دارو و صنایع غذایی مورد مبادله قرار می‌گیرد (Telci et al., 2006). بذرهای ریحان بوی خوش و طعم تلخی دارند که از آن در تهیه سوپ، سوسیس، پنیر، کیک و شیرینی استفاده می‌شود (Beher et al., 2004). از این گیاه برای معالجه برخی ناراحتی‌های قلبی و مداوای بزرگی طحال و سرماخوردگی می توان استفاده کرد. در طب سنتی از این گیاه به عنوان خلط آور، مدر، ضد نفخ، جهت تسکین درد معده، تب بر، ضد مالاریا و محرک استفاده می شود (Khalid et al., 2006; Telsi et al., 2006). به‌منظور رفع نیازهای فزاینده به داروهای گیاهی، گیاهان دارویی باید به صورت زراعی کشت شوند. کشت گیاهان دارویی باعث تولید مواد خام دارویی با کیفیت یکنواخت و خصوصیات شناخته شده می گردد. از سوی دیگر، تأمین مواد اولیه برای صنایع داروسازی نیاز به افزایش تولید محصول در واحد سطح دارد که علمی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش دستیابی به این مهم، افزایش کارایی نهاده‌های مورد استفاده در زراعت گیاهان دارویی می-باشد (Rizzalli, et al., 2002).

کشت یک گیاه دارویی از نظر اقتصادی وقتی مقرون به صرفه است که تولید متابولیت‌های ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد. با شناخت عوامل محیطی مؤثر در تولید و انتخاب ارقام گیاهی مناسب می‌توان به حداکثر مقدار محصول دست یافت (Omidbeygi, 2005). تنش آبی مهم‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mjseghat@yahoo.com)

زراعت‌های آبی واقع درمناطق خشک و نیمه‌خشک است. بهینه‌سازی مدیریت آبیاری به خاطر کمبود آب همراه با انتخاب گیاهان زراعی مناسب برای کشت از اهمیت خاصی برخوردار است (Ghanbari et al., 2007). همچنین کاربرد صحیح عناصر و مواد غذایی در طول مراحل کاشت و داشت گیاهان دارویی، نه تنها نقش اساسی در افزایش عملکرد آنها دارد، بلکه در کمیت و کیفیت مواد مؤثره محصول تولید شده نیز مؤثر است. در یک مطالعه، تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار مادهٔ تر و خشک، مقدار مادهٔ غذایی و عملکرد اسانس در گیاه نعناع (*Mentha* sp.) شد (Misra & Strivastov, 2000). با تشدید تنش آبی، وزن تر و خشک ریحان کاهش یافت (Simon et al., 1992). حسنی و همکاران (Hassani et al., 2003) با نگهداری گلدان‌های محتوی ریحان در رطوبت‌های ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، نشان دادند که با کاهش مقدار آب آبیاری، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه، عملکرد، میزان نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ کاهش و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه، غلظت پرولین و قندهای محلول افزایش یافت. با افزایش فواصل بین نوبت‌های آبیاری (در فواصل ۷، ۱۴ یا ۲۸ روز) رشد ریحان کاهش یافت (Refaat & Saleh, 1997). با افزایش سطح تنش، مقدار اسانس، کربوهیدرات کل و پرولین بوته‌های مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) به شدت افزایش یافت (Hendawy & Khalid, 2005). نجفی (Nadjafi, 2001) در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات کیفی بذر اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) طی دوسال زراعی، رژیم-های آبیاری ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روزه را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفت که رژیم‌های مختلف آبیاری هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر روی میزان موسیلاژ بذر نداشتند، اما بیشترین مقدار تورم بذر در هر دوسال آزمایش مربوط به دور آبیاری ۱۴ روز بود. تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر وزن هزار دانه اسفرزه در سال اول معنی‌دار شد و بیشترین وزن هزار دانه مربوط به دور آبیاری هفت روز بود. در بررسی اثر رطوبت خاک، نیتروژن و اثر متقابل آنها بر کمیت و کیفیت اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) آزمایشی با سه سطح رطوبت خاک شامل ظرفیت مزرعه، دوسوم ظرفیت مزرعه و یک سوم ظرفیت مزرعه و چهار سطح مصرف نیتروژن شامل صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل، رطوبت خاک بر میزان اسانس تأثیری نداشت، در صورتی که با مصرف نیتروژن اضافی، میزان اسانس کاهش یافت (Kazemi et al., 2004). همچنین سیفولا و باربیری (Sifola & Barbieri, 2006) گزارش کردند که سطوح مختلف نیتروژن، عملکرد اسانس ریحان را افزایش داد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) ارتفاع، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، تعداد انشعاب های فرعی در متر مربع، تعداد چتر در متر مربع، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی، تعداد کل چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه رازیانه روند کاهشی داشت.

هدف از این تحقیق، مطالعه اثرات تنش آبی در سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد رویشی و زایشی گیاه ریحان بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه‌ای واقع در ۳۰ کیلومتری شهر بیرجند (منطقه مود) با مختصات جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا در بهار و تابستان سال ۱۳۸۹ اجرا شد. متوسط سالیانه بیشترین و کمترین دمای این منطقه به‌ترتیب معادل ۲۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالیانه آن ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. مجموع بارش سالیانه در شهر بیرجند به‌طور میانگین برابر با ۱۷۱ میلی‌متر در سال است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی به دور آبیاری با دو سطح هفت و چهارده روز و کرت فرعی به مقدار نیتروژن با چهار سطح صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به صورت اوره) اختصاص داشت.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil sample

نمونه خاک Soil sample	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن کل (٪) N (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	درصد کربن آلی (٪) OC (%)
۳۰-۰ سانتی‌متر 0-30 depth	1.58	7.71	0.015	7.8	108	0.11

کود نیتروژن در دو مرحله کاشت و پس از برداشت چین اول همراه با آبیاری مصرف شد. هر کرت آزمایشی با مساحت ۵/۰۴ مترمربع (به ابعاد ۱/۸ در ۲/۸ متر) به صورت دستی کاشته شد. نمونه خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر جهت تعیین خصوصیات فیزیکی وشیمیایی گرفته شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. هدایت الکتریکی آب مورد استفاده در آبیاری ۱/۳ $dS.m^{-1}$ بود.

پس از عملیات آماده سازی زمین، کودهای فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) براساس نتایج تجزیه خاک به‌صورت کامل همزمان با کاشت مصرف شد. کاشت بذرها در اواخر فروردین ماه با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع انجام شد. عملیات برداشت به‌صورت دستی در دو چین (۲۵ خرداد و ۳۰ تیر) با حذف ۲۵ سانتی‌متر از حاشیه کرت‌ها انجام شد. صفاتی که در این آزمایش مورد مطالعه قرار گرفتند شامل عملکرد دانه، عملکرد برگ، عملکرد ساقه، عملکرد زیست‌توده کل (برداشت شده در انتهای فصل رشد شامل دانه + ساقه + برگ)، عملکرد زیست‌توده رویشی (برداشت شده در چین اول شامل ساقه+ برگ) وزن هزاردانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع بود. با توجه به برداشت دو چین محصول، اندازه‌گیری میزان عملکرد برگ و ساقه در دو مرحله و عملکرد دانه تنها در چین دوم صورت گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C در معرض تجزیه واریانس قرار گرفتند. میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ریحان داشت (جدول ۲). عملکرد دانه با دور آبیاری هفت روز ۳۴/۵ گرم بر مترمربع بود که نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز حدود ۱۸/۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). سطوح کاربرد احتمال یک درصد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در سطوح ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به ترتیب با مقادیر ۳۶/۷ و ۳۴/۹ گرم در مترمربع به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۶/۱ و ۲۹/۴ درصد بیشتر بود. کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) با عملکرد ۲۵/۹۵ گرم در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۴). سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) اظهار داشتند که با تشدید تنش آبی، وزن تر و خشک ریحان کاهش یافت. همچنین میسرا و استریواستوف (Misra & Strivastov, 2000) در مطالعه‌ای نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار مادهٔ تر و خشک، مقدار مادهٔ غذایی و عملکرد اسانس نعناع شد. یکی از اولین علائم کمبود آب، کاهش فشار آماس می باشد که باعث کاهش رشد و نمو سلول‌های ساقه و برگ‌ها می شود (Alishah et al., 2006).

جدول ۲- میانگین مربعات اثر آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان

Table 2- Mean squares for the effect of irrigation and nitrogen on seed yield and yield components of basil

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد دانه در سنبله Seed per ear	تعداد سنبله در بوته Ear per plant	زیست‌توده کل Total biomass	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه Seed weight
تکرار Replication	2	3224.5	24.555	205.15	136.25	0.002
آبیاری A (Irrigation)	1	987.27*	0.000^{ns}	2285.40*	172.81*	0.000^{ns}
خطای اصلی Main Error	2	28.99	2.209	55.88	12.63	0.015
نیتروژن B (Nitrogen)	3	545.41*	21.764**	973.83**	129.84**	0.003^{ns}
آبیاری × نیتروژن A*B	3	144.23^{ns}	1.044^{ns}	84.19^{ns}	3.08^{ns}	0.002^{ns}
خطای فرعی Sub error	12	168.38	0.948	41.06	4.18	0.003

* و **: به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

* and **: shows significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively and ns shows not significantly different.

جدول ۳ – اثر سطوح آبیاری برعملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان

Table 3- Effect of irrigation levels on seed yield and yield components of basil.

سطوح آبیاری Irrigation intervals	تعداد دانه در سنبله Seed per ear	تعداد سنبله در بوته Ear per plant	زیست‌توده کل Total biomass ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	وزن هزار دانه Seed weight (g)
7 days	72.5 a*	7.47 a	153.32 a	34.542 a	1.727 a
14 days	59.7 b	7.48 a	133.80 b	29.175 b	1.729 a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون F به لحاظ آماری معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using F Test.

جدول ٤ – اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان

Table 4- Effect of nitrogen levels on seed yield and yield components of basil

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels ($kg.ha^{-1}$)	تعداد دانه در سنبله Seed per ear	تعداد سنبله در بوته Ear per plant	زیست‌توده کل (گرم در متر مربع) Total of biomass ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield ($g.\ m^{-2}$)	وزن هزار دانه (گرم) Seed weight (g)
0	79.0 a*	5.37 b	132.75 c	26.95 b	1.703 a
50	67.2 ab	6.37 b	133.10 c	28.93 b	1.753 a
100	61.3 b	8.80 a	150.03 b	34.88 a	1.734 a
150	57.0 b	9.33 a	158.35 a	36.67 a	1.720 a

* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری از طریق تعرق از دست داده و بنابراین محدودیت سطح برگ یکی از مکانیسم‌های اولیه در مقابله با خشکی محسوب می‌شود (Fatima et al., 1999). علاوه بر این، با کاهش سطح برگ، جذب نور کاهش و در نتیجه ظرفیت کل فتوسنتز کاهش می‌یابد و بنابراین تولید مادهٔ خشک کاهش می‌یابد (Fatima et al., 1999; Khalid, 2006; Alishah et al., 2006).

اثر سطوح آبیاری در سطح حتمال پنج درصد و سطوح نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده کل معنی‌دار بود، اما اثر متقابل تیمارها بر عملکرد زیست‌توده کل معنی‌دار نبود (جدول ۲). میزان عملکرد زیست‌توده کل (۱۵۳/۳ گرم بر مترمربع) در مدار آبیاری یک هفته حدود ۱۴/۶ درصد نسبت به آبیاری هر دو هفته (۱۳۳/۸ گرم بر مترمربع) افزایش نشان داد (جدول ۳). بیشترین زیست‌توده کل در سطح کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد و کمترین آن در سطح صفر به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین، کاربرد کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد زیست‌توده کل را به میزان ۱۹/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. زیست‌توده بالاتر به تأمین مواد غذایی بیشتر نیاز دارد و مصرف کود سرک نیتروژن اضافی بعد از هر بار برداشت (چین)، برای بهبود رشد ضروری است (Putievsky & Galambosi, 1999).

در بین تیمارهای آزمایش فقط سطوح کاربرد کود نیتروژن بر تعداد سنبله در بوته تأثیر معنی‌داری داشت و اثر سطوح آبیاری و اثر متقابل نیتروژن در آبیاری معنی‌دار نبود (جدول ۲). تعداد سنبله در بوته در تیمارهای صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن کمترین (۵/۳۷ و ۶/۳۷ سنبله در بوته) و در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین (۸/۸ و ۹/۳۳ سنبله در بوته) بود (جدول ۴)؛ به طوری که مصرف کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش تعداد سنبله در بوته به میزان ۷۳/۷ درصد نسبت به شاهد شد. احتمالا با توجه به تحریک رشد رویشی توسط کاربرد کود نیتروژن، میزان تولید شاخه جانبی در بوته افزایش یافته و در نهایت، به تولید شاخه‌های گل‌دهنده بیشتری منجر شده است. یوسف و همکاران (Youssef et al., 1998) در آزمایشی با هدف بررسی اثر نوع خاک و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و ترکیب شیمیایی بوته‌های ریحان از سه نوع خاک (رسی، آهکی و شنی) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۲، ۴ یا ۸ گرم در گلدان) استفاده نمودند. بوته‌هایی که چهار گرم نیتروژن در گلدان دریافت کردند، بالاترین ارتفاع بوته، بالاترین تعداد شاخه و تعداد گل‌آذین را در هر دو چین داشتند.

تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفت، اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۲). آبیاری با فاصله ۱۴ روز تعداد دانه در سنبله ریحان را نسبت به آبیاری به فاصله هفت روز به میزان ۲۱/۴ درصد کاهش داد و تعداد دانه در سنبله از ۷۲/۵ به ۵۹/۷ دانه کاهش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد

که کمبود آب باعث عدم تشکیل و تلقیح کامل گل‌ها شده و در نهایت تأثیر منفی بر تعداد دانه در سنبله گذاشت. در مطالعه‌ای کوکولو و دورانتی (Cuocolo & Duranti, 1982) نشان دادند که میانگین عملکرد بذر ریحان در کرت‌های آبیاری شده ۹۹۳ کیلوگرم در هکتار بود؛ درحالی‌که این مقدار در مورد کرت‌های خشک، به ۲۵۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت.

نتایج پژوهش حاضر، نشان داد که روند تغییرات تعداد سنبله در گیاه و تعداد دانه در سنبله عکس هم بودند. با افزایش میزان کود مصرفی تعداد دانه در سنبله کاهش معنی‌داری نشان داد؛ به طوری که بیشترین تعداد دانه در سنبله در عدم مصرف کود (شاهد) و کمترین آن در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۴). این نتایج احتمالاً حاکی از آن است که افزایش کاربرد کود باعث تحریک رشد رویشی، تعداد شاخه و سنبله در گیاه شد، ولی تلقیح و پرشدن گل‌های تشکیل شده جهت گیاه امکان‌پذیر نبوده، لذا تعداد دانه تشکیل شده در سطوح بالای نیتروژن کاهش یافت.

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که هیچکدام از سطوح عامل‌ها و اثر متقابل آنها بر وزن دانه تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). به طور کلی، نتایج نشان داد حاصل از تیمارهای آبیاری و کود بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد تأثیر معنی‌داری داشتند و در بین اجزای عملکرد، مهمترین جزء که بخش عمده عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد تعداد سنبله در بوته بود.

عملکرد و اجزای عملکرد رویشی

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که عملکرد برگ ریحان به شدت تحت تأثیر سطوح آبیاری و کود قرار گرفت، ولی اثر متقابل آنها روی عملکرد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۵). با افزایش دور آبیاری از یک هفته به دو هفته، عملکرد برگ ریحان از ۱۴۴/۴ به ۱۱۹ گرم در مترمربع کاهش یافت (جدول ۶) که این مقدار معادل ۲۱/۳ درصد کاهش بود. نتایج یک آزمایش نشان داد که با قرار گرفتن بوته‌ها در معرض تنش آبی حتی ملایم، سطح برگ و وزن خشک برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش آبی ملایم و متوسط (آبیاری هر ۴۸ و ۷۲ ساعت یک‌بار) باعث کاهش ۲۲ و ۴۱ درصدی وزن خشک برگ و کاهش ۲۳–۱۵ درصدی سطح برگ ریحان شد (Simon et al., 1992). حسنی و همکاران (Hassani et al., 2003) با نگهداری گلدان‌های محتوی ریحان در رطوبت‌های ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، نشان دادند که با کاهش مقدار رطوبت گلدان‌ها، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه، عملکرد، میزان نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ کاهش و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه، غلظت پرولین و قندهای محلول افزایش یافت.

با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن عملکرد برگ روند افزایشی نشان داد. عملکرد برگ از ۱۱۵/۱ گرم در متر مربع در تیمار شاهد به ۱۵۴ گرم در مترمربع در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن افزایش یافت. اما کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروزن نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد برگ ریحان نداشت (جدول ۷). آراباسی و بایرام (Arabaci & Bayram, 2004) در تحقیقی روی ریحان گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده تر (۴۱۹۷/۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد ماده خشک (۱۰۷۸/۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد برگ (۶۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر مربع و مصرف پنجاه کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. از طرف دیگر نتایج مطالعه تسی و همکاران (Tesi et al., 1995) نشان داد که ریحان در شرایط گلخانه نسبت به غلظت‌های بالای کود در آب آبیاری حساس بود. در سطح نیتروژن ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، سطح برگ در مقایسه با سطح نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۴۲ درصد کاهش یافت. تهامی (Tahami, 2010) نتیجه گرفت که کود شیمیایی اثر معنی‌داری بر صفات زایشی ریحان نسبت به شاهد نشان نداد در صورتی که کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار این صفات شدند.

تیمارهای آزمایش اعم از سطوح آبیاری، سطوح کود نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد ساقه ریحان تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول - های ۵، ۶ و ۷). به نظر می‌رسد که تیمار تنش آب اثر بیشتری بر عملکرد برگ و زیست‌توده رویشی گیاه نسبت به عملکرد ساقه داشته است؛ به‌طوری‌که تنش آب باعث کاهش عملکرد برگ و عملکرد رویشی گیاه شد، ولی بر عملکرد ساقه ریحان تأثیر منفی نداشت (جدول ۶). با این وجود، سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) مشاهده کردند که با تشدید کمبود آب (پتانسیل آب برگ ۱/۱۲– مگاپاسکال)، وزن خشک برگ و ساقه ریحان کاهش می‌یابد. اما تنش آبی ملایم (پتانسیل آب برگ ۰/۶۸– مگاپاسکال) اثر معنی‌داری بر روی سطح برگ نداشت.

عملکرد رویشی که حاصل جمع عملکرد برگ و ساقه است به شدت تحت تأثیر سطوح آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفت، ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۵). روند تغییرات عملکرد رویشی مشابه روند تغییرات عملکرد برگ بود. عملکرد زیست‌توده رویشی در آبیاری با فاصله هر یک هفته ۱۹۹/۶ گرم در مترمربع بود که با افزایش فاصله آبیاری به دو هفته به میزان ۱۴/۸ درصد کاهش یافت و به ۱۷۳/۹ گرم در مترمربع رسید (جدول ۶). همچنین روند افزایشی عملکرد رویشی با افزایش کاربرد کود نیتروژن مشابه با تغییرات عملکرد برگ بود. بیشترین عملکرد زیست‌توده رویشی در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن در تیمارهای شاهد و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۷).

جدول ۵ – نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و نیتروژن بر عملکرد رویشی ریحان

Table 5- Mean squares for the effect of irrigation and nitrogen on vegetative yield of basil

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	عملکرد برگ Leaf yield	عملکرد ساقه Stem yield	زیست‌توده کل رویشی Total vegetative biomass	نسبت برگ به ساقه Leaf/ Stem ratio
تکرار Replication	2	32.64	119.26	173.72	0.222
آبیاری A (Irrigation)	1	3883.67 **	0.37^{ns}	3960.4**	1.080^{ns}
خطای اصلی Main Error	2	27.39	88.93	21.922	0.270
نیتروژن B (Nitrogen)	3	1875.83**	15.72^{ns}	2073.9**	0.462**
آبیاری × نیتروژن A*B	3	114.66^{ns}	68.81^{ns}	237.1^{ns}	0.123^{ns}
خطای فرعی Sub error	12	69.68	9.66	83.33	0.051

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

**: shows significantly different at the 1% probability level, and ns shows not significantly different.

جدول ٦ – اثر سطوح آبیاری برعملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان

Table 6- Effect of irrigation levels on vegetative yield of basil

سطوح آبیاری Irrigation levels	عملکرد ساقه (گرم در مترمربع) Stem yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد برگ (گرم در مترمربع) Leaf yield ($g. m^{-2}$)	زیست‌توده کل رویشی (گرم در مترمربع) Vegetative biomass ($g.m^{-2}$)	نسبت برگ به ساقه Leaf/ Stem ratio
7 days	55.17 a*	144.4 a	199.6 a	2.63 a
14 days	54.93 a	119.0 b	173.9 b	2.20 a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون F به لحاظ آماری معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using F Test.

جدول ۷ – اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان

Table 7- Effect of nitrogen levels on vegetative yield of basil

سطوح نیتروژن Nitrogen levels ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ساقه (گرم در مترمربع) Stem yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد برگ (گرم در مترمربع) Leaf yield ($g.m^{-2}$)	نسبت برگ به ساقه Leaf/ Stem ratio	زیست‌توده کل رویشی (گرم در مترمربع) Vegetative biomass ($g.m^{-2}$)
0	55.17 a*	115.1 c	2.12 b	170.3 c
50	54.32 a	120.1 c	2.25 b	174.4 c
100	53.47 a	137.6 b	2.60 a	191.0 b
150	57.25 a	154.0 a	2.70 a	211.2 a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

حسنی و همکاران (Hassani et al., 2003) گزارش کردند که با کاهش مقدار رطوبت گلدان‌ها، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی کاهش یافت. همچنین رفئت و صالح (Refaat & Saleh, 1997) اظهار داشتند که با افزایش فاصله بین نوبت‌های آبیاری (در فواصل ۷، ۱۴ یا ۲۸ روز) رشد ریحان کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد اگرچه افزایش فاصله آبیاری تا ۱۴ روز سبب کاهش عملکرد شد، اما با توجه به این‌که در این تیمار نیز ریحان از رشد نسبتاً خوبی برخوردار بود می‌توان گفت این گیاه تا حدودی مقاوم به خشکی است. عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین دور آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و سایر ویژگی‌ها می‌تواند ناشی از کمبود

شدید نیتروژن خاک و همچنین سازگاری ریحان به خشکی در این آزمایش باشد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، دور آبیاری و میزان مصرف نیتروژن اثرات معنی‌داری بر اغلب صفات رویشی و زایشی ریحان داشتند. با توجه به این که بیشترین درصد اسانس ریحان در برگ‌ها وجود دارد (Gang et al. 2001)، لذا به جهت افزایش معنی‌دار عملکرد برگ در دور آبیاری هفت روز به نظر می‌رسد این تیمار برتری کاملی نسبت به سطح دیگر آبیاری دارد.

منابع

1. Alishah, H.M., Heidari, R., Hassani, A., and Dizaji, A. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Biological Sciences 6(4): 763-767.
2. Arabaci, D., and Bayram, E. 2004. The Effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (basil). Journal of Agronomy 3(4): 255-62.
3. Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanil, M., and Rezaii, M.Z. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavor and Fragrance Journal 17: 275-277.
4. Cuocolo, L., and Duranti, A. 1982. The effects of irrigation and nitrogen fertilizing on the seed yield of basil, cv. Fino Genovese. Rivista di Agronomia 16(2): 117-122.
5. Fatima, S., Farooqi, A.H.A., Ansari, S.R., and Sharma, S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon marlini* (palmarosa) cultivars. Journal Essential Oil Research 11: 491-496.
6. Gang, D.R., Wang, J., Dudareva, N., Nam, K.H., Simon, J.E., and Pishersky, E. 2001. Investigation of the storage and biosynthesis of phenyl propones in sweet basil. Plant Physiology 125: 539-555
7. Ghanbari, F., Nadjafi, S., Shabahang, S., and Ghanbari, A. 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield components and seed quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Asian Journal of Plant Science 6:1072-1079.
8. Hassani, A., Omidbeygi, R., and Heydari Sharifabad, H. 2003. Influence of different soil moisture levels on growth, yield and metabolites of Basil. Journal of Water and Soil Science 17:218-227. (In Persian)
9. Hendawy, S.F., and Khalid, K.A. 2005. Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. Journal of Applied Science Research 1(2): 147-155.
10. Kazemi. S., Farahi Asstiani, S., and Sharifi Ashorabadi, A. 2004. Effect of different levels nitrogen fertilizer on seed yield components of *Cuminum ciminum* L., Proceeding of 8th Iranian Congress of Crop Sciences. (In Persian)
11. Khalid, A.K., Hendawy, S.F., and Swafey Hend, E. 2006. *Ocimum basilicom* L. production under organic farming. Research Journal of Agricultural and Biological Sciences 2: 25-32.
12. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Azizi, G. 2006. The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foenicolum vulgare* L.) landraces. Iranian Journal of Field Crops Research 4:131-140. (In Persian with English Summary)
13. Misra, A., and Srivastava, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of herbs, spices and medicinal plants 7(1): 51-58.
14. Nadjafi, F. 2001. The effect of different irrigation regimes and plant density on quantity and quality of *Plantago ovata* MSc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
15. Omidbeygi, R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plants. Vol.I. Behnashr Press. Mashhad, Iran. ISBN 9789640208274. (In Persian)
16. Putievsky, E., and Galambosi, B. 1999. Basil (The Genus *Ocimum*). Medicinal and Aromatic plants- Industrial Profiles. Harwood Academic Press p. 39-41.
17. Rafaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.
18. Rizzalli, R.H., Villalobos, F.J., and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation-use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy 18: 33-43.
19. Sadeghi, S., Rahnavard, A., and Ashrafi, Z.Y. 2009. The effect of plant-density and sowing-date on yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) In Iran. Journal of Agricultural Technology 5(2): 413-422.
20. Sifola, M.I., and Barbieri, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae 108:408-413.
21. Simon, J.E., Reiss, B.D., Joly, R.J., and Charles, D.J. 1992. Water stress induced alternations in essential oil content of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 1: 71-75.
22. Tahami, M.K. 2010. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and essential oil of basil (*Ocimum basilicom* L.). MSc Thesis in Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23. Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G., and Avci, B. 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). Biological Systematics and Ecology 34: 489-497.
24. Tesi, R., Chisci, G., Nencini, A., Tallarico, R., and Svoboda, K.P. 1995. Growth response to fertilization of sweet

basil (*Ocimum basilicum* L.). Acta Horticulturae 390: 93-96.
25. Youssef, A.A., Talaat, I.M., and Omer, E.A. 1998. Physiological response of basil green ruffles (*Ocimum basilicum* L.) to nitrogen fertilization in different soil types. Egyptian Journal of Horticulture 25(2): 253-269.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۶۲-۳۵۰

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 350-362

اثر ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بر عملکرد رویشی و اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

علیرضا رضایی مودب[۱]، سید محسن نبوی کلات[۲*] و رضا صدرآبادی حقیقی[۳]

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

چکیده

به‌منظور مطالعه اثرات ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بر عملکرد رویشی و اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. تیمار های آزمایش شامل ۱- ورمی‌کمپوست، ۲- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، ۳- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp.)، ۴- ورمی-کمپوست+ نیتروکسین، ۵- ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر، ۶- نیتروکسین+ بیوفسفر، ۷- ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر، ۸- کود شیمیایی (N.P.K) و ۹- شاهد (بدون کود) بودند. در طی فصل رشد دو چین در مرحله رشدی یکسان برداشت شد. نتایج آزمایش حاکی از برتری معنی‌دار ترکیب‌های کودی زیستی و ورمی‌ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و شیمیایی در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده در هردو چین بود. در چین اول بیشترین عملکرد تازه (۱۱۳۷۷/۸ کیلوگرم در هکتار) و خشک (۱۸۹۵/۶ کیلوگرم در هکتار) در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر مشاهده شد و تیمارهای ورمی کمپوست+ نیتروکسین و ورمی کمپوست+ بیوفسفر بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد خشک برگ (به ترتیب ۱۱۶۴/۷ و ۱۱۶۶/۸ کیلوگرم در هکتار) داشتند. در چین دوم بیشترین عملکرد تازه کل اندام هوایی (۱۱۳۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در گیاهان تحت تیمار ورمی+ نیتروکسین+ بیوفسفر، و بیشترین عملکرد خشک کل اندام هوایی و عملکرد خشک برگ (به ترتیب ۲۰۱۷/۸ و ۱۱۰۳/۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین مشاهده شد. بیشترین درصد اسانس در هر دو چین در گیاهان تحت تیمار شاهد (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۲۳ درصد در چین اول و دوم) حاصل شد. بر اساس نتایج این مطالعه، ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر تاثیری در افزایش درصد اسانس نداشتند، ولی عملکرد رویشی را افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفر، درصد اسانس، عملکرد خشک، کشاورزی پایدار، نیتروکسین

مقدمه

تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح و مصرف زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید و بازدهی کم، پیامدهای منفی زیست محیطی را به همراه داشته است. مطالعات بلندمدت نشان داده است که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد که این کاهش نتیجه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای NPK می‌باشد (Adediran et al., 2004). در بسیاری از موارد، کاربرد کودهای شیمیایی موجب آلودگی‌های زیست محیطی و صدمات اکولوژیکی شده است که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghost & Bahat, 1998). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت را نیز به دنبال داشته باشد (Murty & Ladha, 1988).

به‌منظور بهبود بخشیدن خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک، استفاده از مواد آلی مثل کمپوست و ورمی‌کمپوست و کاربرد میکروارگانیسم‌های تحریک‌کننده رشد گیاه مناسب ارزیابی می‌شوند. استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیشترین سازگاری را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود (Ghost & Bahat, 1998).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: sm_nabavikalat@yahoo.com)

ورمی‌کمپوست دارای موادی مانند هورمون‌های رشد گیاهی و آنزیم‌هایی است که موجب افزایش جامعه میکروبی خاک، و نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌ای طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط، می‌گردد (Padmavathiamma et al., 2008). ورمی‌کمپوست حاصل یک فرآیند هوازی است که در نتیجه تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (Atiyeh et al., 2000). خاک‌های حاوی ورمی‌کمپوست معمولاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری نسبت به خاک‌های فاقد آن دارند. ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتأمین‌های بوده و به‌عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است (Martin et al., 1997). همچنین ورمی‌کمپوست ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک را نیز افزایش می‌دهد و از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند. از طرفی، ورمی‌کمپوست موجب بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود (Dorzi & Hajseyedhadi, 2003; Gali et al., 1990).

استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی از جمله ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[1] می‌تواند به روش‌های مختلفی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان شود (Vessey, 2003). این گروه از باکتری‌ها از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفر و پتاسیم، افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک، مهار عوامل بیماری‌زا و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Fatma et al., 2008). از جمله مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.)، *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum* sp.) و *سودوموناس* (*Pseudomonas* sp.) می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک کننده رشد به خصوص انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Vessey, 2003; Zahir et al., 2004).

توجه عمده به کشت و توسعه گیاهان دارویی در سطح جهان از اواسط دهه ۱۹۸۰ آغاز و موجب شد که تقاضای جهانی این محصولات به طور فزاینده‌ای افزایش یابد. سپس در کشورهای مختلف تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاشت، داشت و برداشت این دسته از گیاهان شروع شده و سطوح وسیعی از زمین‌های زراعی به کشت این گیاهان اختصاص یافت (Telci et al., 2006).

گونه ریحان معمولی (*Ocimum bacilicum* L.) مهم‌ترین گونه اقتصادی جنس *Ocimum* محسوب می‌شود و تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و مصرف می‌شود. ریحان دارای سابقه کشت ۳۰۰۰ ساله بوده و از دیرباز توسط مردم آسیا و اروپا در مراسم سنتی و مذهبی به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده شده است. منشاء ریحان ایران، افغانستان و هند گزارش شده است. ریحان در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده و از برگ‌ها و اسانس آن برای معالجه برخی بیماری‌ها مانند سردرد، سرماخوردگی، اسهال و نارسایی کلیه استفاده می‌شود. مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه اشتهاآور است و برای درمان نفخ، تقویت دستگاه گوارش و تسکین حس خستگی استفاده می‌شود. از این گیاه برای معالجه برخی ناراحتی‌های قلبی و همچنین برای مداوای بزرگی طحال می‌توان استفاده کرد (Omidbaigi, 1997).

با توجه به اهمیت و جایگاه ریحان به عنوان یک گیاه دارویی و نیز مطالعه واکنش‌های رشدی و عملکرد این گیاه به کودهای زیستی و آلی، این آزمایش با هدف ارائه روشی جایگزین برای مصرف کودهای شیمیایی در تولید ریحان و بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و ریزوباکترهای تحریک کننده رشد بر میزان مواد مؤثره، عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در شهر مشهد با طول جغرافیایی ۵۹°/۳۷ و عرض جغرافیایی ۳۶°/۱۹ در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۹ تیمار کودی مختلف و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- ورمی کمپوست، ۲- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، ۳- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp.)، ۴- ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین، ۵- ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر، ۶- نیتروکسین+ بیوفسفر، ۷- ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر، ۸- کود شیمیایی (N.P.K به ترتیب ۶۰، ۶۰، و ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) و ۹- شاهد (بدون کود) بود. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و جهت تجزیه خاک به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ آمده است. همچنین میزان نیتروژن، فسفر و پتاس موجود در ورمی‌کمپوست مورد استفاده تعیین شد (جدول ۲). مقدار مورد نیاز ورمی‌کمپوست، جهت اضافه کردن به خاک بر اساس درصد نیتروژن و نیتروژن موجود در خاک مقدار هفت تن در هکتار برآورد شد.

تعداد ساقه فرعی در بوته

از نتیجه مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تعداد ساقه فرعی در بوته در کلیه گیاهان تحت تیمارهای کود زیستی (بجز تیمار بیوفسفر که در چین دوم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت)، با اختلاف معنی‌داری بیش از تیمار شاهد بود.

1-Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش
Table 1- Soil physical and chemical properties in experimental site

بافت خاک Soil texture	نیتروژن (ppm) Nitrogen (ppm)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	اسیدیته PH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی– سیلت Loamy- Silt	15.5	13.7	119	7.47	1.2

جدول ۲- مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در ورمی کمپوست
Table 2- Amount of nitrogen, phosphorus and potassium in vermicompost

	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.4	1.5	1.2

بیشترین تعداد ساقه فرعی (۱۵ ساقه) در چین اول در تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر به‌دست آمد، هرچند که تفاوت آن با دو تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست با نیتروکسین و ورمی‌کمپوست با بیوفسفر معنی‌دار نبود (جدول ۵). در هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول پنج متر و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. بنابراین، ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۵ متر مربع بود. حدود یک ماه قبل از کاشت تیمار ورمی‌کمپوست به مقدار در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه شد و به وسیله بیل دستی تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر اعمال شد. کود فسفر از منبع فسفات آمونیم و کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم تأمین شد. کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره نیز به صورت سرک در دو مرحله، نیمی در ابتدای کاشت، همزمان با کاربرد کودهای دیگر و نیمی دیگر بعد از برداشت چین اول به کرت‌های مربوطه اضافه شد. تلقیح بذور با کودهای زیستی به روش استاندارد (Kennedy et al., 2004) و نیز رعایت توصیه‌های شرکت تولید کننده، بلافاصله قبل از کشت انجام شد. بذور ریحان که از توده بومی مشهد انتخاب شده بودند در هر کرت به فاصله شش سانتی‌متر روی ردیف و به عمق ۲-۱ سانتی‌متر در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ کاشته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفته یک بار به صورت جداگانه برای هر کرت انجام گرفت. حدود ۱۴ روز پس از کاشت بیش از ۸۰ درصد بوته‌های هر کرت سبز شدند. به‌منظور حصول تراکم مناسب، گیاه در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی در دو نوبت انجام گرفت. در طول انجام آزمایش از هیچ‌گونه سم و آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد.

قبل از برداشت نهایی تعداد سه بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی بوته، وزن تر و خشک برگ و کل اندام‌های هوایی بوته اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد. و از سطح باقی‌مانده به مساحت هشت متر مربع برداشت محصول انجام و عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه و عملکرد برگ خشک تعیین شد. برداشت در هر دو چین در مرحله رشدی یکسان و زمانی که گیاهان در ۱۰ درصد گلدهی بودند انجام شد. ۵۰ گرم برگ خشک شده از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد (هر نمونه ابتدا کمی خرد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه و سپس به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد) و در نهایت، مقدار و درصد اسانس برگ ریحان تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار MS-Excel Ver. 11 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار در چین اول بر تمامی صفات و در چین دوم نیز بر تمام صفات جز درصد اسانس در معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول‌های ۳ و ۴).

در چین دوم هم بیشترین تعداد ساقه (۱۴ ساقه) در تیمار ورمی‌کمپوست به‌همراه نیتروکسین و بیوفسفر و تیمار ورمی‌کمپوست+نیتروکسین حاصل شد (جدول ۶). همچنین تیمارهای کود زیستی به‌کار رفته در آزمایش باعث تأثیر مثبت بیشتری نسبت به کاربرد کود شیمیایی در افزایش تعداد ساقه فرعی بوته شد که این

تأثیر به‌خصوص در چین اول در اکثر موارد معنی‌دار بود (جدول ۵).

تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد گیاه و در پی آن افزایش تعداد ساقه‌های فرعی گیاه است. تیمارهای کود آلی و زیستی با تأمین تدریجی عناصر غذایی تا حد زیادی باعث افزایش تعداد ساقه‌های فرعی گیاه شدند. تهامی زرندی (Tahami-Zarandi, 2000) گزارش کرد که استفاده از کودهای آلی و زیستی باعث افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در گیاه ریحان نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد شد. در تحقیقی مشاهده شد که استفاده از کمپوست و ورمی‌کمپوست در گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته شد (Atiyeh et al., 2000). همچنین تأثیر انواع کودهای آلی و زیستی در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) معنی‌دار گزارش شده است (Moradi, 2004).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ریحان (چین اول)

Table 3- Analysis of variance measured traits in basil (first cutting)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع Height	تعداد ساقه فرعی lateral branches number	وزن تر گیاه Plant fresh weight	وزن خشک گیاه Plant dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight
بلوک Block	2	29.75*	3.11**	90.1**	11.92**	32.94**
تیمار Treatment	8	56.04**	8.91**	167.21**	6.14**	32.7**
خطا Error	16	6.21	0.444	13.15	0.393	2.01
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.38	5.8	13.97	14.44	9.39

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

* and **: are Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- (ادامه)

Table 3- (Continue)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد تازه Fresh yield	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	عملکرد برگ Leaf yield	محتوی اسانس (٪) Essential oil content (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	1.36**	7161568**	141411.8**	34077.5ns	0.063**	2.39*
تیمار Treatment	8	2.23**	7975205.9**	122895.9**	55055.2**	0.114**	15.61**
خطا Error	16	0.084	702617.8	20049.5	10551.8	0.003	0.649
ضریب تغییرات (٪) C.V(%)	-	17.38	9.47	8.85	10.7	6.8	9.19

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده ریحان (چین دوم)

Table 4- Analysis of variance measured traits in basil (Second cutting)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع Height	تعداد ساقه فرعی lateral branches number	وزن تر گیاه Plant fresh weight	وزن خشک گیاه Plant dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight
بلوک Block	2	53.85*	3.81**	368.56**	25.09**	72.83*
تیمار Treatment	8	76.98**	4.31**	1366.55**	24.67**	256**
خطا Error	16	8.73	0.444	48.75	1.46	18.9
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.01	5.8	11.51	11.35	14.69

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are Significant at 5and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- (ادامه)

Table 4- (Continue)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد تازه Fresh yield	عملکرد خشک Dry yield	عملکرد برگ Leaf yield	محتوی اسانس (٪) Essential oil content (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	3.13**	4147324**	42326.1ns	8176.6ns	0.02ns	0.46ns
تیمار Treatment	8	5.26**	7964951.1**	132111**	33608.5**	0.11ns	7.07**
خطا Error	16	0.289	156176.1	16244.4	6810.3	0.006	0.774
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	10.5	4.2	7.3	9.18	9.15	10.93

ns غیر معنی دار، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: are non significant and Significant at 1% probability level, respectively.

ارتفاع بوته

بین تیمارهای مختلف در هر دو چین برداشت شده، از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در چین اول بیشترین ارتفاع بوته (۳۴/۸ سانتی‌متر) در گیاهان تحت تیمار ترکیب سه کود ورمی‌کمپوست به علاوه بیوفسفر و نیتروکسین حاصل شد که علاوه بر تیمارهای کود شیمیایی و شاهد با تیمارهای نیتروکسین و بیوفسفر نیز اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). در چین دوم بیشترین ارتفاع بوته (۴۳/۱ سانتی‌متر) در تیمار نیتروکسین به‌علاوه ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با دیگر تیمارها، به جز تیمارهایی که در آنها ورمی‌کمپوست به‌کار رفته بود اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۶).

در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در پی آن افزایش ارتفاع بوته شود. به نظر می‌رسد که در این آزمایش تیمارهایی که در آنها ورمی‌کمپوست وجود داشت بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع بوته داشتند که با توجه به قابلیت‌های این کود از جمله بهبود تغذیه گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک تا حد زیادی توجیه‌پذیر می‌باشد، چرا که کاربرد کمپوست در مقادیر بهینه، رشد گیاه و همچنین مقدار عناصر غذایی پتاسیم و احتمالاً گوگرد را در خاک بهبود می‌بخشد (Ouedraogo et al., 2001).

جدول ۵- مقایسه میانگین های برخی صفات ریحان در تیمارهای مختلف کودی (چین اول)

Table 5- Mean comparisons of basil traits in various treatment of fertilizer (First cutting)

وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن خشک گیاه (گرم) Plant dry weight (g)	وزن تر گیاه (گرم) Plant fresh weight (g)	تعداد ساقه فرعی Lateral branches number	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تیمار Treatment
2.28cd	14.68c	4.16cde	25.32cd	13.6b	31.2ab*	ورمی‌کمپوست Vermicompost
2.74bc	13.5cde	4.24cde	23.76cd	13.6b	28.8bc	نیتروکسین Nitroxin
2.02d	11.56e	3.6de	21.08d	12c	24.7cd	بیوفسفر Biophosphorus
3.74a	18.01ab	5.92ab	34.7ab	14.6ab	34ab	ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین Vermicompost+ Nitroxin
3.24ab	15.28c	4.87bc	29.5bc	14.3ab	32.3ab	ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر Vermicompost+ Biophosphorus
2.58c	15.66bc	4.66cd	29.83bc	13.6b	32.5ab	نیتروکسین+ بیوفسفر Nitroxin+ Biophosphorus
3.57a	19.18a	6.56a	36.57a	15a	34.8a	ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر Vermicompost+Nitroxin+ Biophosphorus
2.02d	12.42de	3.34e	19.26de	11cd	26.3cd	شیمیایی Chemicals
1.01e	8.38f	1.69f	13.49e	10d	22.6d	شاهد Control

* در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, means which followed by the same letters, are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

جدول ۵- (ادامه)

Table 5- (Continue)

تیمار Treatment	عملکرد تازه (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})	عملکرد برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (٪) Essential oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})
ورمی کمپوست Vermicompost	8766.7bc	1620bcd	889.9bc	1.03bc	9.12b
نیتروکسین Nitroxin	8122.2c	1484.4cde	959.2bc	0.7e	6.59c
بیوفسفر Biophosphorus	7584.4cd	1404.4de	798.6c	0.7e	5.39c
ورمی کمپوست+ نیتروکسین Vermicompost+ Nitroxin	10911.1a	1844.4ab	1164.7a	0.94cd	11.03a
ورمی کمپوست+ بیوفسفر Vermicompost+ Biophosphorus	9888.9ab	1753.3abc	1166.8a	0.9d	10.55ab
نیتروکسین+ بیوفسفر Nitroxin+ Biophosphorus	8555.6bc	1586.7bcd	879.5bc	0.64e	5.55c
ورمی کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر Vermicompost+ Nitroxin+ Biophosphorus	11377.8a	1895.6a	1032.4ab	1.04bc	10.77a
شیمیایی Chemicals	8133.3c	1517.8cde	916.1bc	1.06b	9.79ab
شاهد Control	6240d	1286.7e	839.3bc	1.2a	10.09ab

در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن معنی دار نمی باشند.

In each column, means which followed by the same letters, are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های برخی صفات ریحان در تیمارهای مختلف کودی (چین دوم)

Table 6- Mean comparisons of basil traits in various treatment of fertilizer (Second cutting)

وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن خشک گیاه (گرم) Plant dry weight (g)	وزن تر گیاه (گرم) Plant fresh weight (g)	تعداد ساقه فرعی Lateral branches number	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تیمار Treatment
5.7bc	33.72bc	10.61cd	65.57b	12.3bc	40.2abc*	ورمی کمپوست Vermicompost
4.91cd	21.26e	9.41de	45.78c	11.6bc	36cd	نیتروکسین Nitroxin
4.24d	21.83e	8.2e	43.44c	11.3cd	32.3cde	بیوفسفر Biophosphorus
7.55a	41.37ab	13.8ab	86.64a	14a	43.1a	ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین Vermicompost+ nitroxin
6.08b	33.73bc	11.91bc	74.29b	12.6b	39.7abc	ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر Vermicompost+ Biophosphorus
6.12b	30.25cd	12.69abc	65.04b	12.3bc	37.4bcd	نیتروکسین+ بیوفسفر Nitroxin+ Biophosphorus
6.61b	43.52a	14.75a	91.57a	14a	42.2ab	ورمی کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر Vermicompost+nitroxin+ Biophosphorus
4.58d	22.91de	8.41de	43.98c	11.6bc	32.4de	شیمیایی Chemicals
3.25e	17.71e	6.09f	29.22d	10.3d	28.2e	شاهد Control

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, means which followed by the same letters, are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

جدول -٦ (ادامه)

Table 6- (Continue)

تیمار Treatment	عملکرد تازه (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})	عملکرد برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (٪) Essential oil content (%)	عملکرد اسانس(کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})
ورمی کمپوست Vermicompost	9766.7c*	1760bcd	945.3b	0.91cd	8.57a
نیتروکسین Nitroxin	8733.3d	1646.7cd	859.4bc	0.74ef	6.38b
بیوفسفر Biophosphorus	7822.2e	1602.2d	892.2bc	0.686f	5.68b
ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین Vermicompost+ Nitroxin	11055.6ab	2017.8a	1103.4a	0.86de	6.46a
ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر Vermicompost+ Biophosphorus	10500b	1900ab	970.7ab	0.87de	8.44a
نیتروکسین+ بیوفسفر Nitroxin+ Biophosphorus	10411.1bc	1860abc	896.9b	0.68f	6.18b
ورمی کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر Vermicompost+ Nitroxin+ Biophosphorus	11333.3a	1942.2ab	870.7b	1.12ab	9.73a
شیمیایی Chemicals	8440de	1640cd	892.2b	1.02bc	9.13a
شاهد Control	6477.8f	1344.4e	716.6c	1.23a	8.82a

* در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, means which followed by the same letters, are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

بنابراین، کود ورمی کمپوست نسبت به سایر تیمارها ارتفاع ریحان را بیشتر تحت تأثیر قرار داد. خندان (Khandan, 2004) افزایش ارتفاع بوته اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) را در نتیجه استفاده از کمپوست نشان داد. در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی ریحان، کاربرد توأم کودهای نیتروژنه آلی و معدنی، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه نسبت به کاربرد کودهای معدنی به‌تنهایی شد (Kandeel et al., 2002). عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2007) نیز گزارش کردند که سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوته گیاه ریحان که فقط برای رشد رویشی کشت شده بود، اثر معنی‌دار داشت. تهامی زرندی (Tahami-Zarandi, 2000) با کاربرد کودهای آلی و زیستی در ریحان مشاهده کرد که ارتفاع بوته در کلیه گیاهان تحت تیمارهای کود آلی و زیستی (به‌جز تیمار کمپوست که با تیمار شیمیایی اختلاف معنی‌داری نداشت)، با اختلاف معنی‌داری بیش از تیمارهای کود شیمیایی و شاهد بود. همچنین بیشترین ارتفاع بوته در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد.

وزن تر و خشک برگ و کل اندام‌های هوایی تک‌بوته

نتایج مقایسه میانگین حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها از لحاظ صفات وزن تر و خشک برگ در بوته و وزن تر و خشک کل اندام هوایی تک‌بوته، در هر دو چین بود (جدول‌های ۵ و۶). در دو چین برداشت شده، تیمار شاهد از نظر این صفات کمترین مقدار را در بین تیمارها داشت. در چین اول بیشترین وزن تر و خشک کل اندام هوایی، گیاهان (به ترتیب ۳۶/۷۵ و ۶/۵۶ گرم) تحت تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر به‌دست آمد که با دیگر تیمارها به جز تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین اختلاف معنی‌دار داشت. از لحاظ وزن تر و خشک برگ هر گیاه نیز کاربرد ترکیب کودهای سه‌گانه ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر، باعث تولید بیشترین مقدار شد که با اغلب تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). مانند چین اول، در چین دوم نیز بیشترین وزن تر و خشک کل اندام هوایی هر گیاه (به ترتیب ۹۱/۵۷ و ۱۴/۷۵ گرم) و نیز وزن تر برگ (۴۳/۵۲ گرم) با کاربرد توأم سه کود ورمی‌کمپوست، نیتروکسین و بیوفسفر حاصل شد، اما از نظر وزن خشک برگ، تیمار ورمی‌کمپوست به‌علاوه نیتروکسین که از لحاظ صفات یاد شده دیگر اختلافی با تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر نداشت، دارای بیشترین مقدار (۷/۵۵ گرم) بود (جدول ۶). از نکات حائز اهمیت، افزایش معنی‌دار مقادیر وزن تر و خشک برگ و کل اندام هوایی تک بوته در اغلب تیمارهای دو چین برداشت شده، نسبت به تیمار کود شیمیایی بود.

به نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبات کودی سه‌گانه و دو گانه به نوعی باعث اثرات هم‌افزایی مثبت در گیاه شده و تا حد زیادی خصوصیات رشدی مطلوبی را برای گیاه بوجود آورد. کودهای آلی و زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، بهبود ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای گیاه با بهبود ساختار خاک و افزایش خلل و فرج خاک، تولید هورمون‌های گیاهی بوسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه می‌شوند (Fatma et al., 2008). کودهای آلی با دارا بودن بخشی از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاه، و به مقدار کمتری ریزمغذی‌ها، خاک را در درازمدت در جهت تعادل پیش خواهند برد. در این زمینه گزارشاتی از تحقیقات مشابه وجود دارد که به نوعی تائید-کننده این مطلب می باشند. به‌طور مثال، فلاحی (Fallahi, 2004) اثر مثبت کودهای دامی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی بابونه (*Chamaemelum nobile* L.)، دلات (Delate, 2000) افزایش وزن خشک گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در اثر کاربرد کمپوست وآرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.) با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست را گزارش کرده‌اند.

عملکرد تر و خشک کل اندام‌های هوایی و عملکرد خشک برگ

نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها از لحاظ عملکرد تر و خشک کل اندام‌های هوایی و عملکرد خشک برگ بود (جدول‌های ۵ و ۶). در چین اول گیاهان تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر، بیشترین عملکرد وزن تازه (۱۱۳۷۷/۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد خشک (۱۸۹۵/۶ کیلوگرم در هکتار) کل اندام هوایی را تولید کردند، هر چند تفاوت آنها با تیمارهای ورمی-کمپوست+ نیتروکسین و ورمی‌کمپوست+ بیوفسفر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در چین دوم بیشترین عملکرد تر (۱۱۳۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ورمی‌کمپوست+نیتروکسین+بیوفسفر حاصل شد (بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین)، اما بیشترین عملکرد خشک برگ (۱۱۰۳/۴ کیلو گرم در هکتار) و کل اندام هوایی (۲۰۱۷/۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین مشاهده شد (جدول ۶). با دقت در نتایج می‌توان دریافت که کاربرد کود شیمیایی و نیز کاربرد جداگانه هرکدام از کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر به مراتب کمتری در افزایش صفات رشدی ریحان داشت و حتی در برخی موارد اختلاف این تیمارها با شاهد معنی‌دار نبود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، یکی از دلایل این موضوع می‌تواند ناشی از اثرات هم‌افزایی کاربرد ترکیبی کودهای مختلف باشد. در نتیجه کاربرد توأم کودهای نیتروکسین و بیوفسفر

احتمالاً گیاه از لحاظ نیتروژن و فسفر که دو عنصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشند در وضعیت مطلوبی قرار گرفت و هنگامی‌که ورمی-کمپوست که خود حاوی درصد بالایی از عناصر غذایی می باشد و می‌تواند باعث تأثیرات مثبت فیزیکی و بیولوژیکی روی خاک شود (افزایش خلل و فرج و ظرفیت نگهداری آب خاک، افزایش فعالیت میکروبی خاک)، با این دو کود زیستی ترکیب شود، گیاه از لحاظ تغذیه‌ای و بستر رشد در وضعیت مناسبی قرار خواهد گرفت.

افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تقویت فعالیت‌های شبه هورمونی گیاه، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه و به‌طور کلی، بهبود ساختار شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی بستر کاشت، از جمله دلایل متعددی است که محققین با استناد به آنها برتری کودهای آلی و زیستی در افزایش عملکرد گیاهان را مورد تأیید قرار داده‌اند (Khalid et al., 2006). سیفولاو باربیری (Sifola & Barbieri, 2006) افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه ریحان در نتیجه کاربرد ترکیب کودهای آلی با کودهای نیتروژنه معدنی را گزارش کردند.

عدم تأثیر قابل ملاحظه کود شیمیایی بر عملکرد گیاه می‌تواند به این علت باشد که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی بیشتر در معرض تصعید و آبشویی قرار دارد. نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی به‌صورت معدنی است و تحت شرایط مناسب خاک در معرض فرآیند نیترات‌سازی قرار می‌گیرد و به اعماق پایین‌تر خاک انتقال می یابد، در حالی‌که این واکنش در تیمارهای کود دامی آهسته‌تر صورت می‌گیرد (Kolata et al., 1992). همچنین برخلاف کودهای آلی، کود شیمیایی هیچ تأثیر مثبتی بر وزن مخصوص ظاهری خاک نمی‌گذارد. در آزمایشی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria Chamomllia* L.) شد (Azizi et al., 2008). فاتما و همکاران (Fatma et al., 2008) دریافتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و کمپوست به‌ویژه به‌صورت مخلوط با یکدیگر نسبت به کاربرد کود شیمیایی، باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) شد.

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس عدم اختلاف معنی‌دار تیمارها در چین دوم از نظر درصد اسانس را نشان داد (جدول ۴). اما نتایج مقایسه میانگین حاکی از تفاوت معنی‌دار تیمارها از نظر درصد اسانس در هر دو چین برداشت شده بود (جدول‌های ۵ و ۶). در هر دو چین، گیاهان تحت تیمار شاهد که از نظر عملکرد، کمترین مقدار را دارا بودند، بیشترین درصد اسانس (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۲۳ درصد) را تولید کردند. همچنین کمترین درصد اسانس نیز در هر دو چین در تیمارهای کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و نیز ترکیب نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). از نتایج چنین برمی‌آید که بین عملکرد برگ خشک و درصد اسانس همبستگی معکوس وجود دارد، بدین صورت که هرچه عملکرد برگ در واحد سطح افزایش یافت از درصد اسانس آن کاسته شد. تیمار شاهد با داشتن کمترین عملکرد برگ در هکتار دارای بیشترین درصد اسانس بود. نتایج مشابه از آزمایش تهامی زرندی (Tahami-Zarandi, 2000) روی گیاه ریحان و مرادی (Moradi, 2004) در گیاه رازیانه گزارش شده است. نکته دیگر این است که تیمارهای استفاده توأم از نیتروکسین، بیوفسفر و ورمی‌کمپوست و نیز دیگر تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست با وجود این‌که بیشترین عملکردها را شامل می‌شدند، دارای درصد اسانس بالایی نیز بودند که این نشانه تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش اسانس ریحان بود. در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش درصد اسانس گیاهان دارویی می شوند (Amin, 1997; Atiyeh et al., 2000) وجود بیشترین درصد اسانس در تیمار شاهد، که دارای کمترین عملکرد برگ بود، می‌تواند ناشی از افزایش متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس تحت شرایط تنش مانند کمبود عناصر غذایی باشد، زیرا تیمارهای کود آلی با قابلیت نگهداری بیشتر آب در خاک و فراهم آوردن عناصر غذایی از مواجه گیاه با تنش، به‌خصوص تنش کم آبی جلوگیری می‌کنند.

عملکرد اسانس

نتایج نشان داد که در چین اول تیمار ورمی‌کمپوست به‌علاوه نیتروکسین بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد اسانس ریحان (۱۱/۰۳ کیلو گرم در هکتار) داشت و اختلاف آن با تیمارهای ورمی‌کمپوست، نیتروکسین، بیوفسفر و نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۵). در چین دوم تیمارهای نیتروکسین، بیوفسفر و نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر که در دومین گروه معنی‌داری قرار داشتند، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، عملکرد اسانس کمتری نسبت به دیگر تیمارها که آنها نیز اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، دارا بودند (جدول ۶). با توجه به این که عملکرد اسانس برآیند عملکرد برگ و درصد اسانس است، تیمارهایی که از نظر عملکرد برگ و درصد اسانس بیشتر مقادیر را به خود اختصاص داده بودند، عملکرد اسانس تقریباً یکسانی داشتند، همچنین تیمارهایی مانند نیتروکسین و بیوفسفر که تأثیر نسبتاً کمتری در افزایش عملکرد برگ و درصد اسانس گیاه ریحان داشتند، از نظر عملکرد اسانس نیز کمترین مقادیر را دارا بودند. کودهای آلی به دلیل اثرات مطلوب هم باعث افزایش عملکرد گیاه شدند و هم سبب تولید درصد اسانس قابل قبولی شدند و به این ترتیب عملکرد اسانس را تا حد مطلوبی بالا بردند. مرادی (Moradi, 2004) گزارش کرد که استفاده از کودهای آلی و

بیولوژیک باعث افزایش معنی دار عملکرد اسانس رازیانه نسبت به شاهد شد و به عنوان نمونه، تیمار استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی‌کمپوست عملکرد اسانس را معادل ۴۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. او دلیل این افزایش را عملکرد دانه و درصد اسانس بالاتر این تیمار نسبت به دیگر تیمارها دانست. در تحقیقی دیگر، ریحان کشت شده تحت شرایط ارگانیک، دارای عملکرد اسانس بیش از دو برابر نسبت به ریحان تغذیه شده با کودهای شیمیایی رایج بود (Khalid et al., 2006). گزارش مشابه دیگری، حاکی از افزایش عملکرد اسانس ریحان در سیستم تولیدی مبتنی بر استفاده تلفیقی از کودهای نیتروژنه آلی و معدنی بود (Kandeel et al., 2002). منا و همکاران (Mona et al., 2008) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش عملکرد اسانس رازیانه شد. در تحقیقی دیگر، مقدار اسانس و نیز مقدار ترکیبات ضروری گیاه دارویی بابونه، در شرایط کشت ارگانیک به مراتب بالاتر از کشت رایج آن بود (Vildova et al., 2006).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از برتری معنی‌دار ترکیب‌های کودی بیولوژیک و ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود شیمیایی در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده و نیز پاسخ مثبت گیاه دارویی ریحان نسبت به مصرف کود می‌باشد. در چین اول بیشترین عملکرد تازه و خشک در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین+ بیوفسفر مشاهده شد و تیمارهای ورمی‌کمپوست+نیتروکسین و ورمی+ بیوفسفر بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد خشک برگ داشتند. در چین دوم بیشترین عملکرد تازه کل اندام هوایی در گیاهان تحت تیمار ورمی+ نیتروکسین+ بیوفسفر و بیشترین عملکرد خشک کل اندام هوایی و عملکرد خشک برگ در تیمار ورمی+نیتروکسین مشاهده شد. بیشترین درصد اسانس در هر دو چین گیاهان تحت شاهد حاصل شد و کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست به تنهایی و ترکیب با یکدیگر تاثیری در افزایش درصد اسانس نداشتند.

از آنجا که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آنها، شرط اساسی سالم و طبیعی بودن آنها است، لذا پاسخ مثبت گیاه دارویی ریحان نسبت به کودهای آلی و زیستی و افزایش عملکرد رویشی و عملکرد اسانس می‌تواند نویدبخش امکان تولید پایدار کاشت این گیاه دارویی ارزشمند باشد.

منابع

1- Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

2- Amin, I.S. 1997. Effect of bio-and chemical fertilization on growth and production of *Coriandrum sativum* L., *Foeniculum vulgare* L. and *Carum carvi* L. plants. Annals Agricultural. Science Moshtohor 35: 2327-2334.

3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

4- Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D., and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579–590.

5- Azizi, M., Bagani, M., Lakzian, A., and Arooi, H. 2007. Evaluation of foliar application effects of various amount of Vermicompost and vermivash on morphological characteristics and active ingredient of basil. Journal of Science and Agricultural Industrial 21(2): 41-52. (In Persian with English Summary)

6- Azizi, M., Rezvani, F., Hasanzadeh- Khayat, M., Lakzian, A., and Nemati, H. 2008. Effects of various levels of Vermicompost and irrigation on morphological characteristics and essence of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)

7- Dorzi, M.T., and Hajseyedhadi, M.R. 2003. Evaluation of agricultural and ecological problem of chamomile and fennel. Journal of Zeyton 43:149-152. (In Persian with English Summary)

8- Delate, K. 2000. Heenah mahyah student form herb trial, Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Iowa State University. Ames, IA. http://ofrf org/publications/ ib/ib13.pdf.

9- Fallahi, J. 2004. Effects of biological and chemical fertilizers on quality and quantity characteristics of chamomile. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

10- Fatma, A.G., Lobna, A.M., and Osman, N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology 10(4): 381–387.

11- Galli, E., Tomati, U., Grappelli, A., and Di Lena, G. 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in *Agaricus bisporus*. Biological Fertility Soils 9: 290–291.

12- Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environmental Pollution 102: 123–126.

13- Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and

chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals Agronomy Science 1: 351–371. (in Arabic with English Abstract)
14- Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M.A., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.
15- Khalid, A.K., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. Ocimum basilicum L., production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 25-33.
16- Khandan, A. 2004. The effects of organic and chemical fertilizers on physical and chemical characteristics of soil and psyllium. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
17- Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielshi, L., and Slow, O. 1992. Slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. Acta Horticulture 339: 241-249.
18- Martin, J.P., Black, J.H. and Hawthorne, R.M. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. Bio resource Technology 75: 175-180.
19- Mona, Y., Kandil, A.M., and Swaefy Hend, M.F. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and alvia growth character and their essential oils. Biological Sciences 4: 34-39.
20- Moradi, R. 2004. Evaluation of biologic and organic fertilizers effects on grain yield, yield components and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). M Sc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
21- Murty, M.G., and Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281–285.
22- Omidbaigi, R. 1997. Production and Processing of Medicinal Plants (Volume III). Behnashr Publications, Tehran, Iran 347 pp. (In Persian)
23- Ouedraogo, E., Mando, A., and Zombre, N.P. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment 84: 259-266.
24- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bio resource Technology 99: 1672-1681.
25- Sifola, M.I., and Barbier, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Sciatica Horticulture 108: 408–413.
26- Tahami Zarandi, M.K. 2000. Assessment of organic, biologic and fertilizer on yield, yield components and essence of basil. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
27- Telci, I., Bayram, E., Yılmaz, G., and Avci, B. 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). Biochemical Systematic and Ecology 34: 489-497.
28- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.
29- Vildova, A., Stolcova, M., and Kloucek Orsak, P. M. 2006. Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. International Symposium on Chamomile Research, Development and Production Presov p. 81-82.
30- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspective. Advances in Agronomy 81: 97-168.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۷۲-۳۶۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 363-372

تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص‌های رشدی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

سید محمد کاظم تهامی زرندی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*] و محسن جهان[۳]

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

چکیده

گسترش کشاورزی متراکم استفاده از کودهای شیمیایی باعث تخریب خصوصیات خاک و بوجود آمدن مشکلات زیست محیطی شده است. استفاده از کودهای آلی می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار مناسب جهت نگهداری و بهبود باروری خاک و افزایش بهره‌وری مصرف کود مد نظر قرار گیرد. لذا به منظور ارزیابی شاخص‌های رشدی و عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در پاسخ به کودهای آلی و شیمیایی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمارکودی و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. تیمارها شامل کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و شاهد بود. نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر نسبت به تیمارهای شاهد و شیمیایی شد. به تدریج در طول دورهٔ رشد گیاه و رفتن گیاه به مرحله زایشی درصد برگ کاهش و وزن خشک گل‌آذین گیاه افزایش یافت. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب در تیمارهای کود گاوی و شاهد با مقادیر ۳/۹۶ و ۲/۱۴ مشاهده شد. حداکثر سرعت رشد محصول در اغلب تیمارها در حدود ۹۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد به‌جز تیمار شاهد که دارای کمترین سرعت رشد گیاه بود و در ۷۵ روز پس از کاشت به حداکثر آن رسید. سرعت اسیمیلاسیون خالص در اکثر تیمارها پس از یک روند صعودی تا حدود ۷۵ روز پس از کاشت، تا پایان دورهٔ رشد روند نزولی دارا بود. ضمن این‌که بیشترین و کمترین سرعت اسیمیلاسیون خالص در ۷۵ روز پس از کاشت در تیمارهای کود مرغی و شیمیایی با مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۲۵ گرم بر متر مربع در روز به‌دست آمد. در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از برتری کودهای آلی در شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: آسیمیلاسیون خالص، رشد نسبی، روند رشد، کودهای آلی

مقدمه

در عصر حاضر با وجود پیشرفت و توسعه چشمگیر کاربرد داروهای سنتزی، هنوز گیاهان دارویی و انواع مواد دارویی حاصل از آنها در مقیاس وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بطوریکه در برخی کشورها از اجزاء لاینفک سیستم دارودرمانی محسوب می‌شوند (Emad, 2008). جنس *Ocimum* متعلق به تیره نعناع بوده که اکوتیپ‌های آن تنوع مورفولوژیکی زیادی دارند. مهم‌ترین گونه‌های این جنس عبارتند از *O. gratissimum* L., *O. bacilicum* L., *O. americanum* L. و *O. micranthum* L. که در بین این گونه‌ها ریحان معمولی (*O. bacilicum* L.) بیشترین استفاده را دارد و مهم‌ترین گونه اقتصادی این جنس می‌باشد که تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کاشته می‌شود. گیاه دارویی ریحان دارای سابقه کشت ۳۰۰۰ ساله بوده و از دیرباز توسط مردم آسیا و اروپا در مراسم سنتی و مذهبی به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده می‌شود. منشأ ریحان ایران، افغانستان و هند گزارش شده است. برگ ریحان و سرشاخه‌های جوان آن به‌مصرف تغذیه می‌رسد (Omidbeigi, 1997; Morratti et al., 1996). اگر هدف از کشت ریحان برداشت بذر آن باشد محصول را یکبار، زمانی که بذرهای آن کاملاً رسیده باشند برداشت می‌کنند. در این مرحله کمیت و کیفیت مواد مؤثرهٔ پیکر رویشی بسیار نامناسب است. عملکرد بذری آن ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Omidbeigi, 1997). ریحان در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده است و از برگ‌ها و اسانس آن برای معالجه برخی بیماری‌ها مانند سردرد سرماخوردگی، اسهال و نارسایی کلیه استفاده می‌شود. در طب سنتی از این گیاه به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

عنوان خلط‌آور، مدر، ضد نفخ، تسکین دهنده درد معده، تب‌بر، داروی ضد مالاریا و محرک استفاده می‌شود (Morratti et al., 1996; Omidbeigi, 1997; Chalchat et al., 2008; Khalid et al., 2006).

بدون تردید کاربرد کودهای آلی و دامی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و حفظ کیفیت خاک و افزایش مواد آلی خاک نسبت کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مفید واقع شده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلندمدت باشد (Mao et al., 2008; Lee, 2010). یکی از عوامل ضروری، جهت موفقیت در کشت گیاهان دارویی مدیریت کود می‌باشد. کاربرد صحیح عناصر و مواد غذایی، نه تنها نقش اساسی در افزایش عملکرد گیاهان دارویی دارد، بلکه در بهبود کمیت و کیفیت مواد مؤثره محصول تولید شده نیز مؤثر می باشد (Omidbeigi, 1997; Chatterjee, 2002).

گزارش شده است که به‌طور متوسط ۸۰ درصد نیتروژن، ۸۰ درصد فسفر، ۹۰ درصد پتاسیم و ۵۰ درصد ماده آلی موجود در غذای مصرف شده توسط دام، به صورت کود دفع می‌شود (Singh et al., 1987). گزارش شده است که کاربرد کودهای حاصل از گاو، بز و مرغ در نوعی تاجریزی (*Solanum retroflexum* Dun.) که یک نوع سبزی مهم در آفریقای جنوبی محسوب می‌شود، باعث افزایش زیست توده محصول نسبت با کاربرد کودهای شیمیایی شده است (Azeez et al., 2010).

به کود حاصل از هضم ضایعات آلی، از قبیل لجن فاضلاب و کود دامی توسط برخی از کرم‌های خاکی، ورمی‌کمپوست گویند (Gunadi et al., 2002). ورمی‌کمپوست دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی و همچنین بهبوددهنده تخلخل، تهویه و زهکشی خاک می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و باکتری های موجود در ریزوسفر نظیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Padmavathiamma et al., 2008; Arancon, 2004). در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی‌کمپوست‌ها دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان هیومیک اسید بیشتری می‌باشند (Azizi et al., 2008). اخیراً استفاده از ورمی‌کمپوست و تورب‌های غنی‌شده (پیت) با ورمی‌کمپوست به‌عنوان جایگزینی برای تورب (پیت)، در باغبانی گزارش شده است (Raja Sekar et al., 2010).

در رابطه با تأثیر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی مطالعات نسبتاً خوبی انجام شده است، هرچند که سهم گیاهان دارویی از این تحقیقات تا حد زیادی کمتر می‌باشد. در آزمایشی (Mirhashemi et al., 2010) با بررسی سطوح مختلف کود دامی بر روی گیاهان دارویی زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum – graecum* L.) گزارش کردند که بیشترین میزان تجمع مادهٔ خشک در گیاه زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در شنبلیله نیز صفات مذکور در تیمار ۲۵ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در تحقیقی دیگر (Khorramdel et al., 2008)، کاربرد کودهای بیولوژیکی باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در مقایسه با شاهد شد.

با توجه به رویکردهای جدید به مقوله تولید در کشاورزی و مطرح شدن مباحث مربوط به پایداری و استفاده از نهاده‌های بهبود دهنده جنبه‌های اکولوژیک سیستم و همچنین با توجه به اهمیت و جایگاه ریحان به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم و عدم وجود اطلاعات مستند و جامع درباره واکنش خصوصیات رشدی آن تحت تأثیر مصرف انواع کودها، این آزمایش با هدف ارزیابی شاخص‌های رشدی گیاه دارویی ریحان در واکنش به مصرف کودهای آلی و شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار کودی مختلف و سه تکرار اجرا شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physico-chemical characteristics of soil before starting the experiment

بافت خاک Soil texture	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) K (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی– سیلت Loamy-silt	15.5	13.7	119	7.47	1.2

جدول ۲- مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاس موجود در کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- The amount of nitrogen, phosphorus and potash in different used manures

کود های آلی Organic fertilizers	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorous (%)	پتاسیم (درصد) Potash (%)
کود گاوی Cow manure	0.28	0.07	0.20
کود مرغی Chicken manure	0.95	1.22	1.03
کود گوسفندی Sheep manure	0.57	0.27	0.12
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.50	1.50	1.20

تیمارها شامل کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار)، کود مرغی (۱۰ تن در هکتار)، ورمی کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر ۶۰،۶۰،۷۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف کود) بودند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی نمونه گیری و به‌منظور تعیین میزان ماده آلی، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و CEC به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمایش خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش در جدول ۱ آمده است. همچنین میزان عناصر غذایی پرمصرف کودهای آلی مورد استفاده، از جمله N, P, K تعیین شد (جدول ۲).

مبنای تعیین مقدار مورد نیاز از هرکدام از کودهای آلی جهت اضافه کردن به خاک درصد نیتروژن آنها بود، بدین صورت که ابتدا مقدار کود نیتروژن لازم برای ریحان ۱۱۰کیلوگرم در هکتار (در این آزمایش با توجه به نیتروژن موجود در خاک ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد، (Sifola & Barbieri, 2006; Daneshian et al., 2009) سپس براساس مقادیر نیتروژن موجود در خاک و انواع کودهای آلی ودر نظر گرفتن مقادیر آزادسازی عناصر غذایی کودهای آلی، مقادیر مورد نیاز از هر کدام از کودها تعیین و به خاک اضافه شد. در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. حدود یک ماه قبل از کاشت تیمارهای کودهای دامی و نیز ورمی‌کمپوست به مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و به‌وسیله بیل دستی تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت های مورد نظر اعمال شد. کود شیمیایی نیتروژن نیز به صورت سرک در دو مرحله، در ابتدای کاشت و به صورت سرک پس از اولین چین به خاک اضافه شد. بذور ریحان که از توده بومی مشهد انتخاب شده بودند در هر کرت به فاصله شش سانتی متر روی ردیف و به عمق ۲-۱ سانتی‌متر در اردیبهشت ماه کاشته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفت روز یکبار، به‌صورت جداگانه و به‌صورت نشتی انجام شد.

سبز شدن اولیه گیاه هفت روز پس از کاشت آغاز و ۱۴ روز پس از کاشت بیش از ۸۰ درصد بوته‌ها سبز شد. برای حصول تراکم مناسب، گیاهان پس از استقرار کامل در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. کنترل علف های هرز توسط وجین دستی در سه نوبت انجام گرفت. به‌منظور تعیین خصوصیات رشدی ریحان در طی فصل رشد، نمونه‌برداری‌های تخریبی از ۴۵ روز پس از کاشت، به صورت هر پانزده روز یکبار، انجام و دو عامل سطح برگ و وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت بررسی مورفولوژیکی گیاه، علاوه بر خصوصیات فوق، وزن خشک ساقه، گل و برگ به‌صورت مجزا به همراه سطح سبز[1] گیاه اندازه‌گیری شد.

نمونه‌گیری‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه و به‌طور تصادفی از سطح ۰/۲ مترمربع (۵ بوته) انجام شد. پنج نمونه برداری در طول فصل رشد انجام شد. برای تعیین شاخص سطح برگ[2] از دستگاه سطح برگ سنج مدل (Li-Cor, USA) استفاده شد. برای تعیین شاخص سطح سبز[3]، به‌طور جداگانه سطح برگ، ساقه وگل آذین گیاه (اندام زایشی قبل از باز شدن گل) توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد و مجموع سطح آنها به‌عنوان سطح سبز گیاه در نظر گرفته شد (Olesen et al., 2001).

به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR)[4]، سرعت رشد نسبی (RGR)[5] و سرعت جذب خالص (NAR)[6] از معادلات ۱، ۲ و ۳ استفاده شد (Sarmadnia & Koocheki, 1999).

$$CGR = \frac{W2-W1}{T2-T1}$$

معادله (۱)

1- Plant green area
2- Leaf area index (LAI)
3- Green area index (GAI)
4- Crop growth rate
5- Relative growth rate
6- Net absorption rate

$$RGR = \frac{LnW2 - LnW1}{T2 - T1}$$ معادله (۲)

$$NAR = \frac{CGR}{LAI}$$ معادله (۳)

که در این معادلات، W_1 و W_2: به ترتیب وزن خشک گیاه در نمونه گیری اول و دوم (گرم)، T_1 و T_2: به ترتیب زمان نمونه گیری اول و دوم (روز) و LAI شاخص سطح برگ گیاه می‌باشد.

پس از حذف اثر حاشیه‌ای، برداشت نهایی جهت تعین عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و شاخص برداشت، در آخر فصل رشد و زمانی که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد (Saber et al., 2013). برای رسم شکل‌ها از نرم افزار MS-Excel Ver. 11 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین بیانگر تأثیر معنی‌دار کودهای مختلف بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر ریحان بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی در گیاهان تحت تیمار کود گوسفندی (۱۶/۳ تن در هکتار) حاصل شد که به‌جز کود گاوی با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین عملکرد بیولوژیکی نیز در تیمار کود شیمیایی و شاهد (۱۰/۱ تن در هکتار) مشاهده شد.

نتایج نشان‌دهندهٔ عدم تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر شاخص برداشت ریحان بود (جدول ۳). با این وجود بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی (۱۱/۹ در مقایسه ۱۰/۲ درصد) حاصل شد. تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر، و عدم تأثیر معنی‌دار بر شاخص برداشت می‌تواند بیان‌گر این مسئله باشد که این کودها باعث رشد تمام اجزاء گیاه به‌صورت توأم شده‌اند و تغییر چندانی بر نسبت رشد زایشی به رویشی نداشتند. کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده و با تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک موجب افزایش عملکرد محصول می‌شوند (Khalid et al., 2006). گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) شده است (Moradi, 2009).

شاخص سطح برگ و شاخص سطح سبز

شاخص سطح سبز در اغلب تیمارها با روندی نسبتاً یکسان به‌تدریج در طول فصل رشد افزایش یافت و در ۹۰ روز پس از کاشت به‌اوج خود رسید و در مراحل پایانی رشد گیاه به علت پیری و ریزش برگ‌ها سطح برگ کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه گیری شده گیاه ریحان در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Mean comparison of some measured characters in basil with different fertilizer treatments.

	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
کود گاوی Cow manure	13850ab*	1443abc	10.5bc
کود گوسفندی Sheep manure	16267a	1815a	11.2bc
کود مرغی Chicken manure	12467bc	1442abc	11.5abc
ورمی‌کمپوست Vermicompost	12867bc	1525ab	11.9abc
کود شیمیایی Chemical fertilizer	10050c	1033c	10.2c
شاهد Control	10075c	1116bc	11.0bc

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

* Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability.

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و شاهد با مقادیر ۳/۹۶ و ۲/۱۴ حاصل شد. حداکثر شاخص سطح برگ در تیمارهای کود آلی حدوداً دو برابر حداکثر سطح برگ در تیمار شاهد بود (شکل ۱-A). شاخص سطح سبز نیز روندی مشابه شاخص سطح برگ داشت و پس از رسیدن به بیشترین میزان خود در ۹۰ روز پس از کاشت، در انتها روندی نزولی پیدا کرد که این نیز بیشتر متأثر از کاهش سطح برگ و زرد شدن گیاه بود. حداکثر و حداقل شاخص سطح سبز در ۹۰ روز پس از کاشت، به ترتیب در تیمارهای کود گوسفندی و شاهد با مقادیر ۶/۸۱ و ۳/۱۹ مشاهده شد. ضمن این‌که شاخص سطح سبز در گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی کمتر از تیمارهای کود آلی بود (شکل ۱-B). بهبود شرایط محیطی برای رشد گیاه می‌تواند با افزایش سطح برگ گیاه و بهبود سریع پوشش کانوپی، کارایی محصول را در استفاده از انرژی نورانی و ساخت مواد فتوسنتزی افزایش دهد. عدم وجود عناصر غذایی و بستر رشد مناسب، با کاهش رشد رویشی گیاه سطح برگ و سطح سبز گیاه را نیز کاهش می‌دهد. عدم وجود عناصر غذایی و بستر مناسب رشد، با کاستن از رشد رویشی گیاه، سطح برگ وسطح سبز گیاه را کاهش می‌دهد. در تحقیقی مشابه، شاخص سطح برگ گیاه و زیست توده برگ تر گیاه ریحان در اثر کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (Sifola & Barbieri, 2006). همچنین گزارش شده است که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ شنبلیله به‌ترتیب با کاربرد سطوح ۲۵ و ۱۵ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Mirhashemi et al., 2010)

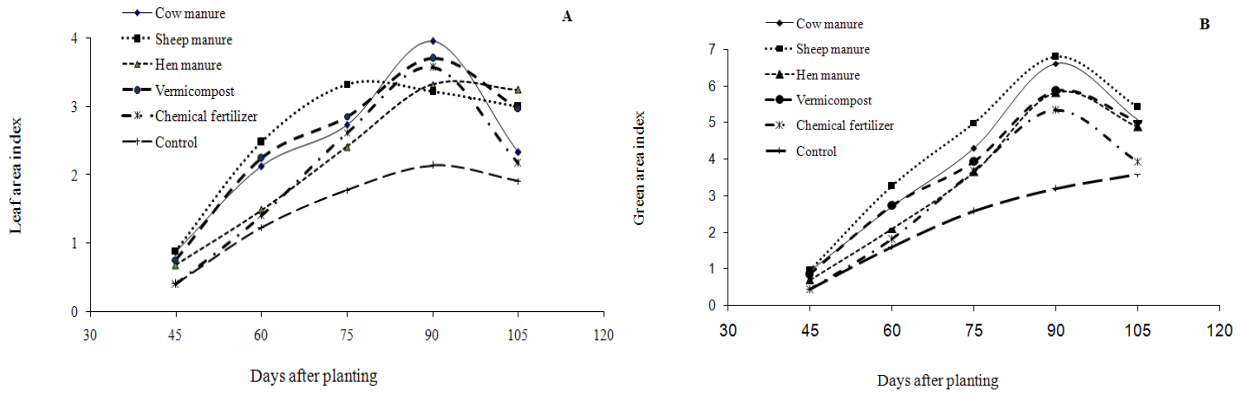
اثر تیمارهای مختلف کودی بر درصد برگ، ساقه، گل‌آذین و نسبت برگ به ساقه

درصد برگ در تمام تیمارها با روندی یکسان در طول دورهٔ نمونه‌برداری کاهش یافت و در پایان دورهٔ رشد به کمترین مقدار خود رسید. بیشترین درصد برگ با ۶۷/۹ درصد در ۴۵ روز پس از کاشت در تیمار شاهد مشاهده شد. به‌طور کلی کمتر بودن درصد برگ در تیمارهای کود آلی نسبت به شاهد و شیمیایی (شکل۲-A) می‌تواند ناشی از فراهمی بیشتر آب و مواد غذایی در محیط ریشه باشد که باعث بهبود شرایط رشد و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شده است که خود ضمن افزایش شاخص سطح برگ، شاخص سطح سبز (شکل ۱) و عملکرد بیولوژیکی گیاه (جدول ۳) و بالطبع آن کانوپی متراکم‌تر (رقابت بین بوته‌ها برای دریافت نور بیشتر) به بلوغ سریع‌تر و تولید درصد ساقه و گل آذین بیشتر منجر شد. در ۱۰۵ روز پس از کاشت به‌علت کمتر بودن درصد گل‌آذین در تیمارهای کود شیمیایی و شاهد که می‌تواند ناشی از رشد کمتر گیاهان آنها باشد، درصد ساقه در این تیمارها بیشتر از تیمارهای کود آلی شد. بیشترین و کمترین درصد ساقه در ۶۰ روز پس از کاشت به‌ترتیب در کود گوسفندی و شاهد مشاهده شد (شکل ۲-B). افزایش درصد ساقه در همهٔ تیمارها تا ۶۰ روز پس از کاشت ادامه داشت و پس از آن که تقریباً مصادف با افزایش رشد گل آذین بود، روند کاهشی به‌خود گرفت. تیمار شاهد به‌دلیل رشد رویشی و تولید ساقه و گل‌آذین کمتر نسبت به دیگر تیمارها که خود ناشی از شاخص سطح برگ کمتر و در نتیجه حجم کانوپی کمتر (عملکرد بیولوژیکی کمتر) و رقابت کمتر بین بوته ها برای دریافت نور در طول دورهٔ رشد نسبت برگ به ساقهٔ بیشتری داشت (شکل ۳-D). تا ۶۰ روز پس از کاشت که درصد ساقه روند افزایشی داشت، روند نسبت برگ به ساقه کاهشی بود و پس از آن تا روزهای پایانی رشد روند نسبتاً یکسانی را طی کرد. در آزمایشی دیگر کاربرد نوعی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک برگ، گل‌آذین، و اندام هوایی گیاه ریحان شد (Khalid et al., 2006). غنی بودن کودهای آلی از عناصر غذایی و آزادسازی آهسته و مداوم آنها باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و ساختاری خاک شده و با بهبود شرایط جهت توسعه سیستم ریشه‌ای گسترده در خاک، در نهایت موجب افزایش رشد رویشی گیاه خواهد شد (Khalid et al., 2006). گزارش شده است که سطوح مختلف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار برگ در بوته ریحان شد، اما بر نسبت برگ به ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت (Sifola & Barbieri, 2006).

سرعت رشد محصول (CGR)

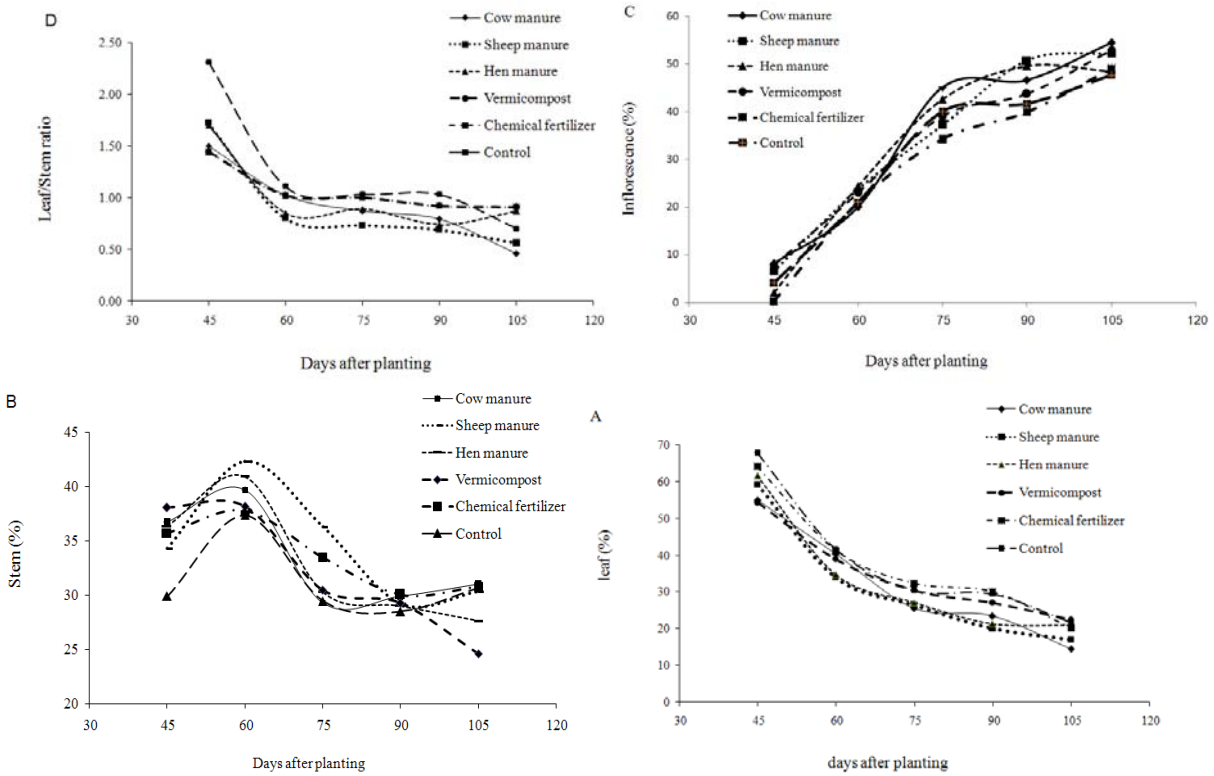
سرعت رشد محصول در تمامی تیمارهای کود آلی بیشتر از تیمار کود شیمیایی و شاهد بود و با روندی یکسان در همهٔ تیمارها تا حدود ۸۵ روز پس از کاشت افزایش یافت و بعد از آن با پیری و ریزش برگها روندی نزولی پیدا کرد (شکل ۳-A). ۹۰ روز پس از کاشت، حداکثر سرعت رشد محصول در تیمارهای شاهد و شیمیایی به‌ترتیب ۵۲ و ۲۵ درصد کمتر از تیمارهای کود مرغی و گاوی بودند که دارای بیشترین سرعت رشد محصول (۰/۹۹ گرم بر متر مربع در روز) بودند. از نکات حائز اهمیت، روند نسبتاً کندتر افزایش سرعت محصول در تیمارهای شاهد و شیمیایی بود. همچنین به اوج رسیدن سریع‌تر سرعت رشد محصول در گیاهان تحت تیمار شاهد در ۷۵ روز پس از کاشت و آغاز روند کاهشی بعد از آن، می‌تواند ناشی از تخلیه عناصر غذایی در خاک باشد. سرعت رشد محصول از پارامترهای کمی است. که بیان‌گر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. سرعت رشد گیاه از پارامترهای کمّی است که بیان‌گر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. افزایش سرعت رشد گیاه در یک واحد زمانی مشخص و در واحد سطح زمین، رابطهٔ مستقیم با سطح برگ، میزان دریافت تشعشع خورشید و دمای هوا دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1999)

تأمین آب و عناصر معدنی کافی می‌تواند موجب بهبود رشد و توسعه گیاه، گسترش سطح برگ و سطح سبز، افزایش فتوسنتز خالص و نهایتاً افزایش سرعت رشد محصول شود. بروز حداکثر سرعت رشد محصول در زمانی که شاخص سطح برگ در اوج آن است به‌نوعی مؤید این مطلب می‌باشد (Maleki, 2008). استفاده از کودهای بیولوژیکی باعث افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول در گیاه دارویی سیاهدانه شد (Khorramdel et al., 2008). در آزمایشی دیگر کاربرد سطوح مختلف کود دامی، بر سرعت رشد محصول گیاه دارویی زنیان معنی‌دار بود؛ به‌طوریکه تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی دارای بالاترین سرعت رشد محصول بود و سریع‌تر از دیگر تیمارها به اوج رسید (Mirhashemi et al., 2010).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (A) و شاخص سطح سبز(B) در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از منابع کودی مختلف در ریحان

Fig. 1- Trends of leaf area index (A) and green area index (B) throughout the growing season under application of different fertilizers in the basil



شکل ۲- روند تغییرات درصد برگ (A)، ساقه (B)، گل‌آذین (C)، و نسبت برگ به ساقه (D) ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

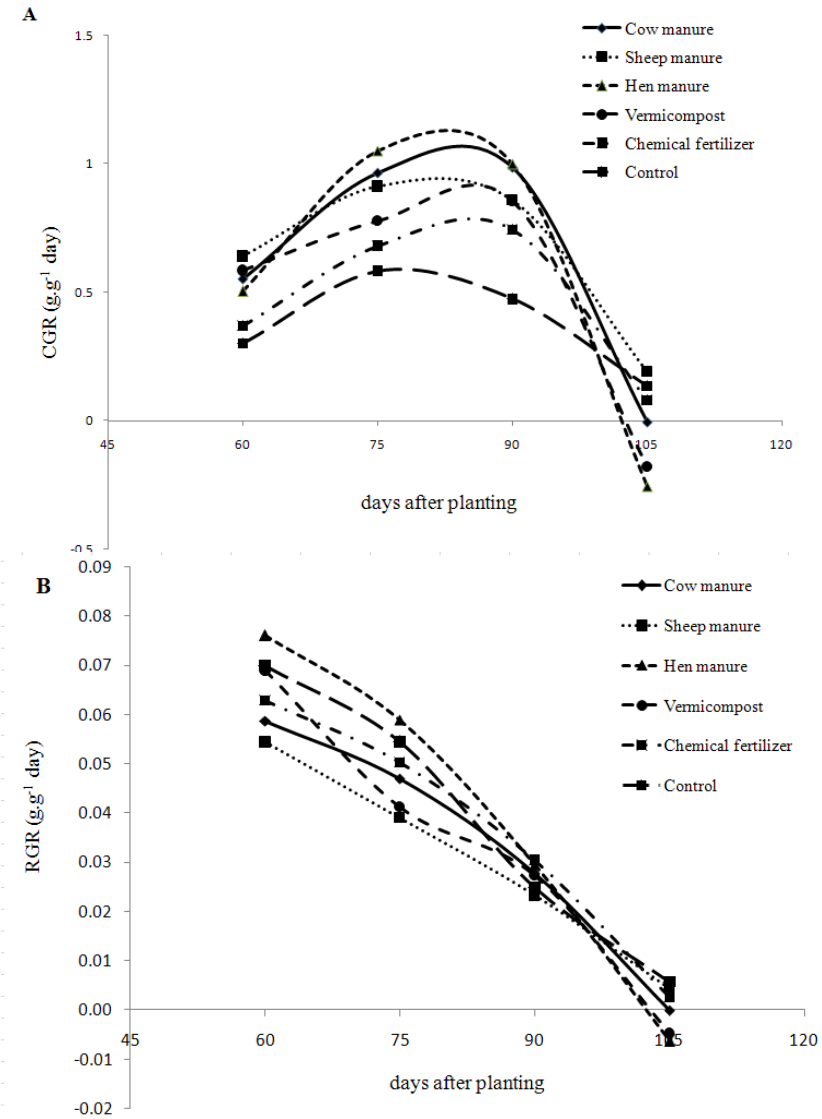
Fig. 2– Variation trends in percentage of leaf (A), stem (B), inflorescence (C), and leaf to stem ratio (D) of basil during the growing season under different fertilizer treatments

سرعت رشد نسبی (RGR)

وزن خشک اضافه شده به وزن خشک اولیه در یک فاصلهٔ زمانی معین، بیان‌کننده سرعت رشد نسبی می‌باشد که با افزایش رشد گیاه، و سایه‌اندازی برگ‌ها و قسمت‌های ساختمانی و غیر فتوسنتزی کاهش می‌یابد. در اواخر فصل رشد به‌دلیل افزایش برگ‌های پیر، سرعت رشد نسبی منفی می‌شود (Sarmadnia & Koocheki, 1999). سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف با روند نسبتاً یکسانی کاهش یافته و به‌نظر می‌رسد تیمارهای کودی تأثیر قابل توجهی بر آن نداشته اند، اگرچه روند کاهش سرعت رشد نسبی در تیمارهای کود گاوی و گوسفندی تا حدی آهسته‌تر و دارای شیب کمتری می‌باشد (شکل ۳-B) تغییرات سرعت رشد نسبی نسبت به زمان حالت کاهشی دارد، ولی شیب آن بسته به عوامل محیطی و همچنین میزان عناصر غذایی متغییر می‌باشد (Karim Zadeh Asl et al., 2004)، لذا انتظار می‌رود با مصرف کودهای آلی و بهبود شرایط رشدی و تغذیه‌ای گیاه شیب سرعت رشد نسبی کاهش یابد.

سرعت جذب خالص (NAR)

همان‌گونه که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، سرعت جذب خالص در تمامی تیمارها روند نسبتاً یکسانی را دنبال کرد؛ به‌طوری که پس از یک افزایش تا حدود ۷۵ روز پس از کاشت، تا انتهای فصل رشد و با نزدیکی به رسیدگی فیزیولوژیک روندی نزولی پیدا کرد.



شکل۳- (A)روند تغییرات سرعت رشد محصول و (B) سرعت رشد نسبی ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

Fig. 3– Variation trend of crop growth rate (A) and relative growth rate (B) of basil during the growing season under different fertilizes utilization

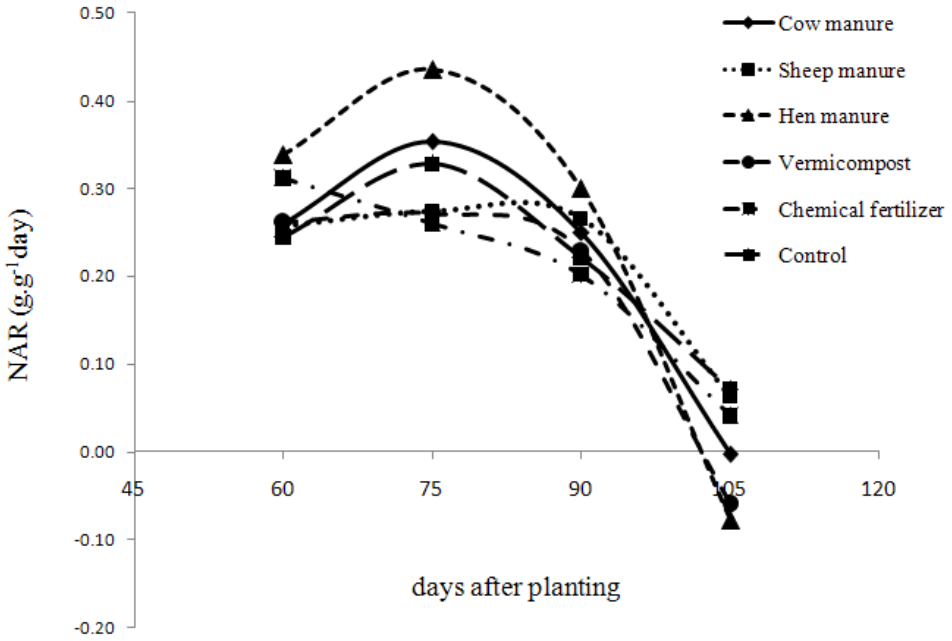
در ۷۵ روز پس از کاشت بیشترین و کمترین سرعت جذب خالص به‌ترتیب در تیمارهای کود مرغی و شیمیایی با مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۲۵ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد. از نکات جالب توجه شروع سریع‌تر روند نزولی سرعت جذب خالص در تیمار شاهد بود. سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را سرعت جذب خالص گویند. این عامل نیز به‌تدریج با سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر روندی نزولی پیدا می‌کند و همچنین با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Karim Zadeh Asl et al., 2004). افت نسبی سرعت جذب خالص در محیط‌های نامناسب تسریع می‌یابد، همچنین افزایش سن و اندازه گیاه و رقابت رو به فزون جهت جذب مواد غذایی، در روند آن تأثیر بسزایی دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1999). با کاربرد کودهای بیولوژیکی در گیاه سیاهدانه مشاهده شد که سرعت جذب خالص در گیاهان شاهد کمترین مقدار بود (Khorramdel et al., 2008).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از برتری مصرف کودهای آلی بر شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد می‌باشد. تیمارهای کود مرغی و کود گاوی در صفات سرعت جذب خالص و سرعت رشد محصول بهتر از بقیه تیمارها بودند، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد بذر نیز در تیمار کود گوسفندی بیشتر از دیگر تیمارها بود. کاربرد کودهای آلی و دامی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات، حفظ کیفیت و افزایش مواد آلی خاک نسبت به کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده و می‌توان امیدوار بود که در بلندمدت به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشند. بر این اساس پاسخ مثبت گیاه دارویی ریحان نسبت به کودهای آلی می‌تواند نویدبخش تولید پایدار این گیاه دارویی در سیستم‌های کم‌نهاده و اکولوژیک باشد.

قدردانی

بدینوسیله از پرسنل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و مسئولین آزمایشگاه گیاهان زراعی ویژه و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی که در طول انجام مراحل این آزمایش نهایت همکاری را مبذول داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ٤- روند تغییرات سرعت سرعت جذب خالص (NAR) ریحان در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای مختلف

Fig. 4– Variation trend of net assimilation rate of basil during the growing season under different fertilizers treatments

منابع

1- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.
2- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English summary)
3- Chalchat, J.C., and Ozcan, M.M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. Food Chemistry 110: 501–503.
4- Chatterjee, S.K. 2002. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants in India a Commercial Approach. Proceedings of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 191-202.
5- Daneshian, A., Gurbuz, B., Cosge, B., and Ipek, A. 2009. Chemical components of essential oils from Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown a different nitrogen levels. International Journal of Natural and Engineering Sciences 3(3): 08-12.
6- Emad, M. 2008. Identification of medicinal, industrial, forest and the pasture plants, and their use cases. Volume I, Publications Rural Development.
7- Gunadi, B., Edwards, C.A., and Blount, C. 2002. The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (savigny) in cattle and pig manure solids. Soil Biology and Biochemistry 39: 19-24.
8- Karim Zadeh Asl, K., Mazaheri, D., and Peyghambari, S.A. 2004. Effect of for irrigation intervals on seed yield and physiological indexes of three sunflower cultivars. Desert 9(2): 255-266.
9- Khalid. A. Kh., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 25-32.
10- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Iranian Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian with English Summary)
11- Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Sciatica Horticulture 124: 299–305.
12- Maleki, A. 2008. Effect of irrigation intervals and nitrogen splitting on yield and yield components of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
13- Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z., and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma 146: 353–362.
14- Marrotti, M., Piccaglia, R., and Giovanelli, E. 1996. Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal of Agriculture and Food Chemistry 44: 3926-3929
15- Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahalati, M. 2010. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Journal of Iranian Field Crops Research 7(2): 685-694. (In Persian with English Summary)
16- Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of (*Foeniculum vulgare* L.) Fennel. MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
17- Olesen, J.E., Petersen, B.M., Berntsen, J., Hansen, S., Jamieson, P.D., and Thomsen, A.G. 2001. Comparison of methods for simulating effects of nitrogen on green area index and dry matter growth in winter wheat. Field Crops Research 74: 131-149.
18- Omidbaigi R. 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. (Vol. two). Tarrahan e Nashr Publication. Tehran, Tehran, Iran 423 pp. (In Persian)
19- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bio resource Technology 99: 1672-1681.
20- Raja Sekar, K., and Karmegam, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* Sciatica Horticulture 124: 286–289.
21- Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Abasisan, A. 2013. 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. Agroecology 5(1): 39-49. (In Persian with English Summary)
22- Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1999. Physiology of Crop plants. Jihad-e Daneshgahi Mashhad Publications,

Mashhad, Iran 400 pp. (In Persian)
23- Sifola, M.I., and Barbieri. G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Sciatica Horticulture 108: 408–413.
24- Singh, Y., Singh, B., Masking, M.S., and Meelu, O.P. 1987. Availability of nitrogen to wetland rice from cattle manure. IRRI. Newsletter 12: 35-36.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۸۲-۳۷۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 373-382

اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)

قربانعلی اسدی[۱]، علی مومن[۲]، مینا نورزاده نامقی[۳] و سرور خرم‌دل[٤*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰٦
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰٤/۳۱

چکیده

افزایش کارایی مصرف نیتروژن یکی از راه‌کارهای مهم بهبود تولیدات کشاورزی و کاهش خطر بروز آلودگی‌های زیست محیطی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. به منظور مقایسه اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح کود نیتروژن (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار)، سه سطح کود گاوی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار)، سه سطح ورمی‌کمپوست (۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) و شاهد بودند. عملکرد دانه، زیست‌توده و محتوای نیتروژن زیست‌توده اندازه‌گیری و سپس کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس آنها محاسبه شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر تمامی صفات مورد مطالعه اسفرزه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه و زیست توده اسفرزه برای تیمار شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست به ترتیب با ۵۴/۸ و ۹۸/۲ گرم در متر مربع مشاهده شد. با افزایش مقدار کود، درصد و محتوای نیتروژن زیست توده افزایش یافت. بالاترین کارایی مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده اسفرزه برای شاهد بدست آمد. بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن اسفرزه به ترتیب با ۸/۹ و ۷/۰ گرم نیتروژن جذب شده به ازای گرم نیتروژن موجود در خاک برای تیمار پنج تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد. سطوح مختلف کودهای آلی از نظر کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن در مقایسه با کود شیمیایی برتری داشتند. به‌طوری‌که مصرف کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی باعث بهبود عملکرد، کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن شد، لذا می‌توان مصرف نهاده‌های آلی را به‌عنوان راهکاری پایدار برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی نظیر اسفرزه در بوم‌نظام‌های زراعی مدنظر قرار داد که این امر علاوه بر بهبود کارایی مصرف نیتروژن، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را نیز تحت تأثیر آزادسازی تدریجی عناصر غذایی به دنبال دارد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری نیتروژن، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نسبت جذب نیتروژن

مقدمه

نیتروژن کلیدی‌ترین عنصری است که باعث باروری خاک و تولید محصولات کشاورزی می‌شود و در مقایسه با سایر عناصر ضروری مقدار بیشتری از آن مورد نیاز گیاه می‌باشد (Berenguer et al., 2009). حساسیت رشد گیاهان نسبت به مصرف کود نیتروژن حائز اهمیت است، به طوری که کاهش محتوی نیتروژن خاک، تولید اندام‌های رویشی و شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد و در نهایت باعث کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌شود (Dordas & Sioulas, 2008).

توانایی گیاه برای جذب نیتروژن از خاک به نوع خاک، محیط و گونه گیاهی بستگی دارد، به‌طوری‌که نتایج برخی برآوردها نشان داده است که ۷۰-۵۰ درصد نیتروژن مصرفی در خاک از دسترس خارج شده و جذب گیاه نمی‌شود (Singh, 2005). نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی مقدار این کودها را در خاک افزایش می‌دهد و باعث تخریب ساختار خاک و کاهش پتانسیل تولیدی آن در درازمدت می‌شود (Yang et al., 2006). استفاده ناکارآمد از کودهای شیمیایی به‌ویژه در نظام‌های فشرده، بهره‌وری و کارایی مصرف کودها را به میزان زیادی کاهش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشجوی کارشناسی ارشد میوه‌کاری گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)

داده است. بعنوان مثال، کارایی مصرف نیتروژن برای تولید غلات در جهان ۳۳ درصد برآورد شده است (Raun & Johnson, 1999).

با توجه به محدودیت‌های زیست محیطی- اقتصادی، هزینه بالای کودهای نیتروژن، آبشویی نیتروژن و اثرات منفی آن روی محیط زیست، کشاورزی اکولوژیک به دنبال جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی است که علاوه بر کاهش مشکلات زیست محیطی، کارایی را نیز بهبود بخشد (Gastal & Lemaire, 2002). به همین منظور، بهبود کارایی مصرف نیتروژن در جهت تولید محصولات کشاورزی برای کاهش استفاده بی‌رویه کودها، کاهش هزینه‌ها و حفظ محیط زیست بسیار حائز اهمیت است (Fageria et al., 2008). بالا بردن کارایی نیتروژن به دلیل افزایش سود، بهبود رشد و عملکرد محصول، کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به محیط از دیگر اهداف مهم مصرف استفاده از نهاده‌های آلی می‌باشد (Mahmuti et al., 2009). نتایج برخی مطالعات (Huang et al., 2011) نیز نشان داده است که کاربرد بیش از حد کود نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی، علاوه بر کاهش کارایی مصرف این عنصر، افزایش آبشویی نیترات (NO_3^-) و آلودگی آب‌های زیرزمینی را به دنبال دارد. بدین ترتیب از دیگر راهکارها می‌توان به استفاده از کودهای آلی و زیستی اشاره کرد. کودهای آلی منابع طبیعی بسیار مناسبی برای حفاظت و تقویت باروری خاک می‌باشند که ماده آلی خاک و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را تأمین می‌کنند (Walters et al., 1992). استفاده از این منابع کودی همچنین، از طریق بهبود شرایط فیزیکی خاک و به تبع آن ایجاد محیط مناسبی برای توسعه سیستم ریشه‌ای، رشد و تولید گیاه را بهبود می‌بخشند (Darwish et al., 1995).

توسعه نظام‌های زراعی و بهبود روش‌های مدیریتی، توانایی گیاهان را برای جذب نیتروژن از خاک بهبود می‌بخشد و میزان تلفات این عنصر را به حداقل می‌رساند. به‌طور کلی، کارایی زراعی یا بهره‌وری نیتروژن (NUE[1]) به‌عنوان عملکرد دانه تولید شده به ازای واحد نیتروژن قابل دسترس تعریف می‌شود. کارایی زراعی حاصلضرب دو فاکتور فیزیولوژیکی شامل کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن ($NupE$[2]) و کارایی مصرف یا کارایی فیزیولوژیک نیتروژن ($NutE$[3]) می‌باشد. کارایی جذب، میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه به ازای واحد نیتروژن قابل دسترس و کارایی مصرف میزان عملکرد دانه تولید شده به ازای واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه می‌باشد (Moll et al., 1982).

1- Nitrogen use efficiency
2- Nitrogen uptake efficiency
3- Nitrogen utilization efficiency

اسفرزه با نام علمی *Plantago ovata* Forsk. متعلق به تیره Plantaginaceae از جمله گیاهان دارویی ارزشمندی است که در کشورهای آسیایی و اروپایی به صورت گسترده مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Zargari, 1996). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که رشد و عملکرد این گونه با ارزش نیز مشابه سایر گیاهان، تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که حداکثر رشد و عملکرد دانه این گیاه در سطح ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، اما تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن کاهش رشد اسفرزه را موجب گردید (Ashraf et al., 2006). نتایج مهشواری و همکاران (Maheshwari et al., 2000) نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه، تعداد سنبله و طول سنبله اسفرزه برای تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد. همچنین، عملکرد دانه اسفرزه در تیمار ۲۵ کیلوگرم نسبت به شاهد ۳۰ درصد افزایش داشت. پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2007) با بررسی تأثیر نظام‌های مختلف کودی روی خصوصیات کمّی و کیفی اسفرزه گزارش نمودند که عملکرد دانه، عملکرد و محتوی موسیلاژ و فاکتور تورم دانه اسفرزه تحت تأثیر مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

بر این اساس، با توجه به نقش مثبت نیتروژن به‌عنوان عنصری ضروری و مؤثر بر رشد و عملکرد گیاهان و اهمیت شناخت تأثیر سطوح و منابع مختلف تأمین‌کننده نیتروژن و بهبود دهنده کارایی مصرف این عنصر، این مطالعه با هدف بررسی تغییرات شاخص‌های کارایی نیتروژن شامل جذب، مصرف و بهره‌وری در سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی و همچنین مقایسه کارایی مصرف نیتروژن در شرایط کاربرد این کودها با در نظر گرفتن سطح نیتروژن یکسان در گیاه دارویی اسفرزه طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر نهاده‌های مختلف آلی و شیمیایی بر عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و انواع شاخص‌های کارایی نیتروژن روی گیاه دارویی اسفرزه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح کود نیتروژن (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره، سه سطح کود دامی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی)، سه سطح ورمی‌کمپوست

(۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) و شاهد بودند. لازم به ذکر است کـه مقـادیر کود آلی به صورت معادل با محتوی نیتروژن در کود اوره تعیین شدند (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج خصوصیات خاک، کود دامی و ورمی‌کمپوست

Table 1- The results of soil, manure and vermicompost analysis

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن (%) Nitrogen (%)	فسفر (%) Phosphorus (%)	پتاسیم (%) Potassium (%)	ماده آلی (%) Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
خاک Soil	لومی- سیلتی Silty-loam	0.084	0.002	0.03	0.43	7.8	2.87
کود گاوی Cow manure	-	0.99	0.9	1.3	18	-	-
ورمی‌کمپوست Vermicompost	-	1.3-1.6	-	0.9-1.5	35-40	7.8-8.2	2-2.3

از آنجا که در حدود ۵۰ درصد نیتروژن در کـود دامـی طـی سـال اول پس از اضـافه کـردن ایـن نهـاده آلـی بـه خـاک آزاد مـی‌شـود (Rezvani Moghaddam et al., 2014)، لـذا میـزان کـود دامـی بصورت دو برابر میزان کود اوره بر حسـب محتـوی نیتـروژن در نظـر گرفتـه شـد. قبـل از انجـام آزمـایش، نمونـه‌بـرداری جهـت تعیـین خصوصیات خاک و کودهای آلی مورد استفاده انجام شد که نتـایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین در نیمه دوم اسفند ماه کـه شامل دیسک و تسطیح بود، کودهای آلی بـه خـاک اضـافه و سـپس بطور کامل با لایه سطحی مخلوط شدند. کود نیتـروژن در دو مرحلـه همزمان با کاشت و به شیوه سرک در مرحله سه برگی همـراه بـا آب آبیاری به خاک اضافه شد. عملیـات کاشـت بـه صـورت دسـتی و بـا مخلوط کردن بذر همراه با ماسه بادی روی پشته‌هـایی بـا فاصـله ۵۰ سانتی‌متر و روی پنج ردیف به طول سه متر انجام گرفت. بـه منظـور تسهیل در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله بعـد از کاشـت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تـا پایـان فصـل رشـد انجام شد. بعد از سبز شدن کامل بوته‌ها، عملیات تنک در مرحله ۶-۴ برگی برای دستیابی به تراکم ۲۰ بوته در متر مربع انجام شد. به‌منظور جلوگیری از تأثیر علف‌های هرز بـر اقتصـاد نیتـروژن، کنتـرل آنهـا از طریق وجین دستی طی دو نوبت در طول فصل رشد انجام گرفت.

با شروع مشاهده علائم ظـاهری گیـاه همچـون زردی و خشـک شدن برگ‌ها، قهوه‌ای شدن سنبله‌هـا و صـورتی رنـگ شـدن بـذرها عملیات برداشت بوته‌ها صورت گرفت. برای اندازه‌گیـری عملکـرد بـا حذف اثرات حاشیه‌ای (حذف دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متری ابتـدا و انتهای هر ردیف)، بوته‌ها از سطح ۴/۵ مترمربـع جمـع‌آوری شـدند. اندام‌های هوایی جمع‌آوری و جهت تعیین درصد نیتروژن به آزمایشگاه منتقل شدند. بمنظور تعیین درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و محاسبه شاخص‌های کارایی، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضـم بـا اسید سولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن موجود در عصـاره حاصـل توسط روش کجلدال (Ogg, 1960) اندازه‌گیری شد.

محاسبه شاخص‌های مختلف کارایی نیتروژن بـر اسـاس مطالعـه بینگام و همکاران(Bingham et al., 2012) طبق معـادلات شـماره (۱) تا (۵) به صورت زیر انجام گرفت:

$$NupE = (N_{off} / N_s) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

$$NutE_b = B / N_{off} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$NutEg = G_w / N_{off} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$NUE_b = B / N_s \quad \text{معادله (۴)}$$

$$NUE_g = G_w / N_s \quad \text{معادله (۵)}$$

در این معادله، NupE: کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن، N_{off}: نیتروژن موجود در زیست‌توده (گرم در متر مربع)، N_s: نیتروژن موجود در خاک که شامل نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن مصرفی (گرم در متر مربع) می‌باشد، $NutE_b$: کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد زیست‌توده، B: عملکرد زیست‌توده (گرم بر متر مربع)، NutEg: کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد دانه، G_w: عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)، NUE_b: کارایی استفاده (بهره-وری) نیتروژن بر حسب عملکرد زیست توده و NUE_g: کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد دانه می‌باشد.

لازم به ذکر است که به منظور تعیین این شاخص‌ها از داده‌های عملکرد دانه اسفرزه در مقاله اسدی و همکاران (Asadi et al.,

2013) استفاده شد. در نهایت، تجزیه آماری داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS 9.1 (Sabouri Rad et al., 2012) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد دانه اسفرزه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲)؛ بطوری‌که تمامی تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب با ۵۴/۸ و ۴۷/۶ گرم در متر مربع برای تیمار شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). جزئیات دقیق‌تر تأثیر کودها و سطوح مختلف شیمیایی آلی بر خصوصیات کمّی اسفرزه در مقاله اسدی و همکاران (Asadi et al., 2013) به تفصیل ارائه شده است.

عملکرد زیست توده: تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد زیست توده اسفرزه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). با توجه به جدول ۳ تمامی تیمارهای کودی در مقایسه با شاهد باعث افزایش عملکرد زیست توده اسفرزه شدند، به‌طوری‌که تیمارهای متناظر کود آلی در مقایسه با کود شیمیایی باعث افزایش بیشتر عملکرد زیست توده شدند. بیشترین و کمترین عملکرد زیست توده به ترتیب برای تیمار ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و شاهد با ۹۸/۲ و ۸۲/۶ گرم در متر مربع بدست آمد (جدول ۳). صالحی و همکاران (Salehi et al., 2011) گزارش کردند که مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فراهم کردن جذب عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک، باعث افزایش زیست توده بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) می‌شود. مصرف ۱۵ تن در هکتار کود دامی بیوماس علف لیمو[1] (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var. *motia* Burk.) را ۱۰/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که دلیل این امر به توانایی کود دامی در افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود شرایط تغذیه‌ای خاک نسبت داده شد (Rao, 2001).

درصد نیتروژن زیست توده: تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر درصد نیتروژن زیست توده اسفرزه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که تمامی تیمارها به غیر از مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. همچنین در کودهای آلی و شیمیایی، با افزایش سطوح کودی درصد نیتروژن زیست توده نیز افزایش یافت (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود روند افزایش درصد نیتروژن در زیست توده هماهنگ با عملکرد دانه و عملکرد زیست توده است، به‌طوری‌که با افزایش درصد نیتروژن عملکرد زیست توده نیز افزایش یافت. نتایج برخی مطالعات (Bandyopadhyay & Sarkar, 2005; Serret et al., 2008; Baitilwake et al., 2011) نیز مشابه با نتایج این آزمایش می‌باشد. در مطالعه‌ای روی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) مشاهده شد که با افزایش سطح کود مصرفی تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، محتوی نیتروژن بافت‌های گیاهی افزایش پیدا کرد (Singh, 2012). با این‌وجود، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2014) با بررسی تأثیر تیمارهای مختلف کودی روی درصد نیتروژن اندام‌های مختلف گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که درصد نیتروژن اندام‌های مختلف سیاهدانه کمتر تحت تأثیر منبع کودی و میزان نیتروژن خاک قرار می‌گیرد. آنها این موضوع را به متحرک بودن نیتروژن و فرآیندهای تأثیرگذار بر تخصیص این عنصر متحرک در داخل گیاه نسبت دادند.

محتوای نیتروژن زیست توده: تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۱) بر میزان نیتروژن زیست توده اسفرزه داشت (جدول ۲). با این وجود، تمامی تیمارها به غیر از تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند؛ به‌طوری‌که در نتیجه کاربرد ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۱۵ تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، محتوای نیتروژن زیست توده نسبت به شاهد به ترتیب ۴۰، ۳۵ و ۲۴ درصد افزایش یافت. با مقایسه تیمارهای مختلف مشخص گردید که ورمی‌کمپوست و کود دامی بیشترین تأثیر را در افزایش محتوی نیتروژن زیست توده نشان دادند و در مقایسه با کود شیمیایی از این جهت برتری داشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد که آبشویی بیشتر نیتروژن در تیمارهای مصرف نیتروژن به صورت شیمیایی به‌دلیل بالا بودن تحرک نیتروژن و در نتیجه کاهش فراهمی این عنصر در خاک، در نهایت کاهش رشد و زیست توده گیاه را به دنبال داشته است. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد همین امر علت کاهش محتوای نیتروژن زیست توده اسفرزه در تیمارهای مصرف شیمیایی نیتروژن در مقایسه با تیمارهای آلی باشد. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2014) نیز به نتایج مشابهی روی گیاه دارویی سیاهدانه دست یافتند.

کارایی جذب نیتروژن (بازیافت): اثر تیمارهای مختلف کودی بر کارایی جذب نیتروژن اسفرزه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن اسفرزه به ترتیب برای تیمار ۵ تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به ترتیب با ۸/۹۴ و ۷/۰۱ گرم نیتروژن جذب شده به گرم

1- Palmarosa

نیتروژن موجود در خاک) بدست آمد. همانگونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد، با افزایش مصرف کود از میزان کارایی جذب نیتروژن کاسته شد که به نظر می‌رسد دلیل این امر به افزایش تلفات نیتروژن و به تبع آن کاهش فراهمی و از دسترس خارج شدن این عنصر تحت تأثیر دلایل مختلف از جمله آبشویی مربوط باشد. در این ارتباط سینگ (Singh, 2012) گزارش کرد که کارایی جذب نیتروژن با افزایش سطح کودی کاهش پیدا کرد و این کاهش در شرایط بدون مالچ در مقایسه با کاربرد مالچ شدیدتر بود. وی دلیل این موضوع را به آبشویی بیشتر کود در شرایط عدم استفاده از مالچ مربوط دانست. در آزمایشی روی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) گزارش شد که افزایش کود نیتروژن مصرفی از صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کارایی جذب نیتروژن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد Zhang et al., (2012).

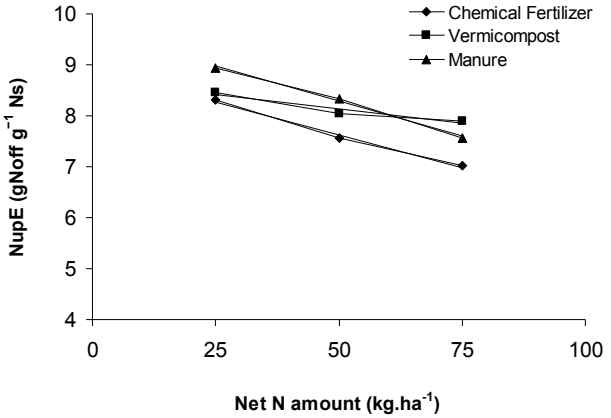
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد نیتروژن، محتوای نیتروژن زیست توده، عملکرد و شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و زیست توده اسفرزه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for percentage of nitrogen, nitrogen content of biomass, yield and nitrogen use efficiency indices based on seed and biological yields of isabgol under different fertilizer treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	درصد نیتروژن زیست توده Percent nitrogen of biomass	محتوای نیتروژن زیست توده Nitrogen content of biomass	کارایی جذب نیتروژن NUpE	کارایی مصرف نیتروژن NUtE		بهره‌وری نیتروژن NUE	
							عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield
بلوک Block	2	0.42^{ns}	0.72^{ns}	0.009^{ns}	0.008^{ns}	0.49^{ns}	14.89^{ns}	52.15^{ns}	0.001^{ns}	0.003^{ns}
تیمار Treatment	9	21.57**	82.21**	0.04**	0.08**	0.95*	75.83**	201.47**	0.94**	2.66**
خطا Error	18	0.26	10.06	0.01	0.009	0.4	11.58	33.64	0.001	0.005

ns، * و **: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

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



شکل ۱- اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی جذب نیتروژن اسفرزه

Fig. 1- Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on isabgol NupE

با وجود عدم اختلاف معنی‌دار، کارایی جذب نیتروژن اسفرزه برای سطوح متناظر تیمارهای کود آلی در مقایسه با کود شیمیایی بالاتر بود که دلیل این امر را می‌توان به فراهمی مناسب‌تر نیتروژن طی فرآیند معدنی شدن تدریجی کودهای آلی در مقایسه با کود شیمیایی نسبت داد. نتایج آزمایشی روی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نشان داد که کارایی جذب نیتروژن با مقدار مصرف کود نیتروژن رابطه عکس داشت، به‌طوری‌که با افزایش مصرف کود بر اساس قانون بازده نزولی، کارایی بازیافت نیتروژن کاهش یافت

(Ameri et al., 2007).

کارایی مصرف نیتروژن (فیزیولوژیک): تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر شاخص کارایی مصرف نیتروژن اسفرزه بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار این شاخص بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده به ترتیب برابر با ۵۷/۳۵ و ۹۹/۵۹ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده در شرایط عدم استفاده از کود (شاهد) به‌دست آمد که در مقایسه با تمامی تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). در مقایسه کودهای آلی و شیمیایی بیشترین مقدار این شاخص بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده به ترتیب با ۴۹/۷۶ و ۸۶/۶۳ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده برای تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به رابطه عکس بین مقدار نیتروژن جذب شده زیست توده با کارایی مصرف نیتروژن، چنین به نظر می‌رسد که دلیل افزایش کارایی مصرف نیتروژن در تیمارهای کود شیمیایی در مقایسه با کودهای آلی به کاهش میزان نیتروژن در دسترس گیاه بدلیل بالا بودن میزان آبشویی و در نتیجه کاهش جذب نیتروژن در این تیمارها مربوط باشد.

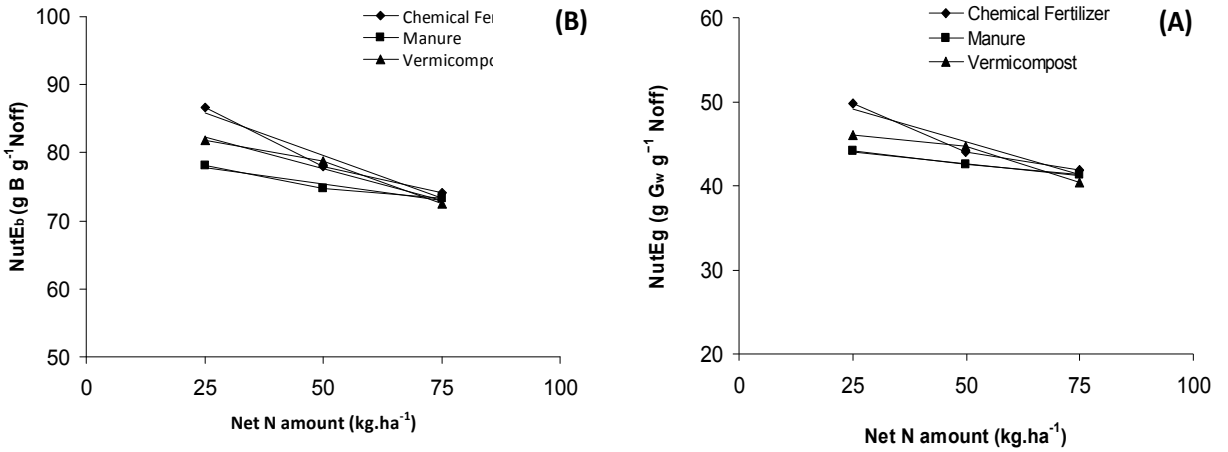
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده اسفرزه

Table 3- Mean comparisons for the effect of different levels of chemical and organic fertilizers on yield and nitrogen efficiency indices based on seed and biological yields of isabgol

تیمار Treatment	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد زیست توده (گرم بر متر مربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد نیتروژن زیست توده Percent nitrogen of biomass (٪)	محتوای نیتروژن زیست توده (گرم بر متر مربع) Nitrogen content of biomass ($g.m^{-2}$)	کارایی جذب نیتروژن NUPE ($gNper\ g^{-1}$ Ns)	کارایی مصرف نیتروژن NUtE		بهره‌وری نیتروژن NUE	
						عملکرد دانه Seed yield ($g\ G_w$ per g^{-1} N)	عملکرد زیست توده Biological yield ($g\ B\ g^{-1}$Noff)	عملکرد دانه Seed yield ($g\ G_w$ per g^{-1} Ns)	عملکرد زیست توده Biological yield ($g\ B\ g^{-1}$ Ns)
۲۵ گیلوگرم نیتروژن در هکتار 25 $kg.ha^{-1}$ N	48.53fe*	84.52f	1.16bc	0.97de	8.3ab	49.76b	86.63b	3.93b	6.85b
۵۰ گیلوگرم نیتروژن در هکتار 50 $kg.ha^{-1}$ N	49.16e	87.03e	1.29ab	1.12bdc	7.56bc	44.04bc	77.93bc	3.31e	5.87e
۷۵ گیلوگرم نیتروژن در هکتار 75 $kg.ha^{-1}$ N	50.59d	89.53d	1.36a	1.21abc	7.01c	41.89c	74.09c	2.92g	5.16h
۵ تن کود دامی 5 $t.ha^{-1}$ Manure	48.63fe	86.03fe	1.28ab	1.1dc	8.94a	44.19bc	78.17bc	3.94b	6.98b
۱۰ تن کود دامی 10 $t.ha^{-1}$ Manure	52.21c	91.8c	1.35ab	1.23abc	8.34ab	42.49c	74.74c	3.52d	6.19d
۱۵ تن کود دامی 15 $t.ha^{-1}$ Manure	53.92b	95.56b	1.37a	1.31ab	7.57bc	41.35c	73.27c	3.11f	5.51g
۲ تن ورمی‌کمپوست 2 $t.ha^{-1}$ vermicopost	48.06fg	85.32fe	1.22ab	1.04dc	8.46ab	46.09bc	81.81bc	3.89b	6.92b
۴ تن ورمی‌کمپوست 4 $t.ha^{-1}$ vermicopost	53.31b	93.94b	1.27ab	1.19abc	8.05abc	44.71bc	78.77bc	3.59c	6.33c
۶ تن ورمی‌کمپوست 6 $t.ha^{-1}$ vermicopost	54.84a	98.25a	1.39a	1.36a	7.9abc	40.45c	72.45c	3.16f	5.67f
شاهد Control	47.58g	82.57g	1.01c	0.83e	8.47ab	57.35a	99.59a	4.84a	8.4a

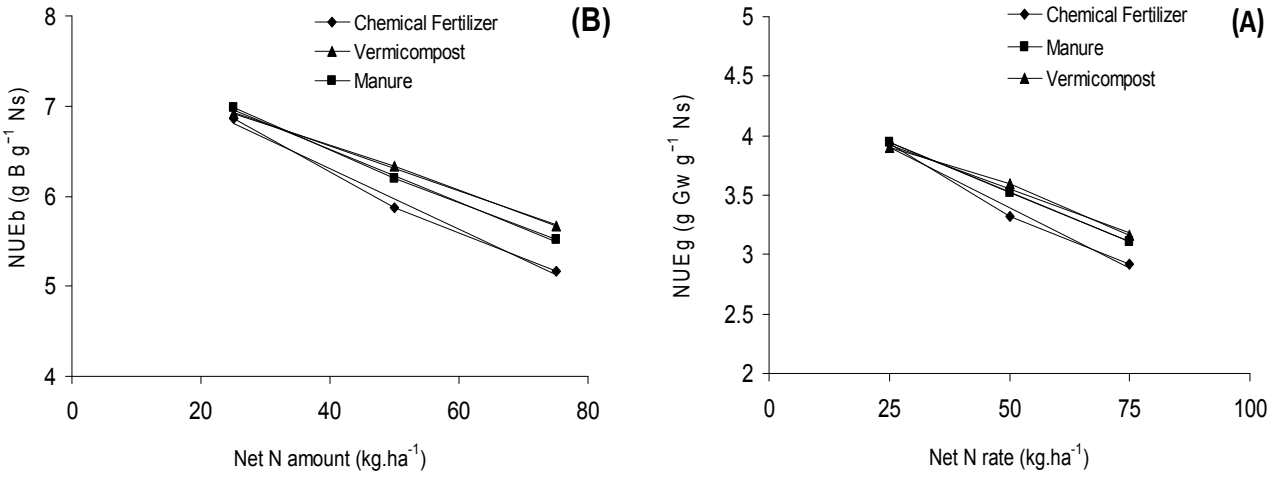
* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column, means with a common letter at the 5% probability level according to Duncan's multiple range test are not significantly different statistically.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی مصرف نیتروژن بر اساس (الف) عملکرد دانه و (ب) زیست توده اسفرزه

Fig. 2- Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on NutE based on (a) seed yield and (b) biological yield of isabgol



شکل ۳- اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر بهره‌وری نیتروژن بر اساس (الف) عملکرد دانه و (ب) زیست توده اسفرزه

Fig. 2- Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on NUE_g based on (a) seed yield and (b) biological yield of isabgol

در همین راستا، تیمسینا و همکاران (Timsina et al., 2001) پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن برنج (*Oryza sativa* L.) در مقایسه با گندم (*Triticom aestivom* L.) را به دنیتریفیکاسیون و آبشویی بیشتر نیتروژن در مزارع برنج نسبت دادند. همچنین با توجه به شکل ۲- الف و ب مشخص است که با افزایش میزان کود مصرفی (اعم از کودهای آلی و شیمیایی)، میزان کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. باندیوپادهیای و سارکار (Bandyopadhyay & Sarkar, 2005) در مطالعه خود روی برنج، بهبود جذب نیتروژن در سطوح پایین‌تر کودی را دلیل این موضوع بیان نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش مقدار کود، درصد و محتوای نیتروژن زیست توده اسفرزه افزایش یافت. اگرچه بر اساس قانون بازده نزولی بالاترین کارایی مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده برای شاهد بدست آمد و با افزایش مقدار کود کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن کاهش یافت، ولی بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن اسفرزه به ترتیب با ۸/۹ و ۷/۰ گرم نیتروژن جذب شده به ازای گرم نیتروژن موجود در خاک برای تیمار ۵ تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد. همچنین از آنجا که کودهای آلی از نظر کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن در مقایسه با کود شیمیایی برتری داشتند و مصرف

کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی باعث بهبود عملکرد، کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن شد، لذا می‌توان مصرف نهاده‌های آلی را بعنوان راهکاری پایدار برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های مختلف زراعی مدنظر قرار داد که این امر علاوه بر بهبود کارایی نیتروژن، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را تحت تأثیر آزادسازی تدریجی عناصر غذایی به دنبال دارد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از طرح شماره ۲۲۵۰۵/۲ مورخ ۱۳۹۱/۰۵/۰۱ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Ameri, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghadam, P. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5(2): 315-325. (In Persian with English Summary)
2. Asadi, G.A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, and Khorramdel, S. 2013. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago ovata*) affected by different fertilizers. Journal of Horticultural Science in Press. (In Persian with English Summary)
3. Ashraf, M., Ali, Q., and Rha, E.S. 2006. Effect of varying nitrogen regimes on growth, seed yield, and nutrient accumulation in Isabgol. Journal of Plant Nutrition 29: 535-542.
4. Baitilwake, M.A., de Bolle, S.D., Salomez, J., Mrema, J.P., and de Neve, S.D. 2011. Effects of manure nitrogen on vegetables' yield and nitrogen efficiency in Tanzania. International Journal of Plant Production 5: 417-430.
5. Bandyopadhyay, K.K., and Sarkar, M.C. 2005. Nitrogen use efficiency, 15N balance, and nitrogen losses in flooded rice in an inceptisol. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1661-1679.
6. Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J., and Lloveras, J. 2009. Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 30: 163-171.
7. Bingham, I.J., Karley, A.J., White, P.J., Thomas, W.T.B., and Russell, J.R. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. European Journal of Agronomy 42: 49-58.
8. Darwish, O.H., Persaud, N., and Martens, D.C. 1995. Effect of long-term application of animal manure on physical properties of three soils. Plant and Soil 176: 289-295.
9. Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial Crops and Products 27: 75-85.
10. Fageria C., and Li, Y.C. 2008, N.K., Baligar, V. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. Journal of Plant Nutrition 31: 1121-1157.
11. Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. Journal of Experimental Botany 53: 789-799.
12. Huang, M., Liang, T., Ou-Yang, Z., Wang, L., Zhang, C., and Zhou, C. 2011. Leaching losses of nitrate nitrogen and dissolved organic nitrogen from a yearly two crops system, wheat-maize, under monsoon situations. Nutrient Cycling in Agroecosystems 91: 77-89.
13. Jones, D., and Haggar, R.J. 1997. Impact of nitrogen and organic manures on yield, botanical composition and herbage quality of two contrasting grassland field margins. Biological Agriculture and Horticulture 14: 107-123.
14. Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nasiri Mahallati, M. 2007. The effects of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* Forsk. and *Plantago psyllium*. Asian Journal of Plant Sciences 6: 1229-1234.
15. Maheshwari, S.K., Sharma, R.K., and Gangrade, S.K. 2000. Performance of isabgol or blond psyllium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizers in shallow black soil. Indian Journal of Agronomy 45: 443-446.
16. Mahmuti, M., West, J.S., Watts, J., Gladders, P., and Fitt, B.D.L. 2009. Controlling crop disease contributes to both food security and climate change mitigation. International Journal Agricultural sustainability 7: 189–202.
17. Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562–564.
18. Ogg, C.L. 1960. Determination of nitrogen by the micro-Kjeldahl method. Journal of the Association of official Analytical Chemists 43: 689-693.
19. Pouryousef M., Chaichi M.R., and Mazaheri, D. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Plant Sciences 6: 1088-1092.
20. Rao, B.R.R. 2001. Biomass and essential oil yields of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var. motia Burk.) Supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. Industrial Crops and Products 14: 171-178.
21. Raun, W.R., and Johnson, G.V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal

91: 357-363.
22. Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S.M., and Azad, M. 2014. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3(30): (In Persian with English Summary)
23. Sabouri Rad, S., Kafi, M., Nezami, A., and Banayan Aval, M. 2012. Evaluation of germination behavior of kochia seed (*Kochia scoparia* L. Schard.) under different temperatures and salinity stress levels. Agroecology 4(4): 282-293.
24. Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Asgharzade, A. 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 188-201. (In Persian with English Summary)
25. Serret, M.D., Ortiz-Monasterio, I., Pardo, A., and Araus, J.L. 2008. The effects of urea fertilization and genotype on yield, nitrogen use efficiency, $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ in wheat. Annals of Applied Biology 153: 243-257.
26. Singh, M. 2012. Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Archives of Agronomy and Soil Science 59: 273-279.
27. Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. In: Basra, A., Goyal S., and Tishner, R. (Eds.), Enhancing the Efficiency of Nitrogen Utilization in Plants, Journal of Crop Improvement. Food Product Press. The Haworth Press Inc. 213–257.
28. Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice–wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72: 143-161.
29. Walters, D.T., Aulakh, M.S., and Doran, J.W. 1992. Effects of soil aeration, legume residue, and soil texture on transformations of macro- and micronutrients in soils. Soil Science 153: 100-107.
30. Yang, S.M., Malhi, S.S., Song, J.R., Xiong, Y.C., Yue, W.Y., Lu, L.L., Wang, J.G., and Guo, T.W. 2006. Crop yield, nitrogen uptake and nitrate-nitrogen accumulation in soil as affected by 23 annual applications of fertilizer and manure in the rainfed region of Northwestern China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76: 81-94.
31. Zargari, A. 1994. Medicinal Plants No.4. 6th Editions, Tehran University Press, Iran p. 194-205. (In Persian)
32. Zhang, D., Li, W., Xin, C., Tang, W., Eneji, A.E., and Dong, H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. Field Crops Research 138: 63-70.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۹۴-۳۸۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 383-394

۳۰ سال پژوهش‌های زراعی در ایران: ۱- بررسی سیر تحول، خلاءها و تعیین اولویت‌ها

مهدی نصیری محلاتی[۱]، علیرضا کوچکی[۱]، رضا قربانی[۱] و سرور خرم دل[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

علی‌رغم توجه ویژه‌ای که طی چند ساله اخیر به توسعه پژوهش و تولید علم در کشور شده است، ولی تا کنون مطالعه جامعی که براساس شواهد علمی روند تولید علم در تحقیقات زراعی را بررسی کرده و اولویت‌های پژوهشی آینده را به‌منظور ارتقاء کیفی این تحقیقات تعیین کند، انجام نشده و یا (در صورت انجام) انتشار نیافته است. به‌منظور بررسی ساختار، خلاءها و اولویت پژوهشی، مطالعه‌ای روی ۲۳۶۱ مقاله علمی-پژوهشی مرتبط با علوم زراعی که طی ۳۰ سال گذشته (۸۸-۱۳۵۸) در مجلات داخل کشور منتشر شده است، به اجرا در آمد. مقالات از نظر نوع گیاه، مدت و مقیاس مکانی اجرا، موضوع و نوع تحقیق، طبقه‌بندی و نتایج به‌صورت آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تعداد مقالات منتشر شده در کشور پس از یک دوره رکود طولانی ۱۰ ساله با الگویی سیگموئیدی به‌طور چشمگیری افزایش یافته و در پایان دوره به حدود ۲۴۰ مقاله در سال رسید. غلات و گیاهان صنعتی بیشترین گیاهان تحت بررسی در این مقالات بوده و گیاهان علوفه‌ای، گیاهان دارویی و حبوبات به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. آزمایش‌های یکساله در مورد تمام محصولات بیشترین فراوانی را داشته و بطور متوسط ۸۳ درص از کل مقالات مربوط به آزمایش‌های یکساله و کمتر از ۱۰ درصد مربوط به آزمایش‌های چندساله بودند. به‌علاوه ۵۸ درصد از کل مقالات حاصل آزمایش‌های ایستگاهی بوده و ۳۰ درصد نیز در محیط‌های کنترل شده اجرا شدند، در نتیجه سهم پژوهش‌های بلند مدت و در مقیاس کلان ملی/منطقه‌ای بسیار اندک می‌باشد. روش‌های مختلف مدیریت زراعی ۳۵ درصد از کل مقالات را به خود اختصاص دادند، درحالی‌که سهم موضوع‌هایی نظیر پایداری بوم‌نظام‌ها، هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی و مدل‌سازی کمتر از ۵ درصد بود و سایر موضوعات پژوهشی فراوانی بین ۵ تا ۱۰ درصد را از کل مقالات داشتند و این خلاءهای پژوهشی در مورد تمام محصولات زراعی وضعیت مشابهی داشت. در مجموع ۶۴ درصد از کل مقالات بررسی شده از نوع کاربردی بودند؛ در حالی‌که سهم مقالات راهبردی و بنیادی به ترتیب ۱۰ و ۱ درصد بود. به‌طورکلی، بر اساس یافته‌های این تحقیق نتیجه‌گیری شد که علیرغم رشد کمّی تعداد مقالات منتشر شده در کشور، نظام حاکم بر این پژوهش‌ها از الگوی مطلوبی برخوردار نبوده و اولویت‌هایی نظیر تأثیر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی کشور، پایداری بوم نظام‌ها با تأکید بر مدیریت منابع، حفظ و ارتقاء تنوع زیستی کشاورزی که ماهیتاً در قالب آزمایش‌های بلند مدت بوده و در مقیاس مکانی وسیع مطالعه می‌شوند، از نظر دور مانده است.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌های پژوهشی، مقیاس پژوهش، موضوع پژوهش، نظام ملّی تحقیقات کشاورزی

مقدمه

پژوهش‌های زراعی طی تاریخ تکامل خود علی‌رغم جهت‌گیری‌های مختلف، همواره افزایش تولید را به‌عنوان هدف اصلی دنبال کرده‌اند (Alison et al., 1998). از طرف دیگر، پیچیدگی‌های موجود در کلیه سطوح کارکردی نظام‌های مختلف زراعی (از تک بوته تا بوم‌نظام) موجب شده است تا طی زمان قلمرو «زراعت» و به تبع آن پژوهش‌های زراعی، گسترش یابد. مروری بر مجلات بین‌المللی مرتبط با این نوع پژوهش‌ها به‌وضوح نشان می‌دهد که طی چند دهه گذشته تحقیقات زراعی از توصیه‌های صرفاً مدیریتی متکی بر روش‌های کلاسیک آماری، فراتر رفته و در قالبی چند رشته‌ای و با بهره‌گیری از روش‌های پیچیده ریاضی، رشد و نمو گیاهان زراعی را از ابعاد فیزیولوژیکی و اکولوژیکی مورد بررسی قرار داده است (De Wit, 2002). از سوی دیگر، بروز مسائلی مانند بحران جهانی آب، کاهش بهره‌وری نهاده‌های شیمیایی، پی‌آمدهای زیست محیطی مصرف نهاده‌های شیمیایی، کاهش تنوع زیستی، تغییر اقلیم و نظایر آن اولویت‌های تحقیقاتی جدیدی را برای متخصصین زراعت بوجود آورده است که مطالعه آنها مستلزم به‌کارگیری راه‌کارها و متدولوژی نوین پژوهشی برای مدیریت می‌باشد (Davis et al., 1999; Lale et al.,

۱ و ۲- به ترتیب استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: khorramdel@um.ac.ir

2010).

نظام تحقیقات کشاورزی نقش تعیین‌کننده‌ای را در ایجاد و کاربردی کردن فناوری‌های نوین زراعی و ارائه مشاوره‌های فنی به برنامه‌ریزان دولت به‌عهده دارد و بر این اساس نظام ملی تحقیقات کشاورزی (NARS)[1]، در بسیاری از کشورهای جهان شکل گرفته است (Greenland et al., 2000) تا علاوه بر تربیت محققین برجسته ساختار پویایی را برای نیل به اهداف فوق ایجاد کند (Mannion, 2005). در همین راستا، مؤسسات بین‌المللی مختلفی نیز تشکیل شده است و «"سرویس بین‌المللی برای تحقیقات کشاورزی ملی» (ISNAR)[2] از جمله معتبرترین ساختارهایی است که فعالیت خود را از دهه ۸۰ میلادی آغاز کرده است (Dagg, 1999).

به‌علاوه، مطالعات مختلفی نیز در ارتباط با طراحی الگوهای نوین جهت پژوهش‌های کشاورزی در سطوح مختلف جهانی صورت گرفته است. بیگز (Biggs, 2000) با بررسی منابع ایجاد نوآوری در جهت بهبود فناوری‌های کشاورزی نشان داد که توسعه و حمایت از پژوهش‌های چندرشته‌ای[3] و پویا شدن اولویت‌های پژوهشی از جمله روش‌های مؤثر برای رسیدن به این اهداف می‌باشند. فرسکو (Fresco, 1999; Fresco, 2001) و دویت (De Wit, 2002) نیز بر اهمیت مقیاس در مطالعات اکولوژیکی و به‌زراعی تأکید کرده و خاطر نشان ساختند که موفقیت پژوهش‌های آینده در صورتی تضمین خواهد شد که اولویت‌بندی تحقیقات در مقیاس‌های مختلف بصورتی هماهنگ و برنامه‌ریزی شده تعیین شود. در استرالیا، دیویس و همکاران (Davis et al., 1999) اولویت‌های پژوهشی کشاورزی را از طریق آنالیز هزینه/سود[4] مورد بررسی قرار داده و مشخص ساختند که سرمایه‌گذاری پژوهشی در چه مواردی بیشترین بازده اقتصادی از نظر افزایش تولید را به همراه خواهد داشت.

آلیسون و همکاران (Alison et al., 2001) با اجرای فراتحلیل روی پژوهش‌های کشاورزی انجام شده طی یک دوره ۴۰ ساله در آمریکا، مقالات منتشر شده در این دوره را به طرق مختلف طبقه‌بندی کرده و به بررسی بازده اقتصادی آنها پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بخش عمده پژوهش‌های انجام شده در این کشور از نوع کاربردی بوده و ۴۶/۸ درصد از مقالات به افزایش عملکرد محصولات زراعی مربوط بوده‌اند. از سوی دیگر، بر اساس توصیه‌های گروه مشاوره‌ای تحقیقات بین‌المللی کشاورزی[5] (TAC/CGIAR, 2008) تحقیقات در مورد مدیریت و حفاظت از منابع پایه به‌منظور تولید پایدار مواد غذایی بر مطالعات بهبود یا افزایش عملکرد گیاهان زراعی اولویت دارد. بنابراین، چنین بنظر می‌رسد که حتی در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر آمریکا نیز اولویت‌های پژوهشی هنوز بدرستی مشخص نمی‌باشند.

در ایران طی ۳۰ سال گذشته پژوهش‌های زراعی گسترش چشمگیری یافته و افزایش قابل ملاحظه تعداد مجلات علمی مرتبط با این علوم و انتشار یافته‌های تحقیقاتی در این مجلات گواه این پیشرفت است. با وجود اهمیت آگاهی از ساختار و جهت‌گیری این پژوهش‌ها، تا کنون بررسی جامعی در مورد سیر تحوّل آنها در کشور انجام نشده است و در نتیجه خلاءها و اولویت‌های پژوهشی نیز بدرستی مشخص نمی‌باشند.

هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی سیر تحول ۳۰ ساله مقالات منتشر شده در مجلات علمی پژوهشی کشور و گروه‌بندی آنها از ابعاد مختلف، بررسی سیر تحول، تعیین خلاءهای موجود و اولویت‌بندی پژوهش‌های مرتبط با علوم زراعی در گروه‌های مختلف تخصصی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این مطالعه کلیهٔ مقالات انتشار یافته در مجلات علمی- پژوهشی مرتبط با علوم زراعی کشور طی دورهٔ ۳۰ ساله ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفتند. قابل ذکر است این مقالات، به نحوی انتخاب شدند که اهداف، تیمارها و یا نتایج آنها به نحوی با جنبه‌های مختلف مدیریت و تولید محصولات زراعی مربوط باشد. بنابراین، مقالاتی که منحصراً به مباحث تخصصی علوم خاک، مهندسی آب، مهندسی زراعی و نظایر آن پرداخته‌اند جزو مقالات انتخاب شده نمی‌باشند، در حالی‌که تغذیه گیاه، توصیه‌های کودی برای گیاهان زراعی، کودهای بیولوژیک، تیمارهای آبیاری و روش-های آماده‌سازی زمین در قلمرو مقالات انتخاب شده برای این پژوهش بودند. بر این اساس مجموعاً تعداد ۲۳۶۱ مقاله از مجلات انتشار یافته در دورهٔ زمانی ۳۰ ساله فوق‌الذکر انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده، پژوهش-های زراعی انجام شده در کشور به روش‌های مختلف بصورت زیر طبقه بندی شدند (Davis et al., 1999; Eyzaguirre, 2001).

طبقه‌بندی بر اساس نوع محصولات زراعی

بر این اساس مقالات منتخب در هشت گروه محصولات زراعی شامل غلات، گیاهان علوفه‌ای، گیاهان دارویی، حبوبات، گیاهان قندی–نشاسته‌ای، گیاهان روغنی و گیاهان الیافی (سه گروه آخر گیاهان صنعتی محسوب می‌شوند) گروه‌بندی شده و فراوانی مقالات در هر گروه تعیین گردید.

1- National agricultural research system
2- International service for national agricultural research
3- Multidisciplinary
4- Cost/benefit analysis
5- Consultative group on international agricultural Research (CGIAR)

طبقه‌بندی بر اساس مدت زمان اجرایی پژوهش

بر اساس روش اجرای پژوهشی ذکر شده در چکیدهٔ مقالات، آزمایش‌های یکساله، دوساله و چندساله (با مدت اجرای بیشتر از دو سال) مشخص و فراوانی آنها در کل مقالات و برای هر گروه از محصولات زراعی تعیین شد.

طبقه‌بندی بر اساس مقیاس (یا محیط) اجرایی پژوهش

با مراجعه به چکیده مقالات، آزمایش‌های اجرا شده در ایستگاه-های تحقیقاتی (آزمایش‌های ایستگاهی)، آزمایش‌های انجام شده در محیط‌های کنترل شده (گلخانه یا آزمایشگاه)، آزمایش‌های انجام شده در مزارع تولید کنندگان و نیز پژوهش‌های انجام شده در مقیاس منطقه‌ای و ملی تفکیک و فراوانی آنها تعیین گردید.

طبقه‌بندی بر اساس موضوع پژوهش

به این منظور ده موضوع اصلی پژوهشی شامل مدیریت زراعی (موضوعاتی نظیر تاریخ کاشت، تراکم کاشت، آماده سازی زمین و ....) تغذیه گیاه، تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده)، به‌نژادی (به مفهوم عام)، علف‌های هرز (کلیهٔ شاخه‌ها)، فیزیولوژی گیاهی، بذر، پایداری بوم نظام، هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی و مدلسازی تعریف و مقالات تحت بررسی بر حسب روش، اهداف و نوع تیمارها در یکی از این گروه‌های ۱۰ گانه جای گرفته و در نهایت، فراوانی مقالات مربوط به هر موضوع از کل مقالات و نیز برای هر گروه از محصولات زراعی تعیین گردید. لازم به ذکر است اگرچه انتخاب موضوعات پژوهشی بر اساس تشخیص نویسندگان بود، ولی سعی شد تا به صورت جامعی دامنهٔ وسیعی از شاخه‌های تخصصی را در بر داشته باشد.

طبقه‌بندی بر اساس نوع پژوهش

برای تعیین نوع پژوهش‌ها از گروه‌بندی ارائه شده توسط CGIAR برای نظام تحقیقات بین‌المللی کشاورزی استفاده شد (Eyzaguirre, 2001). براین اساس نظام جهانی تحقیقات کشاورزی پنج نوع پژوهش را در بر می‌گیرد که عبارتند از:

پژوهش‌های بنیادی[1] (کشف مکانیسم‌های جدید، تولید مواد یا نهاده‌های جدید، جمع‌آوری با معرفی گونه‌ها یا مواد گیاهی با کارآیی یا خواص ویژه، شناسایی و ارزیابی کارکردهای یک گونه، اندام یا ژن و نظایر آن). این نوع پژوهش‌ها وابسته به مکان اجرای آزمایش نبوده و نتایج حاصل از آنها کاربرد جهانی دارد. به علاوه برای اجرای آنها به ابزار و تجهیزات پیشرفته‌ای نیاز می‌باشد.

پژوهش‌های راهبردی[2] (شناسایی و تلفیق یافته‌های حاصل از پژوهش‌های شاخه‌های مختلف علوم زراعی، شناسایی مقایسه و یا ابداع روش‌های اندازه‌گیری یا اجرای آزمایش‌های نوین (ارائه روش شناسی)، مقایسه فناوری‌های نوین، مدلسازی و نظایر آن). این نوع پژوهش‌ها نیز به محل اجرای آن وابسته نبوده و نتایج آنها کاربرد جهانی و عام به دنبال دارد.

پژوهش‌های کاربردی[3] (ایجاد فناوری‌های جدید قبل از سازگار کردن آنها به شرایط محلی، توصیه‌های کودی، مدیریت زراعی و نظایر آن). این نوع پژوهش‌ها معمولاً به صورت محلی (منطقه‌ای) و یا در سطح ملی قابل اجرا هستند.

پژوهش‌های سازگارسازی[4] (انطباق دادن یافته‌ها و نتایج حاصل از مطالعات کاربردی نسبت به شرایط خاص محلی). این پژوهش‌ها به صورت محلی اجرا شده و آزمایش‌های مزرعه‌ای[5] که با مشارکت کشاورزان انجام می‌گیرد نوعی از آنها محسوب می‌شود.

غربال و معرفی ارقام[6] (آزمایش‌های گسترده جهت معرفی ارقام به به مزارع، آزمایش‌های پیش از آزادسازی، آزمایش‌های ارزیابی در شرایط مزرعه، آزمایش‌های سازگاری و نظایر آن). معمولاً این پژوهش‌ها به صورت محلی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، یا به صورت مزرعه‌ای در بوم‌نظام‌های زراعی اجرا می‌شوند.

با توجه به این گروه‌بندی‌های ذکر شده در فوق فراوانی مقالات مربوط به هر نوع پژوهش و نیز فراوانی انواع پژوهش‌ها در بین گروه‌های محصولات زراعی تعیین گردید.

پس از تعیین فراوانی مقالات در هر یک از روش‌های گروه‌بندی، نتایج با تشکیل جداول توافقی[7] و محاسبهٔ فراوانی‌های مورد انتظار با اجرای آزمون کای مربع (χ^2) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. جهت انجام این آزمون‌ها از نرم افزارSigma Stat ver. 1.0 استفاده شد. آزمون χ^2 برای ارزیابی کل اختلافات و نیز مقایسه اختلافات درون گروهی به اجرا در آمد. لازم به ذکر است که هدف اصلی این پژوهش مقایسه آماری بین مقالات در انواع طبقه‌بندی نبود و اجرای مقایسات آماری تنها ابزاری برای نشان دادن وضعیت عمومی توزیع مقالات علمی- پژوهشی کشور براساس طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد.

نتایج

براساس نتایج بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که تعداد کل مقالات منتشر شده در کشور در شاخه‌های مختلف علوم زراعی طی ۳۰ سال گذشته رشد چشمگیری داشته و از حدود ۲۰ مقاله در سال ۱۳۵۸ به ۲۴۰ مقاله در پایان دوره افزایش یافت. البته روند مشاهده شده در رشد مقالات سیگموئیدی بود (شکل ۱) و پس از یک

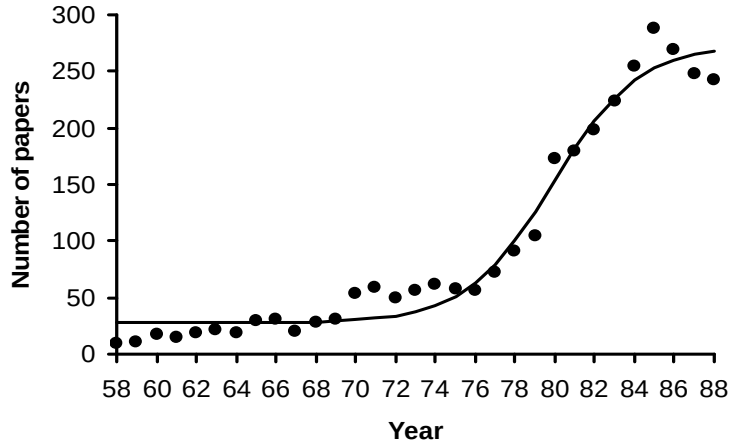
1- Basic
2- Strategic

3- Applied
4- Adaptive
5- On-Farm experiments
6- Screening and testing
7- Contingency tables

دورهٔ وقفه تقریباً ۱۵ ساله وارد رشد سریع شده و در نهایت، از سال‌های ۱۳۸۵ به بعد به ثبات نسبی رسید.

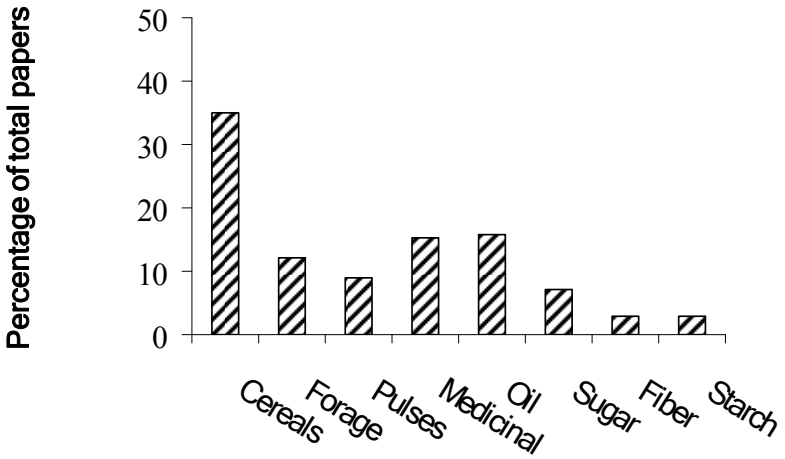
به نظر می‌رسد که طولانی بودن دورهٔ رشد کند در ۱۰ سال اولیه این دوره ناشی از عدم وجود ساختارهای پژوهشی سازمان یافته در سال‌های نخستین پس از پیروزی انقلاب، محدود بودن تعداد مجلات علمی–پژوهشی مرتبط با علوم کشاورزی و به‌ویژه فعالیت‌های بسیار اندک دوره‌های تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌های کشور بوده است. از سوی دیگر، چنین به‌نظر می‌رسد که ثبات مشاهده شده در انتهای دوره نیز تا حدودی مربوط به محدودیت ظرفیت مجلات موجود و نیز گرایش محققین مختلف کشور نسبت به انتشار مقالات در مجلات بین‌المللی طی سال‌های اخیر می‌باشد.

در شکل ۲ توزیع فراوانی کل مقالات منتشر شده در ۳۰ سال گذشته در هشت گروه محصولات زراعی اصلی کشور نشان داده شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت گیاهان گروه غلات به دلیل اهمیت و جایگاه ویژه در تولیدات زراعی ایران، بیشترین سهم یعنی حدود ۳۵ درصد از کل مقالات را به خود اختصاص دادند. با تلفیق گیاهان روغنی، قندی– نشاسته‌ای و الیافی در گروه گیاهان صنعتی، این گروه بعد از غلات در جایگاه دوم قرار گرفتند. نکتهٔ قابل توجه سهم بیشتر گیاهان دارویی در مقایسه با حبوبات و گیاهان علوفه‌ای در تعداد مقالات بود که این موضوع عمدتاً به‌دلیل گرایش وسیع محققین کشور نسبت به مطالعات مرتبط با جنبه‌های مختلف تولید و اهلی‌سازی گیاهان دارویی به‌ویژه طی ۱۰ سال گذشته می‌باشد.



شکل ۱- روند رشد تعداد مقالات علمی- پژوهشی مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 1- Growth trend of papers related to agronomic researches during the past three decades in Iran

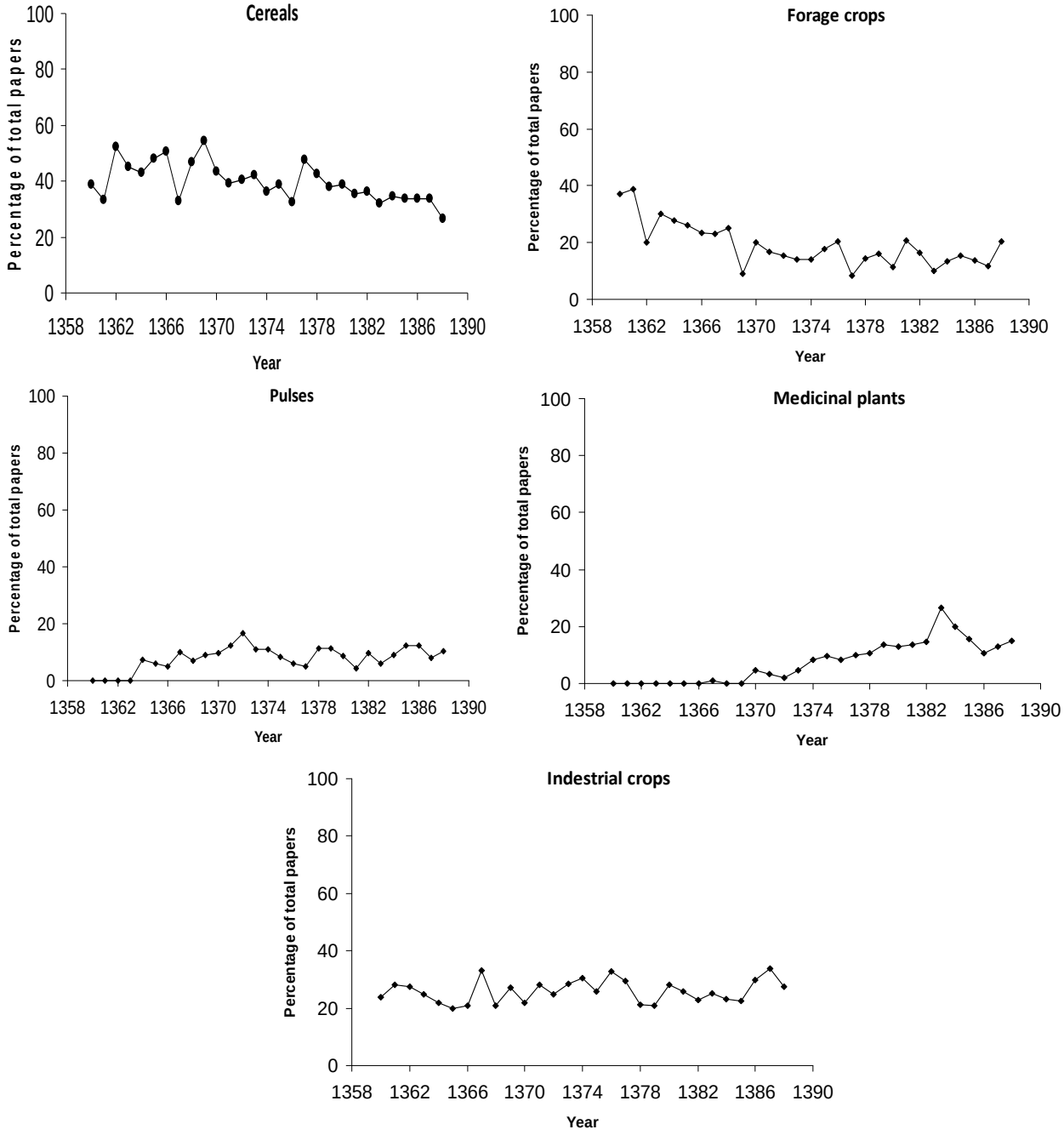


شکل ۲- توزیع درصدی مقالات انتشار یافته برای هر یک از گروه‌های محصولات زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

$\chi^2_{5\%} = 4.23$*

Fig. 2- Percentage frequency of published papers for each crop group during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%} = 4.23$*



شکل ۳- توزیع درصدی مقالات علمی-پژوهشی مربوط به هر یک از گروه‌های گیاهان زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

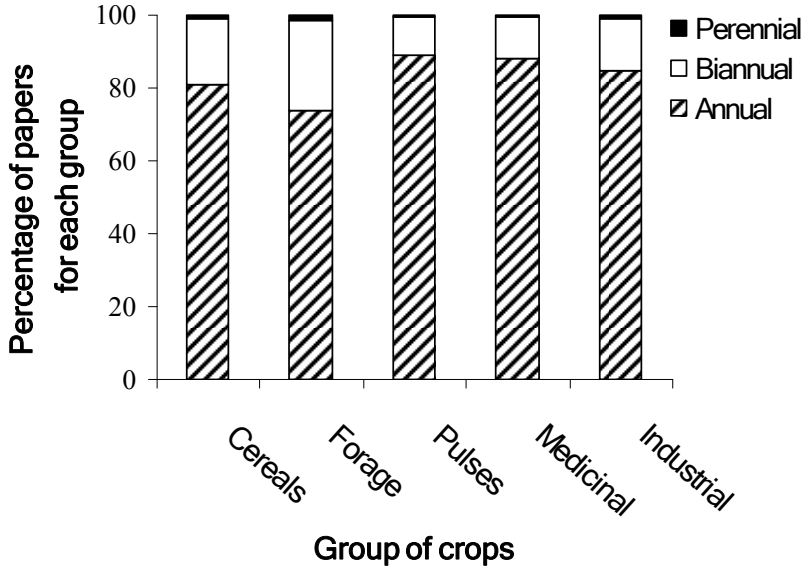
Fig. 3- Percentage frequency of papers for each crop group during the past three decades in Iran

در شکل ۳ توزیع درصدی مقالات مربوط به هر یک از گروه‌های محصولات زراعی طی ۳۰ سال گذشته در کشور ارائه شده است.

نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که سهم غلات و گیاهان علوفه‌ای در ۳۰ سال گذشته به تدریج کاهش یافت، در حالی‌که در موردگیاهان دارویی به‌ویژه از دهۀ ۸۰ به بعد افزایش نسبی مقالات کاملاً مشهود است. همچنین مقالات گیاهان صنعتی و حبوبات البته طی دورۀ ۳۰ ساله از روند نسبتاً ثابتی برخوردار بودند. لازم به ذکر است که کاهش درصد مقالات مربوط به غلات و گیاهان علوفه‌ای با توجه به افزایش چشمگیر تعداد کل مقالات در ۱۰ سال آخر دوره (شکل ۱)، همچنان نشان دهندۀ تعداد نسبتاً زیاد مقالات مربوط به این دو گروه از گیاهان

زراعی می‌باشد.

از کل مقالات منتشر شده طی ۳۰ سال گذشته در کشور ۸۳/۳ درصد حاصل آزمایش‌های یکساله، ۱۵/۸ درصد مستخرج از نتایج آزمایش‌های دو ساله و کمتر از ۱ درصد (۰/۹ درصد) مربوط به آزمایش‌های چندساله بوده است. غالبیت آزمایش‌های یکساله نشان-دهندهٔ نوعی عدم قطعیت در یافته‌های پژوهشی این مقالات به‌ویژه به دلیل اثرات متقابل بین آب و هوا و تیمارها (یا ژنوتیپ‌های) تحت بررسی می‌باشد. این وضعیت در مورد تمامی گروه‌های محصولات زراعی تقریباً مشابه است (شکل ۴). البته بیشترین تعداد مقالات مستخرج از آزمایش‌های دو ساله و چندساله مربوط به گیاهان علوفه‌ای است که با توجه به ماهیت این گیاهان چندان هم دور از انتظار نمی‌باشد.

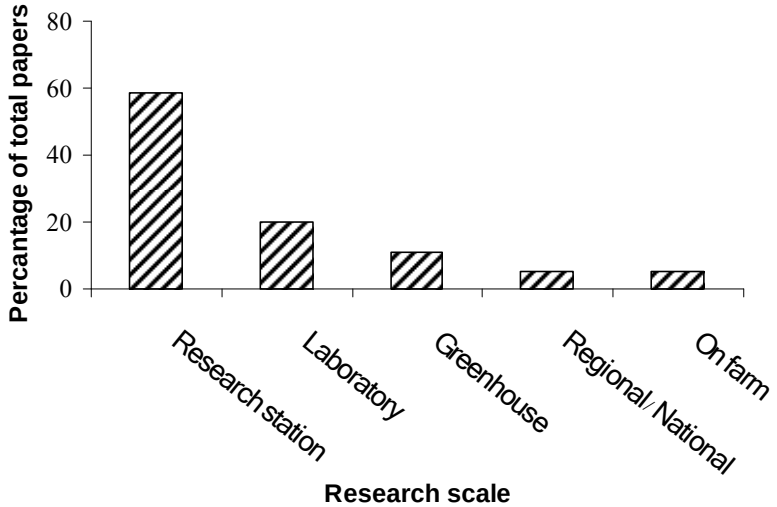


شکل ٤- توزیع درصدی مدت اجرای آزمایش برای هر یک از گروه‌های محصولات زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

$\chi^2_{5\%}$ برای آزمایش‌های یکساله، دوساله و چندساله به‌ترتیب: ^{ns} ۱/۲۸، ^{ns}۱/۰۹ و ^{ns}۰/۸۷

Fig. 4- Percentage frequency of time scale of experiments for each crop group during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%}$ for annual, biennial and perennial experiments: are 1.28ns, 1.09ns and 0.87ns, respectively.

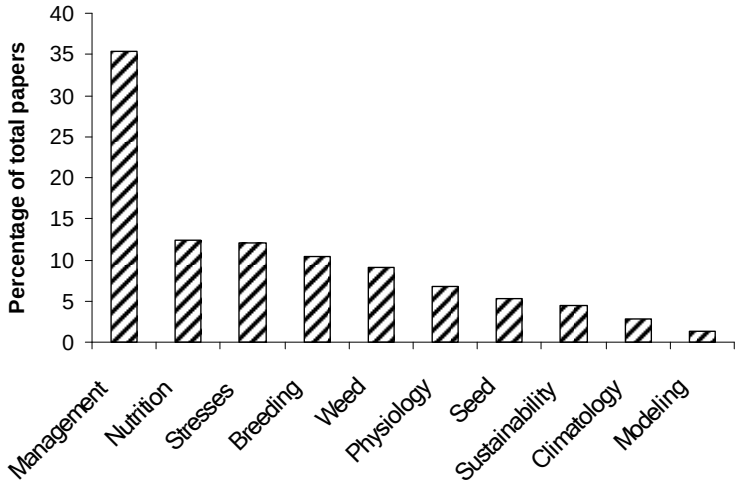


شکل ٥- توزیع درصدی مقیاس مکانی پژوهش‌های مختلف زراعی در مقالات انتشار یافته طی سه دهه گذشته در کشور

$\chi^2_{5\%} = 5.88^*$

Fig. 5- Percentage frequency of spatial scale for different agronomic papers during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%} = 5.88^*$



شکل ٦- توزیع درصدی موضوع پژوهش در مقالات انتشار یافته طی سه دهه گذشته در کشور

$\chi^2_{5\%} = 7.09$*

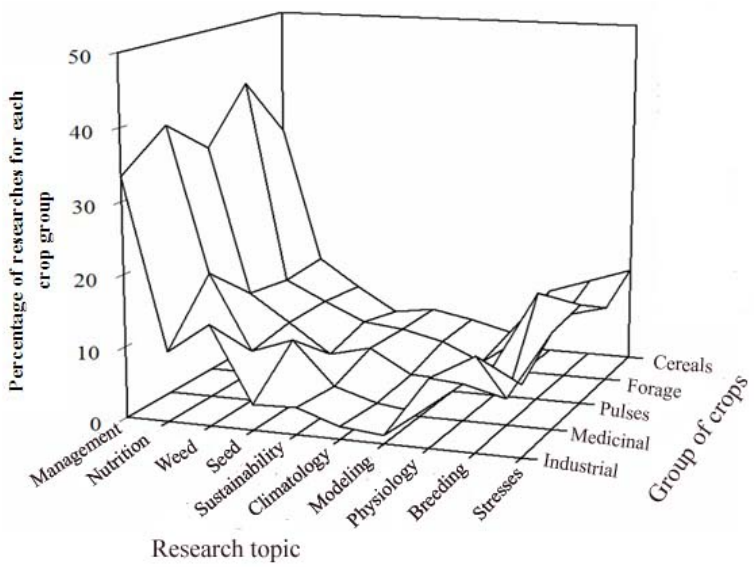
Fig. 6- Percentage frequency of research topic for published papers during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%} = 7.09$*

از کل مقالات منتشر شده طی ۳۰ سال گذشته در حدود ۵۸ درصد مربوط به آزمایش‌های انجام شده در ایستگاه‌های تحقیقاتی (اعم از دانشگاه‌ها یا مراکز پژوهشی کشاورزی) و در حدود ۳۰ درصد مربوط به آزمایش‌ها در محیط‌های کنترل شده (آزمایشگاهی و گلخانه‌ای) بودند و آزمایش‌های انجام شده در مقیاس منطقه‌ای و ملی یا در مزارع تولیدکنندگان روی هم در حدود ۱۲ درصد مقالات را به خود اختصاص دادند (شکل ۵). بر اساس این نتایج چنین به نظر می‌رسد که بالا بودن سهم آزمایش‌های یکساله از کل مقالات (شکل ۴) تا حدودی به دلیل درصد نسبتاً زیاد آزمایش‌های انجام شده در محیط‌های کنترل شده بود که تقریباً همگی به‌صورت یکساله اجرا شده‌اند. توزیع فراوانی مقالات در بین موضوعات ۱۰ گانه پژوهشی در شکل ۶ ارائه شده است.

همان‌گونه که انتظار می‌رفت حدود ۳۵ درصد از کل مقالات مربوط به تحقیقات انجام شده روی روش‌های مختلف مدیریت زراعی شامل تقویم زراعی، تراکم کاشت، دفعات آبیاری، رقم و اثرات متقابل آنها متمرکز بوده است. این نوع تحقیقات به دلیل سهولت اجرا و عدم نیاز به اندازه‌گیری‌های پیچیده از جمله موضوعات رایج در ساختار پژوهشی کشور بوده و علیرغم تشابه نسبتاً زیاد بین تیمارهای آزمایشی و نوع محصول، همچنان به‌عنوان متداول‌ترین موضوعات پژوهشی در کشور محسوب می‌شوند. تغذیه گیاه (توصیه‌های کودی و تغذیه‌ای) و تنش‌های محیطی هر یک در حدود درصد از کل مقالات را به خود اختصاص داده‌اند که البته در مقایسه با سایر موضوع‌های مرتبط با مدیریت بسیار محدودتر بودند. مقالات مرتبط با مسائل به‌نژادی شامل روش‌های اصلاحی، مطالعه سازگاری، اثرات متقابل ژنوتیپ با محیط، ارزیابی ثبات و نظایر آن نیز با وجود اهمیت آنها بیش از ۱۰ درصد مقالات را شامل نشدند. سهم سایر موضوع‌های پژوهشی از کل مقالات اندکی کمتر از ۱۰ درصد بوده و عناوینی نظیر پایداری نظام‌های کشاورزی، هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی (شامل تأثیر تغییر اقلیم بر گیاهان زراعی) و مدلسازی رشد گیاهان کمتر از پنج درصد مجموع مقالات را به خود اختصاص دادند. سهم مقالات مربوط به علف‌های هرز (هشت درصد) با توجه به سابقه کوتاه رشته‌های مرتبط با آنها در دوره‌های تحصیلات تکمیلی نسبتاً قابل قبول به نظر می‌رسد. البته اغلب این مطالعات بر موضوعاتی نظیر رقابت و کاهش عملکرد ناشی از حضور آنها متمرکز بوده و سایر شاخه‌های مرتبط به‌ویژه موضوع علف‌کش‌ها سهم اندکی از مجموع مقالات علف‌های هرز را در بر گرفته است (شکل‌های مربوطه نشان داده نشده است). در مورد فیزیولوژی گیاهی نیز چنین به نظر می‌رسد که کم بودن سهم مقالات این موضوع پژوهشی تا حدود نسبتاً زیادی ناشی از وابستگی این مطالعات به دستگاه‌های دقیق اندازه‌گیری و کمبود آزمایشگاه‌های پیشرفته و مجهز در اغلب مراکز پژوهشی و دانشگاه‌های کشور می‌باشد.

نکته قابل توجه سهم بسیار اندک مقالات مربوط به پایداری بوم نظام‌های کشاورزی است که علیرغم اهمیت آن هنوز جایگاه قابل قبولی را در ساختار پژوهشی کشور ندارد. این مشکل اگر چه در مورد موضوع مدلسازی نیز وجود دارد، ولی به دلیل جوان بودن این موضوع در کشور و کمبود نیروی متخصص چندان دور از انتظار نبود. البته سهم مقالات در مورد مطالعات هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی با توجه به اهمیت خاص مسئله تغییر اقلیم و پیآمدهای ناشی از آن بر میزان رشد و تولید محصولات زراعی کمتر از حد انتظار بود.



شکل ۷- توزیع درصدی موضوع‌های پژوهشی برای هر یک از گروه‌های محصولات زراعی در مقالات انتشار یافته طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 7- Percentage frequency of research topic for each crop group in the published papers during the past three decades in Iran

در شکل ۷ توزیع فراوانی موضوع‌های پژوهشی در بین گروه‌های مختلف محصولات زراعی نشان داه شده است.

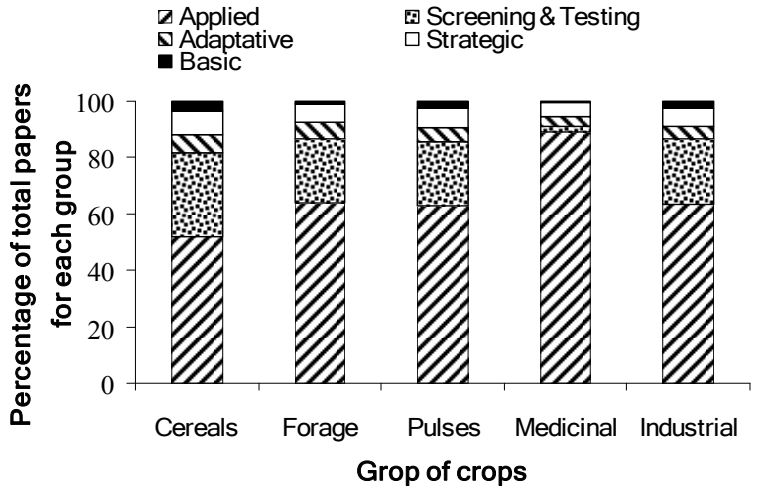
نتایج نشان داد که مدیریت زراعی و تغذیه گیاه (شامل توصیه-های کودی) بیشترین سهم را در تمام گروه‌های محصولات زراعی به خود اختصاص دادند. البته به وضوح آشکار است که خلاء اصلی پژوهشی در تمام محصولات در مورد جنبه‌های مختلف فیزیولوژی، اکولوژی و تکنولوژی بذر، پایداری بوم نظام‌ها، هوا و اقلیم شناسی کشاورزی، تکنیک‌های مدلسازی و تا حدودی فیزیولوژی گیاهان زراعی بوده است و در سایر زمینه‌های پژوهشی یعنی به‌نژادی، تنش-های محیطی و مدیریت علف‌های هرز، تمام محصولات از سهم نسبتاً یکسانی برخوردار بودند. به علاوه اندک مقالات منتشر شده پیرامون موضوعاتی که خلاء اصلی پژوهشی می‌باشند مربوط به غلات، گیاهان علوفه‌ای و تا حدودی حبوبات بوده است. نکته قابل توجه سهم نسبتاً زیاد مطالعات مربوط به بذر در گیاهان دارویی است؛ به طوریکه حدود ۱۰ درصد از کل مقالات این گروه از گیاهان با مسائل بذر آنها مرتبط می‌باشد (شکل ۷). البته با توجه به این مطلب که اغلب گونه‌های دارویی در مراحل اولیه اهلی‌سازی هستند و در نتیجه شرایط جوانه‌زنی و استقرار آنها اهمیت ویژه‌ای دارد، نسبتاً طبیعی به نظر می‌رسد.

شکل ۸ توزیع فراوانی انواع فعالیت‌های پژوهشی (بر اساس نام جهانی تحقیقات کشاورزی) را در بین گروه‌های مختلف محصولات نشان می‌دهد.

در تمام محصولات زراعی بیشترین درصد مقالات (۵۰ درصد در مورد غلات تا ۹۴ درصد برای گیاهان دارویی) مربوط به پژوهش‌های کاربردی بود. مقایسه، غربال و معرفی ارقام برای شرایط خاص (از جمله خشکی یا شوری) بعد از پژوهش‌های کاربردی بیشترین سهم را در تمام گروه‌های محصولات به جز گیاهان دارویی داشتند. البته باید به این نکته توجه داشت که به دلیل غیراهلی بودن این گونه‌ها، رقم یا ژنوتیپ‌های اصلاحی آنها در دسترس نمی‌باشد و در نتیجه مطالعات به‌نژادی انجام شده در مورد آنها بسیار اندک است. مقالات مربوط با سازگاری نتایج مطالعات کاربردی و نیز غربال و معرفی ارقام در سطح مزارع تولیدکنندگان در مورد همه گیاهان زراعی سهمی در حدود ۳-۲ درصد داشت که این امر خلاء عمیقی را در انتقال یافته‌های پژوهشی به تولیدکنندگان نشان می‌دهد. سهم مطالعات راهبردی در مورد تمام گروه‌های محصولات تقریباً مشابه و در حدود ۴-۲ درصد بود که البته نسبتاً اندک است. در نهایت، مقالات بنیادی به طور متوسط حدود ۱ درصد کل مقالات را در تمام محصولات به خود اختصاص دادند. بطور کلی، با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، مشخص گردید که عدم وجود نوعی توازن منطقی و علمی در سهم نسبی موضوع‌های مختلف پژوهشی در کل مقالات کشور بارز می‌باشد.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طور کلی سه دورهٔ مشخص در شکل‌گیری ساختار پژوهش‌های زراعی ایران قابل تشخیص است که این موضع به خوبی در الگوی انتشار مقالات علمی منعکس می‌باشند.



شکل ۸- توزیع درصدی نوع پژوهش برای هر یک از گروه‌های محصولات زراعی در مقالات انتشار یافته طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 8- Percentage frequency of research type for each crop group during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%}$ برای آزمایش‌های کاربردی، معرفی ارقام، سازگارسازی، راهبردی و بنیادی ترتیب: *۵/۱۱، *۴/۴۲، ^{ns}۱/۸۷، ^{ns}۱/۱۲ و ^{ns}۱/۰۴

$\chi^2_{5\%}$ for applied, screening and testing, adaptative, strategic and basic experiments: are 5.11*, 4.42*, 1.87ns, 1.12ns and 1.04ns, respectively.

دورهٔ ۱۰ سالهٔ نخست (۶۸-۱۳۵۸) دوره‌ای است که تعداد دانشکده‌های کشاورزی و به تبع آن تعداد اعضاء هیات علمی مربوط به رشته‌های مختلف کشاورزی در دانشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور بسیار اندک بوده و فعالیت‌های علمی بیشتر بر تربیت دانشجویان مقاطع کارشناسی تمرکز داشته است. بدین ترتیب، این دورهٔ رکود با انتشار بسیار اندک مقالات مرتبط با علوم زراعی در کشور همراه بوده است (شکل ۱). طی دورهٔ ۱۰ ساله دوم (۷۸-۱۳۶۸) که با شروع فعالیت دوره‌های تحصیلات تکمیلی به ویژه در مقطع کارشناسی ارشد همراه بود، تربیت نیروهای متخصص جدید و جذب گستردهٔ این نیروها در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، منجر به بروز رشد قابل توجهی در فعالیت‌های پژوهشی کشور گردید (شکل ۱). علاوه بر این، اعزام فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد به دانشگاه‌های خارج از کشور و نیز راه‌اندازی گستردهٔ دوره‌های دکترای تخصصی در دانشگاه‌های داخل کشور زمینه را برای شکوفایی پژوهشی فراهم ساخت که حاصل آن طی دورهٔ سوم (۱۳۷۸ تا حال حاضر) به‌صورت رشد چشم‌گیر چاپ مقالات علمی اعم از داخلی و بین‌المللی مشهود است (شکل ۱).

با وجودی‌که در این مطالعه سهم پژوهش‌های زراعی در مستندات علمی بین‌المللی ایران مشخص نشده است، ولی چنین بنظر می‌رسد که روند رو به افزایش مقالات منتشر شده در داخل کشور با الگوی رشد جهانی مستندات ایرانیان در کلیه علوم انطباق دارد. صبوری (Sabouri, 2011) با بررسی رشد علمی کشور نشان داد که سهم ایران در مجموع مستندات علمی جهان طی ۱۶ سال از ۱۵ هزارم درصد در سال ۱۹۹۳ به ۱/۴ درصد در سال ۲۰۰۹ افزایش یافته و با اندکی کاهش در سال ۲۰۱۰ به ۱/۲۸ درصد رسید (Sabouri, 2012). بنابراین، مقایسه تعداد مستندات ایران نشان‌دهنده رشد ۵۰ درصدی در سال ۲۰۰۸ نسبت به سال ۲۰۰۷ میلادی (۱) و افزایش ۱۵ درصدی در سال ۲۰۰۹ میلادی نسبت به سال ۲۰۰۸ میلادی می‌باشد (Sabouri, 2011). البته این رشد در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۰۹ در حدود ۱۰ درصد کاهش داشت (Sabouri, 2012). رشد سریع اولیه و سپس کاهش نسبی سرعت رشد مقالات علمی در مقیاس جهانی به‌وضوح با روند مشاهده شده در مقالات مرتبط با علوم زراعی در ایران انطباق دارد. عصاره و معرفت (Osareh & Marefat, 2005) نیز با بررسی میزان مشارکت پژوهشگران ایرانی در تولید علم جهانی بیان نمودند که افزایش چاپ مقاله در کشور بسیار مشهود بوده است که این امر باعث بهبود درصد حضور آنها در دنیای علم شده است. صبوری (Sabouri, 2012) در آخرین ارزیابی مربوط به مستندات علمی کشور گزارش کرد که کاهش مشاهده شده در سال ۲۰۱۰ میلادی تقریباً در تمامی کشورها حتی در مستندات علمی آمریکا و چین که در صدر جدول جهانی قرار دارند نیز می‌باشد.

در طی ۳۰ سال گذشته سهم مقالات مربوط به غلات و گیاهان علوفه‌ای از کل مقالات به‌تدریج کاهش یافت، در حالی‌که مقالات مربوط به حبوبات و گیاهان دارویی رشد قابل ملاحظه‌ای داشت و در سال ۱۳۸۸ در مجموع، حدود ۳۴ درصد از کل مقالات علوم زراعی را

به خود اختصاص داد. البته سهم گیاهان صنعتی از کل مقالات طی دوره مطالعه تقریباً ثابت ماند (شکل ۲). این روند نشان‌دهنده تنوع بیشتر گیاهان زراعی مورد مطالعه در کشور است و به‌نظر می‌رسد که نتایج این تحقیقات به‌تدریج باعث معرفی گونه‌های بیشتری به بوم-نظام‌های زراعی کشور شود، زیرا در مطالعات مربوط به غلات و گیاهان علوفه‌ای عمدتاً تمرکز روی تعداد معدودی گونه بوده است، در حالی‌که در مورد حبوبات و به‌ویژه گیاهان دارویی تنوع گونه‌ای بیشتری در مطالعات مشاهده می‌شود (داده‌ها نشان داده نشده است). به‌علاوه در مورد تمامی گروه‌های گیاهان زراعی غالبیت آزمایش‌های کوتاه مدت (شکل ۴) که در مقیاس‌های کوچک اجرا می‌شوند (شکل ۵)، از ویژگی‌های بارز پژوهش‌های مختلف انجام شده در داخل کشور است. بدیهی است که چنین مطالعاتی عمدتاً کاربردی بوده و بر موضوعاتی نظیر مدیریت زراعی، توصیه‌های کودی و نظایر آن تمرکز دارند (شکل‌های ۶ و ۷) که این امر موجب بروز خلاءهای پژوهشی عمیق در مباحثی مانند پایداری بوم‌نظام‌ها، هوا و اقلیم شناسی شده که این موضوعات معمولاً در مقیاس‌های زمانی و مکانی وسیع طراحی و اجرا می‌شوند.

براساس گزارش مؤسسات بین‌المللی، ایران در بین ۱۴۶ کشور جهان در سال ۲۰۰۵ میلادی از نظر شاخص پایداری محیطی در رتبه ۱۳۲ قرار داشته و در بین ۲۱ کشور بیابانی و خشک جهان نیز از حیث این شاخص مرتبه ۱۵ را کسب نموده است (Environmental Sustainability Index (ESI), 2005). به علاوه معدود مطالعات انجام شده نیز نشان داده است که وضعیت تنوع زیستی کشاورزی کشور چندان مطلوب نمی‌باشد (Koocheki et al., 2008). در عین حال پیآمدهای تغییرات جهانی اقلیم بر تولید محصولات زراعی و امنیت غذایی آینده نیز به‌طور جامع بررسی نشده است (Koocheki et al., 2006). این شواهد به‌خوبی خلاءهای موجود در نظام پژوهشی کشور را آشکار می‌سازد.

پرتی و ۵۵ نفر از متخصصین علوم کشاورزی (Pretty et al., 2010) ۱۰۰ سؤال مهم پیش روی کشاورزی جهان در قرن حاضر را مورد بررسی قرار دادند تا از این طریق الگویی برای سیاستگزاران، محققین و مروجین این بخش فراهم سازند. مروری بر این سؤالات نشان می‌دهد که تغییرات جهانی اقلیم، پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و تنوع زیستی چالش‌های اصلی بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. به اعتقاد این محققین ارائه تکنولوژی‌های جدید بدون توجه به پیآمدهای زیست محیطی آنها، افزایش تولید محصولات زراعی بدون توجه به پیآمدهای تغییر اقلیم بر آن و اصلاح نباتات بدون توجه به تنوع زیستی، آینده روشنی را تصویر نخواهد کرد و در واقع به نوعی بازنگری در ساختار رایج در پژوهش‌های کشاورزی نیاز می‌باشد که بایستی به‌صورت منطقه‌ای و ملی طراحی شود.

مطالعات کاربردی، غربال و معرفی ارقام بیشترین فراوانی را در بین انواع پژوهش‌های زراعی کشور به خود اختصاص دادند، در حالی-که سهم پژوهش‌های راهبردی و بنیادی در مورد تمام محصولات زراعی بسیار اندک بود (شکل ۸). آلیسون و همکاران (Alison et al., 2001) با بررسی ۱۸۸۶ مقاله علمی مرتبط با علوم زراعی منتشر شده در آمریکا بیان داشتند که ۶۶/۶ درصد از کل مقالات مربوط به تولید گیاهان زراعی بود که در این میان ۱۴/۴ درصد مقالات بر موضوع گندم تمرکز داشت که این امرنشان‌دهنده اهمیت گندم و غلات در سایر نظام‌های پژوهشی جهان بوده و با یافته‌های تحقیق حاضر نیز انطباق دارد (شکل‌های ۲ و ۳). در همین مطالعه مشخص شد که در آمریکا ۴۶/۸ و ۲۶/۵ درصد مقالات به ترتیب در زمینه افزایش عملکرد محصولات زراعی و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌باشد که با فراوانی های مشاهده شده در ایران نیز قابل مقایسه است. البته سهم مطالعات بنیادی در مقالات کشور آمریکا ۳/۴ درصد و فراوانی مقالات کاربردی و راهبردی (متدولوژی) به ترتیب ۲۸/۵ و ۲۴/۶ درصد بوده است که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با الگوهای موجود در ایران دارد (شکل ۸).

به‌طورکلی، با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان چنین نتیجه-گیری نمود که توجه کمتر به انجام مطالعات بنیادی و راهبردی و تمرکز بر تحقیقات کاربردی از جمله ویژگی‌های پژوهش‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. در همین راستا، ایزاگویر (Eyzaguirre, 2001) نیز اظهار داشت که علت این امر نیاز مطالعات بنیادی به ابزارها و دستگاه‌های پیشرفته و گران‌قیمت و همچنین طولانی بودن زمان بازده آنها در مقایسه با تحقیقات کاربردی است. محققین زمان بازده پژوهش‌ها را برای تحقیقات بنیادی بین ۱۰ تا ۱۵ سال و برای مطالعات کاربردی در حدود پنج سال از شروع تحقیق گزارش نمودند (Biggs, 2000).

براساس توصیه بانک جهانی میزان سرمایه‌گذاری روی تحقیقات کشاورزی باید در حدود سه درصد تولید ناخالص ملی کشاورزی[1] باشد (World Bank, 2005). اگرچه میزان دقیق بودجه پژوهش‌های کشاورزی کشور مشخص نیست، ولی محدویت‌های موجود در نوع تحقیقات عمدتاً ناشی از این سرمایه‌گذاری می‌باشد (Pardey et al., 1999). این محدویت‌ها باعث شده است تا در اغلب کشورهای در حال توسعه پدیده‌ای موسوم به شیب تکنولوژی[2] بروز کند که در آن تحقیقات کشاورزی بر آزمون و سازگارسازی تکنولوژی‌های وارداتی از سایر کشورها تمرکز یافته و اجرای پژوهش‌های بنیادی، راهبردی و طولانی‌مدت در عمل غیرممکن یا دور از دسترس گردد (TAC/CGIAR, 2008).

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که ساختار پژوهشی رایج

1- Agricultural gross domestic production (AGDP)
2- Technology gradient

در کشور بر پایه نوعی تفکر مبتنی بر «انقلاب سبز» استوار است. با وجودیکه موفقیت رهیافت‌های پژوهشی که منجر به انقلاب سبز شد، توانایی تحقیقات کاربردی کشاورزی و مراحل سازگارسازی را برای متحول کردن بخش وسیعی از نظام‌های زراعی سنتی نشان داده‌اند، ولی انقلاب سبز مشکل تولید غذا را به‌طور دائمی در کشورهای در حال توسعه حل نکرده است (Khosh, 1999). پتانسیل ژنتیکی اصلاح ارقام با استفاده از روش‌های رایج اصلاح نباتات در حال رسیدن به حد بیولوژیکی خود است و به‌علاوه تکنولوژی‌های جدید تأثیر بسیار اندکی بر تعداد زیادی از کشاورزان که در محیط‌های تحت تنش زندگی می‌کنند دارد که این امر در نتیجه به‌دلیل افزایش شدت فشار جمعیت بر اراضی زراعی، محیط فیزیکی و منابع پایه را در معرض نابودی قرار داده است (Mannion, 2005; Pretty et al., 2010). بر این اساس سازمان‌ها و مؤسسات بین‌المللی تحقیقات گسترده‌ای را روی حفاظت و مدیریت منابع پایه برای تولید پایدار بر انجام پژوهش‌های مختلف در زمینه افزایش تولید مواد غذایی مقدم می‌دانند. بنابراین، تلاش برای افزایش تولید و در عین حال حفظ انسجام محیط به انواعی از تحقیقات نیاز دارد که به جای تولید بر منابع و به جای تکنولوژی بر انسان تمرکز داشته باشد، علاوه بر این، مقیاس زمانی اجرای آنها نیز طولانی باشد (TAC/CGIAR, 2008).

نتیجه‌گیری

بنابراین، با توجه به نتایج این مطالعه چنین به نظر می‌رسد که موفقیت و کارآیی پژوهش‌های زراعی در صورتی تضمین خواهد شد که این تحقیقات از جهت‌گیری‌های علمی دقیق برخوردار بوده و طی زمان قادر باشند تا علاوه بر ارائه راه‌حل‌های کاربردی در جهت رفع موانع تولید و افزایش عملکرد، پایداری دراز مدت بوم‌نظام‌های زراعی را نیز مورد توجه قرار داده و در عین حال دانش موجود در مورد مکانیسم‌ها و جنبه‌های تئوریک موضوع پژوهش را نیز ارتقاء دهند. همچنین با توجه به تعریف سامانه ملی تحقیقات کشاورزی که عبارتست از ساختاری که وظیفه آن ایجاد و سازگارکردن فناوری‌های جدید کشاورزی، مشورت دادن به دولت‌ها در جهت سیاست‌گذاری‌های تولید غذا، حفاظت از منابع طبیعی و در عین حال مدیریت و برنامه‌ریزی‌های مؤثر و کارآمد برای بهره‌برداری بهینه از مؤسسات تحقیقاتی، نیروهای انسانی و منابع مالی موجود است (Eyzaguirre, 2001; TAC/CGIAR, 2008). این که آیا این سامانه ملی تحقیقات کشاورزی به‌طور دقیق و براساس تعریف بین‌المللی آن در کشور وجود دارد و در صورت وجود تا چه اندازه در اجرای وظایف خود موفق بوده است، هدف این تحقیق نیست، ولی نتایج ارائه شده تا حدودی مؤید این واقعیت می‌باشد که مقالات منتشر شده در کشور که بازتابی از کارکرد نظام ملی پژوهش‌های کشاورزی می‌باشند از نظر توازن موضوعی و انطباق با نیازهای ملی، الگوی چندان مؤثری را دنبال نمی‌کنند. بنابراین، با توجه به تدوین نقشه جامع علمی کشور، توجه به این سامانه و بازنگری وظایف آن امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه شماره ۶-پ مورخ ۸۸/۱/۱۷ معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Environmental Sustainability Index (ESI). 2005 environmental sustainability index: Benchmarking national environmental stewardship. Yale Center for Environmental Low and Policy. Yale University.
2. Alison, J.M., Chan-Kang, C., Marra, M.C., Pardey, P.G., and Wyatt, T.J. 2001. A meta-analysis on rate of return for agricultural R&D. IFPRI Research Report 113, Washington DC.
3. Alison, J.M., Norton, G.W., and Pardey, P.G. 1998. Science under scarcity: Principles and practices for agricultural research evaluation and priority setting. CAB International, Wallingford, UK.
4. Biggs, S.D. 2000. A multiple source of innovation model of agricultural research and technology promotion. World Development 28: 1481-1499.
5. Dagg, M. 1999. Kinds of Research and the Size of Research Groups. ISNAR Discussion paper, ISNAR, The Hague.
6. Davis, G.S., Oram, J.S., and Ryan, J.G. 1999. Assessment of Agricultural Research Priorities: An International Perspective. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
7. De Wit, C.T. 2002. Philosophy and terminology. In: P.A., Leffelaar (Ed.). On Systems Analysis and Simulation of Ecological Processes. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands p. 3-9.
8. Eyzaguirre, P. 2001. Developing appropriate strategies and organization for agricultural research in small countries. In: Dvorak, K.A. Social science research for agricultural technology development. CAB International, Wallingford, UK. pp: 192-219.
9. Fresco, L.O. 1999. Agro-ecological knowledge at different scales. In: J. Bouma, A. Kuyvenhoven, B.M.A., Bouman, J.C. Luyten and H.G. Zandstra (Eds.). Eco-regional Approaches for Sustainable Land Use and Food

Production. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 133-141.
10. Fresco, L.O. 2001. From protecting crops to protecting agricultural production systems. In: G.C. Maan and J.C. Zadoks, Policy Making, a Must for Benefit of All. Ministry of Agriculture, Natural Resources and Fisheries, The Hague, The Netherlands p. 3-8.
11. Greenland, D.G., Bowen, G., Eswarna, H., Rhoades, R., and Valentin, C. 2000. Soil Water and Nutrient Management Reaseraches– A New Agenda. IBRSAM, Position paper.
12. Khosh, G.S. 1999. Green revolution: preparing for the 21st century. Genome 42: 646-655.
13. Koocheki, A., Nassiri, M., Gliesman, S.R., and Zarea, A. 2008. Agrobiodiversity of field crops: A case study for Iran. Journal of Sustainable Agriculture 32(1): 95-122.
14. Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change on agroclimatic indicators in Iran. Arid Land Research and Management 20: 245-259.
15. Lale, U., Pretty, J., Terry, E., and Trigo, E. 2010. Transformimg agricultural research for development. Global Conference on Agricultural Research for Development, Montpellier, France, March 2010.
16. Mannion, A.M. 2005. Agriculture and Environmental Change: Temporal and Spatial Dimensions. John Wiley and Sons, England.
17. Osareh, F., and Marefat, R. 2005. Iranian researchers to participate in the production of global science in MEDLINE (interdisciplinary field between Science and Medicine). Rahyaft Journal (35): 39-44. (In Persian)
18. Pardey, P.G., Roseboom, J., and Fan, S. 1999. Trends in Financing Asian and Australian Agricultural research. In: Tabor, S.R., Jansen, W., and Bruneau, B. (eds.) Financing Agricultural Research: A Source Book. ISNAR, The Hague.
19. Pretty, J., Sutherland, W.J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell., M., Bentley, J., Bickersteth, S., Brown, K., Burke, J., Campbell, H., Chen, K., Crowley, E., Crute, I., Dobbelaere, D., Jones, G.E., Monzote, F.F., Godfray, C.J., Griffon, M., Gyipmantisiri, P., Hddad, L., Halavatau, S., Herren, H., Holderness., M., Izac, A.M., Jones, M., Koohafkan, P., Lal, R., Lang, T., McNeely, J., Mueller, A., Nishett, N., Noble, A., Pingall, P., Pinto, Y., Robbinge, R., Ravinderanath, N.H., Rala, A., Rolling, N., Sage, C., Settle, W., Sha, J.W., Shiming, L., Simons, T., Smith, P., Sterzepeck, K., Swine, H., Terry, E., Tonich, T.P., Toulmin, C., Trigo, E., Twonlow, S., Vis, J,K., Wilson, J., and Pligrim, S. 2010. The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. International Hournal of Agricultural Sustainability 8(4): 220-238.
20. Sabouri, A.A. 2008. Iran Science production in 2008. Journal of Rahyaft 43: 21-33. (In Persian)
21. Sabouri, A.A. 2011. Iran Science production in 2010. Science Cultivation Journal 1(1): 6-10. (In Persian)
22. Sabouri, A.A. 2012. Iran Science production in 2011. Science Cultivation Journal 1(1): 16-23. (In Persian)
23. TAC/CGIAR. 2008. Sustainable agricultural production: Implications for international agricultural research. FAO Research and Technology Paper, TAC/CGIAR, Rome.
24. Valverde, C. 2004. Agricultural research networking: Development and evaluation. ISNAR staff note, ISNAR, The Hague.
25. World Bank, 2005. Agriculture for development. World Bank, Washington DC.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۰۵-۳۹۵

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 395-405

۳۰ سال پژوهش‌های زراعی در ایران: ۲- بررسی وضعیت اخلاق پژوهش

علیرضا کوچکی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۱]، رضا قربانی[۱] و سرور خرم دل[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

در طی سه دهۀ گذشته انتشار مقالات علمی– پژوهشی مرتبط با علوم زراعی در کشور رشد چشمگیری داشته است. در کنار این تلاش‌های علمی، نگرانی‌هایی نیز در مورد بروز انواع تخلفات پژوهشی وجود دارد. بنابراین، به منظور ارزیابی کمّی میزان رعایت اخلاق پژوهشی در مقالات علوم زراعی که در طی سه دهه گذشته (۸۳-۱۳۶۰) منتشر شده‌اند، تعداد ۱۲۶۹ مقاله که در مجلات مختلف علمی– پژوهشی کشور به چاپ رسیده است، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که انواع مختلف هم‌پوشانی در عنوان، گیاه هدف، تیمارهای آزمایشی و صفات مورد مطالعه با فراوانی حدود ۲۶ درصد در مقالات تحت بررسی وجود داشت که براساس مرامنامه‌های اخلاقی، اقتباس ایده بدون ذکر نام محسوب می‌شود، هرچند در عرف رایج تخلف پژوهشی به‌شمار نمی‌رود. عددسازی یا گمراه سازی که تشخیص آن بر اساس ضریب تغییرات آزمایش، احتمال خطای نوع اول، عدم انطباق نتایج تجزیه واریانس و رگرسیون‌های ارائه شده در مقالات صورت گرفته است، از جمله انواع تخلفات پژوهشی بود که با فراوانی حدود چهار درصد در کل مقالات مشهود می‌باشد. دستبرد علمی، تحریف و ذکر نادرست نتایج سایر محققین در بین ۱۲ درصد از مقالات تحت بررسی ردیابی شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تخلفات بود. نتایج همچنین نشان داد که بروز تخلفات پژوهشی در مقالاتی که نویسنده اول یا مسئول آنها دانشجویان بوده‌اند به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقالات اعضاء هیات علمی دانشگاه‌ها یا سایر مؤسسات پژوهشی است. به علاوه رشد انواع مختلف تخلفات پژوهشی در دهۀ ۸۰ در مقایسه با دهه‌های ۶۰ و ۷۰ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به‌طورکلی، انواعی از تخلفات پژوهشی در ۱۶درصد از مقالات منتشر شده در سه دهه گذشته قابل تشخیص بود. همچنین با بررسی علل مختلف بروز تخلفات نتیجه‌گیری شد که عدم آگاهی محققین از قوانین، عامل اصلی بداخلاقی‌های پژوهشی محسوب می‌شود. بر این اساس ضرورت تدوین راهنمای اخلاق پژوهشی در علوم زراعی و کشاورزی به صورت عام از اولویت‌های برنامه‌ریزی در ساختار پژوهشی کشور محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اخلاق پژوهشی، اخلاق حرفه‌ای، دستبردهای علمی، علوم زراعی

مقدمه

در طی ۳۰ سال گذشته و به‌ویژه در ۱۰ ساله اخیر تولید علم و انتشار مقالات علمی– پژوهشی کشور در کلیۀ شاخه‌های علوم از جمله علوم زراعی رشد چشمگیری داشته است. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2012) با ارزیابی رشد مقالات علمی مرتبط با علوم زراعی نشان دادند که در طی دهۀ ۸۰ تعداد این مقالات نسبت به دو دهه گذشته در حدود ۵۳ درصد رشد داشته است. با این حال، به نظر می‌رسد که همراه با این رشد کمّی قابل توجه، انواع تخلفات علمی نیز در میان این مقالات در حال گسترش است که این امر نشان‌دهندۀ عدم رعایت اصول اخلاق پژوهشی می‌باشد.

مطالعه اخلاق و فلسفۀ آن توسط فلاسفه و محققین علوم انسانی قدمتی طولانی دارد. شهید مطهری (Motahhari, 1997) فلسفۀ اخلاق در اسلام را از ابعاد مختلف بررسی کرده و با تحلیلی جامع از جایگاه اجتماعی آن، اطلاعات با ارزشی را در این ارتباط ارائه نموده است. اخلاق کاربردی یکی از مباحث فلسفۀ اخلاق است که هدف آن اجرایی کردن مفاهیم اخلاقی در حوزۀ عمل و بکارگیری اصول اخلاقی در جامعه و به بیان روشن‌تر در مشاغل مختلف از جمله در بین پژوهشگران می‌باشد (Bohlouli, 2010; Mahmoudi, 2007). با وجودی‌که به لحاظ تاریخی قسم‌نامه بقراط بعنوان اولین گام در ورود اخلاق کاربردی به حوزه علم شناخته می‌شود (Faramarz Gharamaleki, 2004)، ولی اخلاق پژوهشی یکی از جدیدترین

۱ و ۲- به ترتیب استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)

شاخه‌های اخلاق کاربردی است. مرتن و رزنیک از جمله پیشگامان مطالعات مربوط اخلاق پژوهشی می‌باشند که مبانی نظری فلسفهٔ آنها در مورد اخلاق پژوهشی توسط ودادهیر و همکاران (Vedadhir et al., 2008) به‌طور جامع مورد بررسی قرار گرفته است. خداپرست و همکاران (Khodaparast et al., 2007) نیز اخلاق پژوهشی را به‌عنوان «امکان و شرایط رعایت اصول و قواعد اخلاقی در پژوهش‌های نظری و عملی» تعریف کرده و معتقدند که رعایت آن بیش از هر چیز به خود فرد، وجدان و باورهای وی مرتبط است. البته در کنار ویژگی‌های اخلاقی افراد، تعریف و تدوین موازین اخلاق علمی نیز حائز اهمیت است، زیرا بسیاری از موارد بروز تخلفات اخلاقی در علوم و پژوهش به‌دلیل ناآگاهی محققین از این اصول می‌باشد (Barden et al., 1997; Gerllinde, 2000). به همین دلیل در طی چند دههٔ اخیر مؤسسات و سازمان‌های بین‌المللی به تدوین کدها یا مرام‌نامه‌های اخلاقی[1] در علوم مختلف از جمله پزشکی (AAMC, 1998)، مهندسی (ABET, 2006)، کامپیوتر (ACM, 2003; Stent, 2006) کشاورزی (USDA Forest Service Research & Development, 2000) و اخلاق حرفه‌ای به صورت عام (Office of Science & Technology Policy, 2000; CSEP, 2006) اقدام کرده‌اند.

اخلاق علمی در علوم کشاورزی از ابعاد مختلف مورد توجه محققین قرار گرفته است. برای مثال، پیمنتال (Pimentel, 2004) در مقیاس جهانی عدم توزیع عادلانه غذا را به ضعف بنیادهای اخلاقی مرتبط می‌داند و بر این اعتقاد است که پیشرفت‌های علم و فناوری در حال حاضر در حدی است که می‌تواند گرسنگی را در جهان ریشه‌کن نماید.

رعایت موازین اخلاقی در مورد مصرف‌کنندگان مواد غذایی مبحث دیگری از اخلاق علمی در کشاورزی است که به ویژه به دلیل استفاده وسیع از سموم شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از آن و نیز استفاده از گیاهان تراریخته مورد توجه قرار گرفته است (Alroe et al., 2005). براساس مرامنامه‌های اخلاقی، پژوهشگران موظفند که اثرات سوء احتمالی این مواد را به‌طور دقیق به اطلاع مصرف‌کنندگان برسانند (Von Braun & Brown, 2003)، در حالی‌که این موارد در اغلب مناطق جهان رعایت نمی‌شود و محققین در هنگام انتشار نتایج آزمایشات خود صرفاً به اثرات مثبت سموم در کنترل آفات و افزایش عملکرد پرداخته و به پیآمدهای منفی این مواد بر محیط زیست و سلامت انسان اشاره‌ای نمی‌کنند. به‌علاوه، تضمین آسایش جسمی و روانی مواد آزمایشی، به‌طور مثال، انسان و دام (Lund, 2002) و نیز حفظ سلامت محیط زیست (Alroe & Kristensen, 2003) نیز از جمله موارد اخلاق حرفه‌ای در پژوهش تلقی شده و رعایت آنها حائز اهمیت است.

توجه به اخلاق پژوهشی در ایران نیز از نظر دور نمانده و محققین کشور ابعاد مختلف این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای مثال، فرامرز قراملکی (Faramarz Gharamaleki, 2004) و محمودی (Mahmoudi, 2007) بررسی تفصیلی در مورد خاستگاه و ابعاد فلسفی اخلاق پژوهش را ارائه کرده‌اند. به‌علاوه، برای ابعاد کاربردی این مسئله می‌توان به مطالعه بهلولی (Bohlouli, 2010) در مورد اخلاق در علم و فناوری، بررسی بهادری‌نژاد (Bahadorinejad, 2006) در خصوص ابعاد مختلف اخلاق مهندسی، تأکید لشکر بلوکی (Lashkar Bolouki, 2008) بر اهمیت و ضرورت رعایت اخلاق حرفه‌ای در پژوهش و فناوری و نیز ارزیابی فراستخواه (Farasatkhah, 2006) درباره اهمیت اخلاق پژوهشی در توسعهٔ آموزش عالی اشاره کرد.

البته این مطالعات عمدتاً توصیفی بوده و بررسی جامعی در مورد ارزیابی فراوانی تخلفات پژوهشی در کشور به صورت کمی انجام نشده است. با توجه به وسعت مباحث اخلاق علمی که به آنها اشاره شد، اخلاق پژوهشی مورد نظر در این مقاله مشتمل بر رعایت اصول اخلاقی در فرآیند تحقیق شامل انگیزهٔ تحقیق، روش اجرای پژوهش و نحوهٔ ارائه و انتشار نتایج آن می‌باشد (Pimple, 2002; Khodaparast et al., 2007). بنابراین، هدف این مطالعه بررسی تحلیلی در مورد میزان رعایت اخلاق پژوهشی در مقالات منتشر شده مرتبط با علوم زراعی در ایران در طی ۳۰ سال گذشته بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جنبه‌های مختلف رعایت اخلاق پژوهشی در مطالعات مرتبط با علوم زراعی انجام شده در کشور که نتایج آنها به صورت مقاله در مجلات علمی- پژوهشی منتشر شده مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه روی ۱۲۶۹ مقاله که در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۸ در کشور منتشر شده است، انجام گرفت. مقالات تحت بررسی منحصراً مربوط به جنبه‌های مختلف تولید، مدیریت و اصلاح گیاهان زراعی بوده و سایر پژوهش‌های کشاورزی را شامل نمی‌شود. ارزیابی مقالات در دو محور اصلی انجام گرفت: ساختار پژوهشی و رعایت اخلاق پژوهش. نتایج مربوط به بخش ساختار پژوهش به‌صورت جداگانه توسط نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2012) ارائه شده است. میزان رعایت اخلاق یا تخلفات پژوهشی در مقالات تحت بررسی بر اساس تعاریف ذکر شده در مرامنامه‌های اخلاق پژوهشی که توسط مؤسسات مختلف بین‌المللی (Aceme, 2009; CSEP, 2006; USDA Forest Service Research and Development, 2000) ارائه

1- Code of ethics

شده است، تعیین گردید. بر این اساس بدکرداری (تخلف) علمی[1] به دو بخش بدکرداری (تخلف) پژوهشی[2] و بدکرداری (تخلف) حرفه‌ای[3] تقسیم شد.

تخلف پژوهشی انواع موارد زیر را در بر می‌گیرد:

عددسازی[4]: ساخت نتایج غیرواقعی و ارائه آنها به عنوان یافته‌های علمی،

دروغ‌پردازی[5]: دستکاری در مواد آزمایشی، حذف یا تغییر دادن داده‌ها به نحوی که نتایج بازگوکننده اندازه‌گیری‌های واقعی نباشد.

سرقت علمی[6]: استفاده کامل یا جزیی از ایده‌ها، نتایج، نوشته‌ها، داده‌ها یا کشفیات سایر محققین بدون ذکر نام یا کسب اجازه از صاحب اثر.

تخلف حرفه‌ای نیز موارد نیز موارد زیر را شامل می‌شود:

چاپ بیش از یک بار (مکرر) نتایج یک تحقیق در بیش از یک مقاله بدون ارجاع به مقالات قبلی،

اقتباس کامل یا جزیی از مقالات منتشر شده توسط سایر محققین،

استفاده غیر مجاز (بدون مجوز) از داده‌های دولتی یا داده‌های سایر محققین،

ذکر نادرست یا تحریف شده یافته‌های سایر محققین،

حذف یا عدم ذکر نام همکاران و در هنگام انتشار نتایج،

عدم انتشار یافته‌های علمی به دلایل نامشخص،

بهره‌کشی دستیاران پژوهش.

بدیهی است که تشخیص برخی از این موارد از روی محتویات یک مقاله علمی غیرممکن بوده و یا بسیار دشوار می‌باشد. بنابراین، در این تحقیق تنها موارد قابل ردگیری بر اساس مندرجات هریک از مقالات ارزیابی شد، با وجودی‌که در حال حاضر نرم افزارهای پیشرفته‌ای برای کنترل و شناسایی انواع تخلفات پژوهشی در اختیار می‌باشد، ولی این نرم افزارها مقایسه را روی متون منتشر شده به زبان انگلیسی انجام می‌دهند و در صورت ترجمه متون انگلیسی به فارسی قادر به تشخیص آن نمی‌باشند. به‌علاوه، نرم‌افزارها روی نسخه‌های الکترونیکی مقالات، مرور کرده و چنین نسخه‌هایی تنها برای مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر موجود می‌باشند. بنابراین، در این تحقیق از روش ارزیابی مستقیم (مراجعه به متن مقاله) استفاده شد که به نوبه خود بسیار وقت‌گیر بوده و خطای انسانی قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارد.

نتایج پس از طبقه‌بندی به صورت فراوانی نسبی تبدیل شد و با استفاده از آزمون کای مربع مورد مقایسه آماری قرار گرفت. سازماندهی داده‌ها و محاسبات اولیه در محیط Excel و مقایسات آماری با استفاده از نرم‌افزار Minitab ver.16 انجام شد.

نتایج

توزیع کلی تخلفات

نتایج نشان داد که در طی سه دهه گذشته موارد تخلف از اخلاق پژوهشی با افزایش تعداد مقالات انتشار یافته بیشتر شده است (شکل۱)، البته در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ درصد تخلفات کمتر از درصد مقالات منتشر شده بود، درحالی‌که در دهه ۸۰ درصد تخلفات از درصد مقالات چاپ شده پیشی گرفته است. برای مثال، ۲۲ درصد از کل مقالات مرتبط با علوم زراعی در دهه ۷۰ و ۶۹ درصد از آنها در دهه ۸۰ انتشار یافته است، درحالی‌که موارد تخلف در این دو دهه به‌ترتیب ۱۸/۷ و ۷۸ درصد از کل تخلفات می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که علت اصلی این وضعیت افزایش چشمگیر تعداد مقالات مربوط به تحقیقات دانشجویان تحصیلات تکمیلی و عدم آشنایی دقیق این محققین جوان با اخلاق و آداب پژوهش مربوط می‌باشد (شکل ۱).

در شکل ۲ توزیع درصدی تخلفات در گروه‌های مختلف نویسندگان مقالات نشان داده شده است. براساس این نتایج ۴۳ درصد از کل مقالات انتشار یافته طی ۳۰ سال گذشته بر اساس نتایج تحقیقات دانشجویان بوده و در عین حال ۶۸ درصد از موارد تخلفات از اخلاق پژوهشی در این گروه صورت گرفته است. این در حالیست که سهم اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و سایر مراکز پژوهشی از کل موارد تخلف به ترتیب ۱۴ و ۱۸ درصد برآورد شده است (شکل ۲).

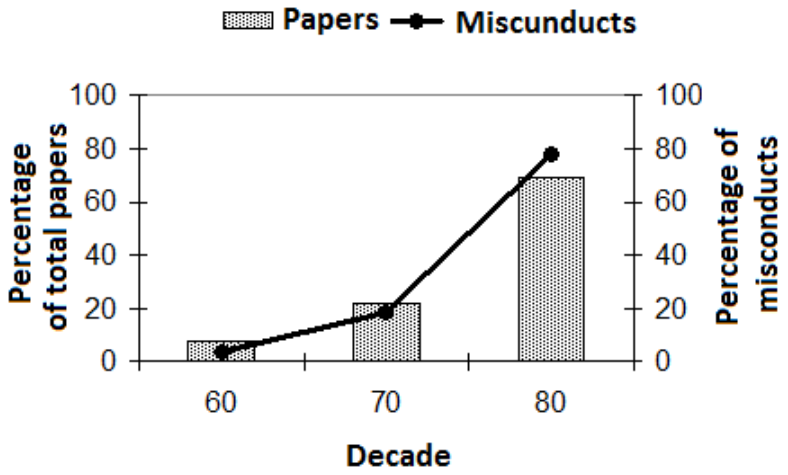
همپوشانی در مقالات

نتایج این تحقیق نشان داد که موارد متعددی از همپوشانی (تشابه کلی یا جزیی) در بخش‌های مختلف بین مقالات تحت بررسی وجود دارد. در مجموع ۲۷ درصد از مقالات دارای تشابه مفهومی در عنوان مقاله بوده و در ۱۱ درصد مقالات نیز واژه‌های به‌کار رفته در عنوان مقاله مشابه بودند. به‌علاوه در ۳۱ درصد از کل مقالات بررسی شده واژه‌های کلیدی دارای همپوشانی و در مواردی تشابه کامل می‌باشند (شکل ۳).

بررسی دقیق‌تر مقالات حاکی از آن بود که موارد همپوشانی صرفاً مربوط به عنوان مقالات نمی‌باشد. برای مثال، ۲۹ درصد مقالات از نظر تیمارهای آزمایشی، ۲۷ درصد مقالات از نظر گیاه هدف و تیمارهای آزمایشی و ۱۶ درصد مقالات از نظر گیاه هدف، تیمارهای آزمایشی و صفات تحت بررسی همپوشانی داشتند (شکل

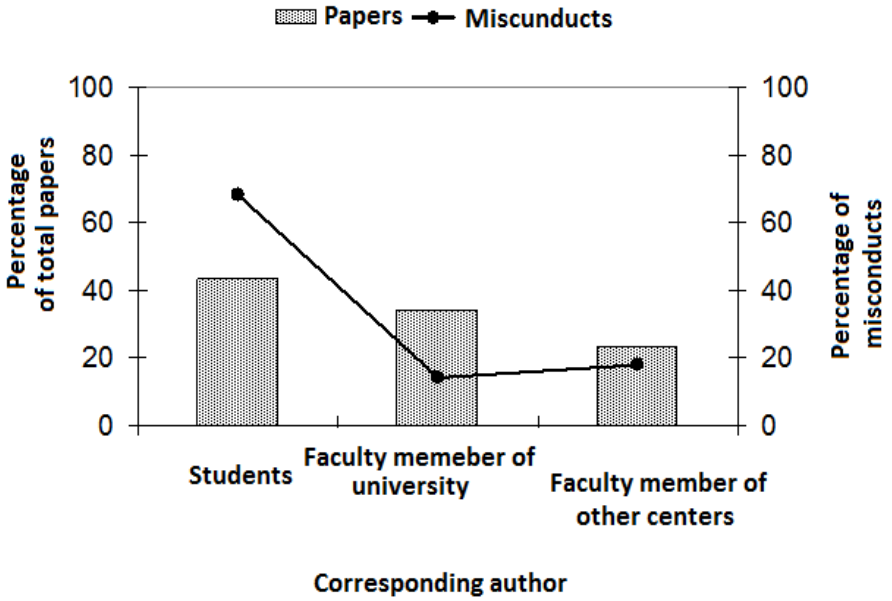
1- Scientific misconduct
2- Research misconduct
3- Professional misconduct
4- Fabrication
5- Falsification
6- Plagiarism

۳). ایـن مـوارد از دو جنبـه قابـل بررسـی اسـت: نخسـت اجـرای پژوهش‌های موازی با اهداف کـم و بـیش یکسـان و دوم اقتبـاس از ایده‌های سایر محققین. جنبه اول به وجود مشکلات در سـاختار نظـام پژوهشی مربوط بوده و جنبه دوم تخلف پژوهشی محسوب مـی‌شـود. مقایسه بین منابع استفاده شده در مقالات دارای انواعی از همپوشانی- ها نشان داد که در ۳۸ درصد از موارد همپوشانی، به مقـالات مربـوط به پژوهش‌های مشابه که از نظر تاریخ انتشار مؤخر بوده‌اند، ارجاع داده نشده است.



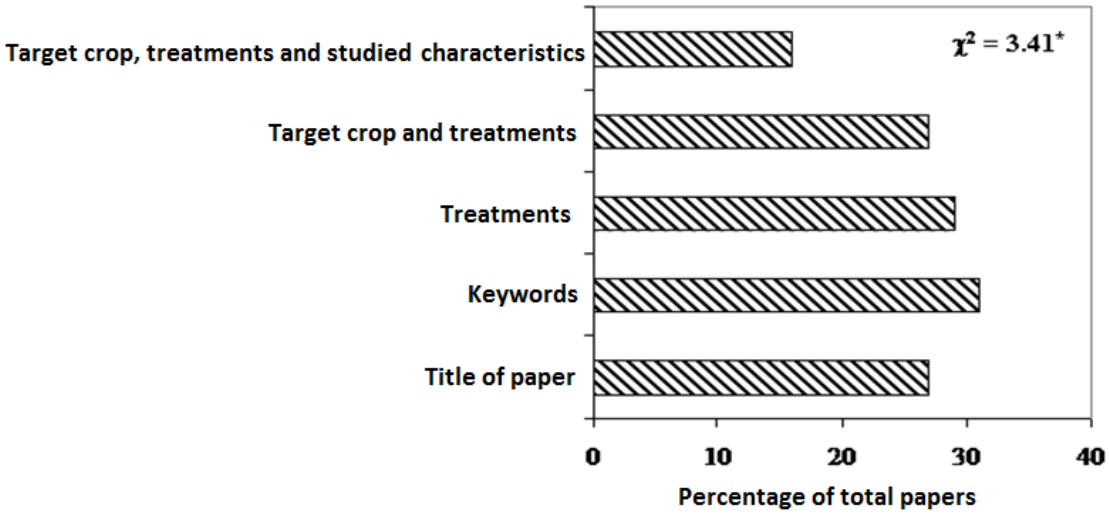
شکل ۱- توزیع درصدی تعداد مقالات علمی- پژوهشی و تخلفات پژوهشی در کل مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 1- Percentage distribution of scientific- research papers and research misconducts for total published papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran



شکل ۲- توزیع درصدی مقالات و تخلفات از اخلاق پژوهشی در مقالات مرتبط با علوم زراعی در گروه‌های مختلف محققین کشور (منظور از نویسنده اصلی نویسنده اول می باشد).

Fig. 2- Percentage distribution of papers and misconducts from research ethics related to agronomic sciences for different scientists in Iran (Corresponding author is the first author).



شکل ۳- توزیع درصدی انواع همپوشانی در مقالات علمی- پژوهشی مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

$\chi^2_{5\%} = 3.41^*$

Fig. 3- Percentage frequency of misconducts for scientific-research papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran

$\chi^2_{5\%} = 3.41^*$

تخلفات پژوهشی

تشخیص موارد احتمالی از ساخت نتایج غیرواقعی (عددسازی) حتی در صورت دسترسی به داده‌های آزمایش امری دشوار است. با این وجود، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در کمتر از ۱۰ درصد از مقالات تحت بررسی (در حدود هشت درصد) احتمال چنین تخلفاتی وجود دارد. جهت ردگیری این موارد از معیارهایی همچون پایین بودن غیرمتعارف ضریب تغییرات (CV<۵٪) با توجه به تعداد تکرارهای به‌کار رفته در آزمایش، عدم انطباق بین نتایج تجزیه واریانس و رگرسیون یا همبستگی‌های بین صفات و نیز تفاوت‌های قابل ملاحظه بین یافته‌های یک تحقیق با نتایج مجموعه‌ای از مقالات با گیاه هدف و تیمارهای مشابه، استفاده شد. لازم به ذکر است که اگرچه عددسازی از تخلفات بسیار جدی پژوهشی محسوب می‌شود، ولی براساس مندرجات یک مقاله دلایل قطعی برای اثبات این امر موجود نمی‌باشد، لذا از آنها به‌عنوان احتمال تخلف یاد شده است.

به‌طور کلی، موارد قابل تشخیص از انواع تخلفات پژوهشی شامل عددسازی، دروغ‌پردازی و دستبردهای علمی در مقالات علوم زراعی، بررسی شده در طی ۳۰ سال گذشته به ترتیب ۷، ۶ و ۱۰ درصد و کل تخلفات پژوهشی در این دوره در حدود هشت درصد بوده است (شکل ۴). لازم به ذکر است که در محاسبه کل تخلفات، مقالاتی که چندین مورد تخلف در آنها ردیابی شده در نهایت، یک مقاله در نظر گرفته شد.

در شکل ۵ توزیع فراوانی انواع تخلفات پژوهشی براساس نوع پژوهشگران ارائه شده است.

در همه موارد درصد تخلفات مقالاتی که نویسندهٔ اصلی آن دانشجویان بوده‌اند، به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بیشتر بود و در مجموع حدود ۶۰ درصد از کل تخلفات پژوهشی در مقالاتی شناسایی گردید که توسط دانشجویان نگاشته شده بودند؛ در حالی‌که اختلاف معنی‌داری از نظر فراوانی این نوع تخلفات بین مقالات اعضاء هیات علمی دانشگاه‌ها و سایر مؤسسات پژوهشی مشاهده نشد (شکل ۵).

تخلفات حرفه‌ای

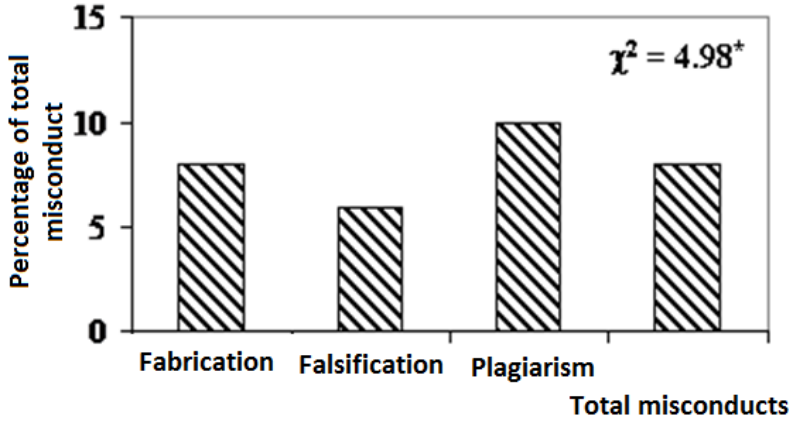
از بین انواع موارد تخلف حرفه‌ای تنها سه مورد در بین مقالات تحت بررسی قابل ردیابی بود که نتایج آن در شکل ۶ ارائه شده است.

چاپ مکرر نتایج یک تحقیق در هشت درصد از مقالات شناسایی گردید، در حالی‌که اقتباس بدون ذکر نام و ارائه نادرست نتایج سایر محققین (تحریف) به ترتیب در ۱۱ و ۷ درصد از کل مقالات مشهود بود. بنابراین، به‌طور کلی موارد قابل تشخیص از تخلفات حرفه‌ای تنها در ۷ درصد از کل مقالات علوم زراعی قابل ردیابی بود که در مقایسه با تخلفات پژوهشی به‌طور جزیی سهم کمتری را به خود اختصاص داده‌اند.

در مورد تخلفات حرفه نیز بیشترین موارد در تحقیقات دانشجویی قابل ردیابی بود و مسئولیت حدود ۷۰ درصد از کل این تخلفات به‌عهده دانشجویان می‌باشد (شکل ۷). لازم به ذکر است که فراوانی تخلفات حرفه‌ای تیز در مقالات منتشر شده به‌وسیله اعضای هیئت

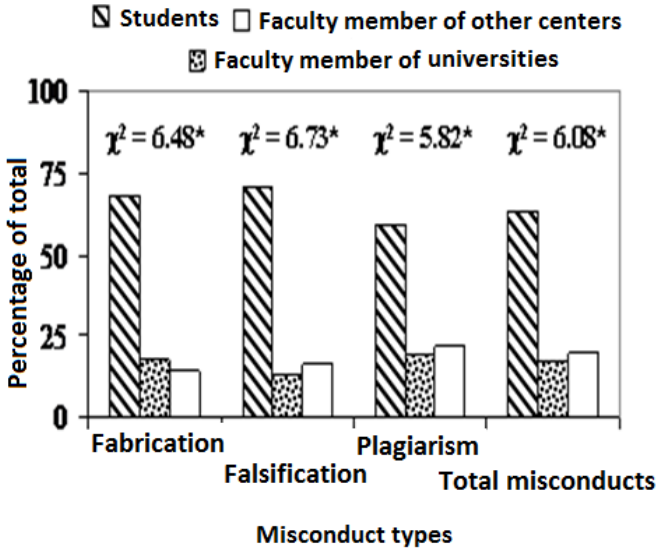
علمی دانشگاه‌ها و سایر مؤسسات پژوهشی تفاوت معنی‌داری نداشت.

البته به نظر می‌رسد که میزان برخی از انواع تخلفات حرفه‌ای به ویژه در سال‌های اخیر روبه گسترش است. برای مثال، حذف یا عدم ذکر نام همکاران پژوهشی در مقالات بدون اخذ مجوز از جمله تخلفات حرفه‌ای محسوب می‌شود. با وجودی‌که ردیابی این امر بر مبنای محتوای مقالات منتشر شده امکان پذیر نیست، ولی براساس نظرات سردبیران مجلات علمی– پژوهشی کشور در علوم زراعی، فراوانی این موارد در حدود ۳-۲ درصد بوده و رو به افزایش می‌باشد. بعلاوه ذکر نام افرادی که هیچ‌گونه دخالت علمی یا عملی در اجرای پژوهش نداشته‌اند نیز مورد جدیدی از تخلفات حرفه‌ای است که مواردی از آن در مقالات انتشار یافته در کشور مشهود است.



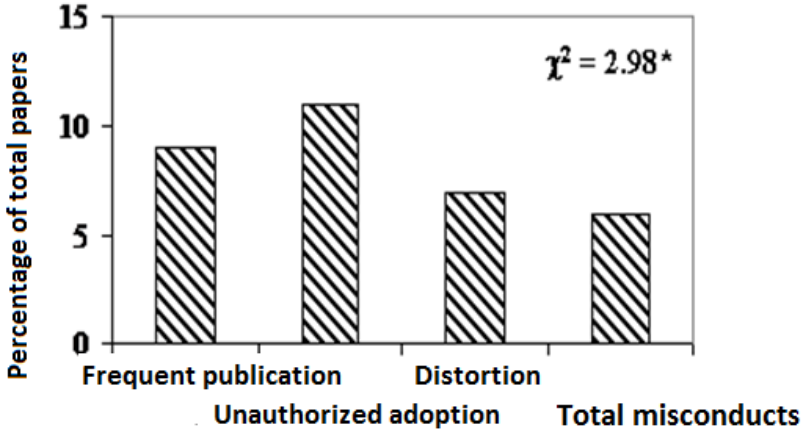
شکل ٤- توزیع درصدی انواع تخلفات پژوهشی قابل ردیابی در مقالات مرتبط با علوم زراعی انتشار یافته طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 4- Percentage frequency of detectable misconducts in published papers related to agronomic science during the past three decades in Iran



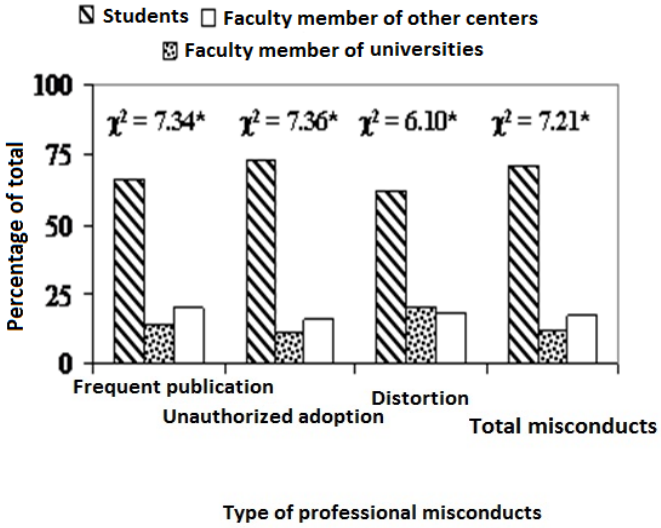
شکل ٥- سهم گروه‌های مختلف نویسندگان اصلی (نویسنده اول) در توزیع درصدی انواع تخلفات پژوهشی قابل ردیابی در مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 5- Different group share of corresponding author (the first author) in percentage frequency of detectable misconducts for published papers related to agronomic science during past three decades in Iran



شکل ٦- توزیع درصدی انواع تخلفات حرفه‌ای قابل ردیابی در مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 6- Percentage frequency of professional misconducts for published papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran



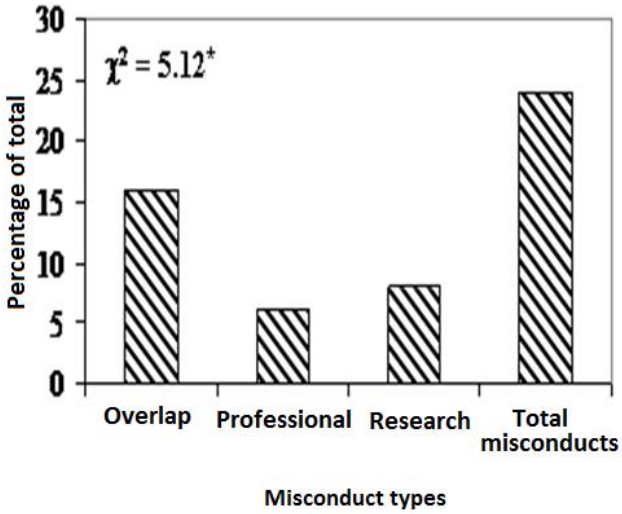
شکل ۷- سهم گروه‌های مختلف نویسندگان اصلی (نویسنده اول) در توزیع درصدی انواع تخلفات حرفه‌ای قابل ردیابی در مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 7- Different group share of corresponding author (the first author) in percentage frequency of professional misconducts for published papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran

توزیع انواع تخلفات

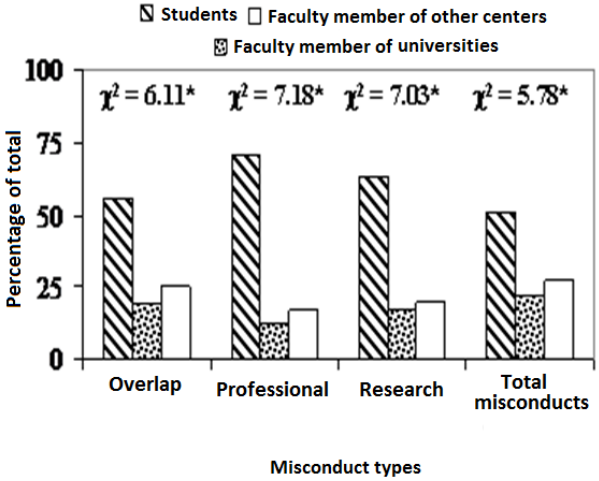
شکل ۸ فروانی انواع تخلفات علمی مشاهده شده در مقالات مرتبط با علوم زراعی کشور را در طی دورهٔ مطالعه نشان می‌دهد.

بر اساس این نتایج فراوانی انواع همپوشانی به‌طور معنی‌داری از سایر تخلفات بیشتر بود، در حالی‌که تخلفات حرفه‌ای دارای کمترین فراوانی می‌باشند. به‌طورکلی، ۲۴ درصد از مقالات بررسی شده دارای حداقل یکی از انواع تخلفات علمی بوده‌اند که مقدار قابل توجهی است. از آنجا که موارد همپوشانی در عنوان واژه‌های کلیدی، گیاه هدف یا تیمارهای آزمایشی و نظایر آن ممکن است از نظر پژوهشگران تخلف جدی محسوب نشود و در اغلب موارد نیز چنین است، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در صورت صرفنظر کردن از موارد همپوشانی، درصد کل تخلفات به حدود ۱۶ درصد کاهش خواهد یافت (شکل ۸).



شکل ۸- توزیع درصدی انواع تخلفات علمی قابل ردیابی در مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 8- Percentage frequency of detectable misconducts for published papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran



شکل ۹- سهم گروه‌های مختلف نویسندگان اصلی (نویسنده اول) در توزیع درصدی انواع تخلفات علمی قابل ردیابی در مقالات انتشار یافته مرتبط با علوم زراعی طی سه دهه گذشته در کشور

Fig. 9- Different group share of corresponding author (the first author) in percentage frequency of detectable misconducts for published papers related to agronomic sciences during the past three decades in Iran

نتایج نشان داد که در مورد همه موارد تخلفات علمی نیز سهم مقالات حاصل از تحقیقات دانشجویان به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بیشتر از مقالات سایر پژوهشگران بود (شکل ۹) و در مجموع حدود ۵۰ درصد از کل تخلفات علمی در مقالات مرتبط با علوم زراعی در مقالات مستخرج از پایان نامه‌های دانشجویی ردیابی شد.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که فراوانی مجموع تخلفات پژوهشی در مقالات مرتبط با علوم زراعی که در طی سه دهه گذشته انتشار یافته‌اند در حدود ۲۴ درصد و با صرف نظر کردن از موارد همپوشانی در حدود ۱۶ درصد می‌باشد. اگرچه این مقدار تخلف قابل توجه به نظر می‌رسد، ولی مبنای مشخصی برای مقایسه شدت تخلفات پژوهشی وجود ندارد (CSEP, 2006; Lund, 2002). گزارش شده است که تخلفات پژوهشی در سطح جهانی دارای فراوانی بین ۰/۱ تا ۱ درصد می‌باشد (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010). البته فراوانی‌های تا حدود ۱۰ درصد نیز در منابع ذکر شده است (Pimple, 2002). براساس شواهد موجود دقت و توانایی ردیابی و تشخیص این موارد

توسط انسان (یعنی از طریق بازخوانی) درحدود سه درصد و از طریق نرم افزارهای رایانه‌ای در حدود ۱۳ درصد می‌باشد (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010). بر این اساس به نظر می‌رسد که موارد واقعی تخلف از اخلاق پژوهشی در سطح جهانی به مراتب بیشتر از ۵-۱ درصد می‌باشد.

لازم به ذکر است که نرم‌افزارهای موجود صرفاً قادر به مطابقه متن مقالات بوده و درنتیجه دستبردهای علمی و یا اقتباس بدون ذکر نام را به شرطی که به زبان دیگری ترجمه نشده باشند شناسایی می‌کنند. البته این نوع تخلف رایج‌ترین نوع بداخلاقی پژوهشی در سطح جهانی محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال، در آمریکا در سال ۱۹۸۹ میلادی در حدود ۱۲ درصد از کل تخلفات پژوهشی در پزشکی مربوط به دستبردهای علمی بود که این نوع تخلف در سال ۲۰۰۵ میلادی به ۶۶ درصد افزایش یافت (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010).

تحریف یا گزارش نادرست یافته‌های سایر محققین نیز از جمله تخلفات پژوهشی است که ردیابی آن چندان ساده نیست. ارجاع به منابع علمی که به زبان‌های غیرانگلیسی (فرانسه، آلمانی، ایتالیایی و برخی زبان‌های غیرمتعارف) نگارش شده‌اند در بیش از ۱۷ درصد از مقالات تحت بررسی در مطالعه حاضر شناسایی شد. از آنجا که به نظر می‌رسد دسترسی به این نوع منابع دشوار بوده و در صورت دسترسی درک صحیح یافته‌های گزارش شده به دلیل زبان نگارش نیز چندان ساده نمی‌باشد، بنابراین، احتمال تحریف یا ذکر نادرست نتایج این مقالات نسبتا زیاد خواهد بود.

محققین دلایل مختلفی را برای بروز تخلفات علمی ذکر کرده‌اند که مهمترین آنها عبارتند از:

«عدم آگاهی از تخلف» که به نظر می‌رسد از جمله مهمترین دلایل وقوع بداخلاقی‌های پژوهشی و حرفه‌ای است. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۸ روی ۲۳ دانشگاه آمریکا انجام گردید، مشخص شد که ۳۸ درصد از دانشجویان طی دورهٔ اجرای تحقیق خود حداقل یک بار اقتباس بدون ذکر نام داشته‌اند و ۵۰ درصد دانشجویان از اینکه این عمل تخلف پژوهشی محسوب می‌شوند بی‌اطلاع بوده‌اند (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010). «دسترسی آنلاین به منابع» نیز به نوبهٔ خود از دلایل بروز تخلفات پژوهشی گزارش شده است (Barden et al., 1997; AAMC, 1998)، زیرا با استفاده از منابع موجود در اینترنت امکان برش و چسباندن متون علمی بسیار ساده خواهد بود. «رقابت و انگیزه‌های غیرعلمی» و «عدم وجود تنبیه یا مجازات‌های مشخص برای متخلفین» (Pimple, 2002)، «شتابزدگی نویسندگان» به دلایل نیاز به انتشار سریع مقالات نیز از جمله دلایل بروز تخلفات پژوهشی محسوب می‌شوند (Gerllinde, 2000). «عدم تسلط به زبان انگلیسی» یکی دیگر از دلایل تخلفات پژوهشی (دستبردهای علمی) است. براساس مطالعه‌ای در دانشگاه مینه‌سوتای آمریکا مشخص گردید که ۸۵ درصد از دستبردهای علمی مربوط به افراد غیرانگلیسی زبان بوده است (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010) و در نهایت، «وجود ارتباطات تجارتی و مالی بین پژوهشگر و شرکت‌ها یا مؤسسات سرمایه‌گذار به منظور مؤثر نشان دادن محصولات این شرکت‌ها» نیز از دیگر دلایل بروز تخلفات پژوهشی است (USDA Forest Service Research & Development, 2000). البته مورد اخیر در ایران و برای پژوهش‌های علوم زراعی چندان مصداق ندارد، زیرا تقریباً تمامی پژوهش‌های علوم زراعی جنبه غیرتجاری داشته و از طریق بودجه‌های دولتی اجرا می‌شوند.

عددسازی یا به بیان بهتر گمراه‌سازی نیز از تخلفات مشهود در مقالات تحت بررسی در این مطالعه بود. از آنجا که تشخیص این موارد صرفاً براساس شواهد ارائه شده در مقاله صورت گرفته است، چنین به نظرمی‌رسد که واژه گمراه‌سازی برای توصیف این تخلفات مناسب‌تر باشد. برای مثال، در اغلب موارد تخلف مقادیر گزارش شده برای احتمال معنی‌دار بودن اثرات تیمارها یا فاکتورهای آزمایشی بسیار زیاد ($p\leq ۰/۰۰۱$) می‌باشند. از نظر آماری با کوچک شدن مقدار (p) احتمال بروز خطای نوع اول نیز افزایش خواهد یافت (Mead et al., 2003). به عبارت دیگر، در این شرایط ممکن است اثراتی که واقعاً معنی‌دار نمی‌باشند، معنی‌دار گزارش شوند که حاصل آن گمراه-کننده بودن نتایج ارائه شده می‌باشد.

توجه بیشتر به دلایل ذکر شده برای بروز تخلفات پژوهشی تا حدود زیادی مشخص می‌سازد که چرا فراوانی تخلفات در مقالاتی که نویسندهٔ اول (مسئول) آن دانشجویان بوده‌اند، به مراتب بیشتر است. در همین ارتباط گزارش شده است که بین ۷۰-۶۵ درصد از تخلفات پژوهشی شناسایی شده در آمریکا مربوط به تحقیقات اجرا شده توسط دانشجویان بوده است (Mousavi Doust & Fonoudi, 2010).

با توجه به نتایج این تحقیق چنین به نظر می‌رسد که پیشگیری از افزایش تخلفات پژوهشی موضوعی است که می‌بایست در سطوح بالای تصمیم‌گیری به دقت مورد توجه قرار گیرد. اطلاع‌رسانی دقیق به محققین جوان (به ویژه دانشجویان) و تعریف مشخص تخلفات پژوهشی مؤثرترین اقدام در این زمینه محسوب می‌شود که در مقایسه با اجرای تنبیه‌ها یا مجازات‌های اداری کارآیی بیشتری خواهد داشت (CSEP, 2006). فراستخواه (Farasatkhah, 2006) معتقد است که ضعف‌های موجود در اخلاق پژوهشی و حرفه‌ای ایران تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل زمینه‌ای محیطی و فرهنگی قرار دارد و پیشینه طولانی نظارت و مراقبت متمرکز مانع از شکل‌گیری عادت به خود ارزیابی و خودتنظیمی در محققین کشور شده است.

تدوین مرام‌نامه یا به اصطلاح کدهای اخلاق پژوهشی موضوعی است که در بسیاری از شاخه‌های علوم در سطح بین‌المللی به اجرا

درآمده است، ولی در ایران تا کنون توجه چندانی بـه آن نشـده اسـت. شعبانی ورکی و نگهبان (Shabani Varaki & Negahban, 2006) نمونه‌هایی از اصول عمومی این مرام‌نامه‌های اخلاقی را ارائه کـرده و حُـری (Horri, 2011) نیـز جنبـه‌هـای مختلـف رعایـت اخـلاق در انتشارات علمی را مورد بررسی قرار داده است. به‌علاوه، مرامنامه‌هـای اخلاق پژوهشی اختصاصی مربوط به شاخه‌های مختلف علـوم توسـط مؤسسات مختلف تدوین و ارائه شده است (ABET, 2006; ACM, 2003; AAMC, 1998; USDA Forest Service Research & Development, 2000). بنابراین، توجـه ویـژه بـه ایـن امـر و آشـنا ساختن محققین کشـور بـه‌ویـژه دانشـجویان تحصـیلات تکمیلـی از اهمیت و نحوه رعایت اخلاق در پژوهش و انتشارات علمی از اولویـت ویژه‌ای برخوردار است.

قدردانی

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طـرح پژوهـه شـماره ۶- پ ۱۳۸۸/۱/۱۷ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشـهد تـأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. AAMC, Association of American Medical Colleges. 1998. Developing a code of ethics in research. A guide for scientific societies. Washington DC.
2. ABET, Accreditation Board for Engineering and Technology. 2006. Code of ethics of engineers. Chicago University Press.
3. Aceme, N. 2009. Professional ethics: An overview from health research ethics point of view. Acta Tropica 112: 84–90.
4. ACM, U.S. Association for Computing Machinery. 2003. ACM code of ethics and professional conduct. ACM, USA.
5. Alroe, H.F., and Kristensen, E.S. 2003. Toward a systemic ethic: In search of an ethical basis for sustainability and precaution. Environmental Ethics 25(1): 59-78.
6. Alroe, H.F., Byrne, J., and Glover, L. 2005. Organic agriculture and ecological justice: Ethics and practice. In: N. Halberg, H.F. Alrøe, M.T. Knudsen and E.S. Kristensen, (eds). Global Development of Organic Agriculture: Challenges and Promises. CAB International p. 75-112.
7. Bahadorinejad, M. 2006. Points in engineering ethics. Ethics in Science and Technology 1(1): 1-11. (In Persian)
8. Barden, L.M., Frase, P., and Kovac, J. 1997. Teaching scientific ethics. A case studies approach. The American Biology Teachers 59: 12-14.
9. Bohlouli, M. 2010. Ethic in science and technology. Science Cultivation Journal 1: 36-42. (In Persian)
10. Center for Study of Ethics in the Professions, CSEP. 2006. Perspectives on the profession. Chicago, Illinois Institute of Technology.
11. Faramarz Gharamaleki, A. 2004. Origin of research ethic. Mirror of Heritage 2(4): 7-17. (In Persian)
12. Farasatkhah, M. 2006. Scientific ethics is the key to improving higher education: position and mechanism of professional ethic for academic quality assurance in higher education. Ethics in Science and Technology 1(1): 13-27. (In Persian)
13. Gerllinde, S. 2000. Teaching scientific integrity and research ethics. Forensic Science International.
14. Horri, A. 2011. Ethic of Scientific Publications. Islamic World Science Citation Center (ISC), Iran 86 pp. (In Persian)
15. Khodaparast, A.H., Abdollah Zadeh, A., and Rasekh, M. 2007. Critical study of sextet guidline for ethic in Iran research. Journal of Reproduction and Infertility 3: 365-379. (In Persian)
16. Lashkar Bolouki, M. 2008. Developing a framework of values and professional ethic in scientific and technological researches. Ethics in Science and Technology 2(1&2): 105-114. (In Persian)
17. Lund, V. 2002. Ethics and animal welfare in organic animal husbandry: An interdisciplinary approach, Acta Universitatis Agriculturae Suecia, Veterinaria 137, Swedish University of Agricultural Sciences.
18. Mahmoudi, A. 2007. Philosophical perspective on research ethic. Islamic University 11(4): 129-148.
19. Mead, R., Curnow, R.N., and Hasted, A.M. 2003. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology (3rd Ed.). Chapman and Hall/CRC.
20. Motahhari, M. 1997. Philosophy of Ethic. Mollasadra Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
21. Mousavi Doust, S., and Fonoudi, H. 2010. Infringements and scientific and and literary plagiarisms. Science Cultivation Journal 1(2): 21-29. (In Persian)
22. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Ghorbani, R., and Khoramdel, S. 2012. 30 Years of agronomic research in Iran: I. Evaluation of trends, gaps and setting periorities. Agroecology (In Press). (In Persian with English Summary)
23. Office of Science and Technology Policy. 2000. Federal policy and research misconduct. Federal Register 65:

76260-76264.
24. Pimentel, D. 2004. Ethical issues of global corporatization: Agriculture and beyond. Poultry Science 83: 321-329.
25. Pimple, K.D. 2002. Six domains of research ethics. A heuristic framework for the responsible conduct of research. Science and Engineering Ethics 8: 191-205.
26. Shabani Varaki, B., Negahban, H.R. 2006. Logic Search in Education and Social Sciences: New Direction. The First Edition, Behnashr Publication, Mashhad, Iran 220 pp. (In Persian)
27. Stent, A. 2006. Professional ethics and computer science/information systems. Stony Brook University, New York.
28. USDA Forest Service Research and Development. 2000. Code of Scientific Ethics. FS-686, p. 14.
29. Vedadhir, A.A., Farhoud, D., Ghazi Tabatabaee, K., Tavassoli, G. 2008. Standards of ethical behavior for scientific work (A reflection in ethic sociology on the Merton and Resnik's science and technology). Ethics in Science and Technology 2(3&4): 6-17. (In Persian)
30. Von Braun, J., and Brown, M.S. 2003. Ethical questions of equitable world wide food production systems. Plant Physiology 1332: 1040-1045.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۱۵-۴۰۶

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 406-415

اثر گیاهان کود سبز و سطوح نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد مواد در میانگره‌های گندم (*Triticum aestivum* L.)

فرزاد گرامی[1*]، امیر آینه‌بند[2] و اسفندیار فاتح[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱

چکیده

با توجه به اهمیت انتقال مجدد در پر شدن دانه گندم (*Triticum aestivum* L.)، اثر گیاهان کود سبز و سطوح مختلف نیتروژن بر انتقال و کارایی انتقال ماده خشک از میانگره‌های مختلف ساقه گندم، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. تیمار اصلی شامل مقادیر مختلف نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار فرعی دربرگیرنده گیاهان مختلف کود سبز شامل: ارزن (*Pennisetum* sp.)، تاج خروس زراعی (*Amaranthus* sp.)، *سسبانیا* (*Sesbania* sp.)، لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، ماش (*Vigna radiata* L.) و تیمار شاهد (بدون کاربرد کود سبز) بود که در سه تکرار انجام شد. این آزمایش در دو مرحله شامل کاشت و برگرداندن گیاهان کود سبز و پس از آن کاشت گندم انجام گرفت. نتایج نشان دادند که وزن و وزن مخصوص کلیه میانگره‌های ساقه اصلی گندم از آغاز مرحله گرده‌افشانی تا ۲۰ روز پس از گرده-افشانی به بیش‌ترین مقدار رسید. پس از آن از ۲۰ روز تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی به‌دلیل انتقال مجدد مواد پرورده به دانه، وزن و وزن مخصوص میانگره‌ها کاهش یافت. همچنین مقدار ماده خشک انتقال یافته تحت تأثیر تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بیش‌تر از تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در میانگره‌های دم گل‌آذین (۲۱۹ در مقابل ۱۸۱ میلی‌گرم) و میانگره ماقبل آخر (۲۰۳ در مقابل ۱۶۵ میلی‌گرم) بود، در حالی‌که در میانگره‌های پایینی این رابطه برعکس بود (۴۰۳ در مقابل ۴۰۶ میلی‌گرم). به‌طور کلی با افزایش نیتروژن مصرفی کارایی انتقال ماده خشک کاهش یافت. بنابراین تأثیر گیاهان کود سبز تنها به خصوصیات خاک محدود نبوده بلکه بر ویژگی‌های عملکردی در خصوص رابطه بین مبدأ و مقصد فیزیولوژیک نیز تأثیرگذار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بازه تغییرات، دم گل‌آذین، سرعت ویژه، میانگره ماقبل آخر، وزن مخصوص

مقدمه

با توجه به دیدگاه کشاورزی پایدار مبنی بر افزایش سهم نهاده-های غیرشیمیایی و کاهش نهاده‌های شیمیایی، به‌کارگیری روش‌های مؤثری مانند گیاهان کود سبز توصیه می‌شود (Tejada et al., 2008). گیاهان کود سبز، گیاهانی هستند که از یک سو تأمین کننده مواد آلی و معدنی مورد نیاز گیاهان زراعی بوده و از سوی دیگر حفاظت کننده منابع آب و خاک به‌شمار می‌آیند. این گیاهان برای مدت زمان معینی در زمین‌های زراعی کاشته شده و در مرحله مشخصی از رشد به زمین برگردانده می‌شوند. در اصل کود سبز بخشی از تناوب زراعی است که برداشت اقتصادی محصول در آن صورت نگرفته و هدف اصلی از کشت آن‌ها بهبود حاصل‌خیزی خاک است (Aynehband, 2007). نقش عمده نیتروژن در متابولیسم گیاه ضرورت مدیریت مناسب و استفاده کارآمد از منابع در سیستم‌های زراعی را نمایان می‌سازد. در این راستا علاوه بر مدیریت کودهای نیتروژن، هریک از عملیات زراعی می‌تواند فرآیندی تنظیم‌کننده برای نیتروژن محسوب شده تا زمان و میزان فراهمی نیتروژن و تقاضای گیاه برای آن دسته از عوامل رقابت کننده که منجر به مصرف ناکارآمد و هدررفت این عنصر می‌شود را تحت تأثیر قرار دهد (Shahsavari & Saffari, 2005). اگرچه گیاهان کود سبز به حاصل‌خیزی خاک کمک می‌کنند، اما این گیاهان به‌همراه کود

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: gerami.farzad@gmail.com)

شیمیایی نیتروژن باعث دستیابی به عملکرد بیشتر و با کیفیت بهتر از طریق ایجاد تنوع در منابع به عناصر غذایی ضروری گیاه و همچنین افزایش ظرفیت جذب توسط گندم می‌گردند. همچنین کاربرد گیاهان کود سبز به‌همراه کود نیتروژن به آزادسازی تدریجی عناصر غذایی کمک کرده، لذا تلفیق گیاهان کود سبز و کودهای شیمیایی نیتروژنه برای دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری به‌نظر می‌رسد (Fageria et al., 2007).

از آنجا که در غلات، دانه یکی از مهم‌ترین مخازن برای ذخیره کربن و نیتروژن پس از مرحله گرده‌افشانی محسوب می‌گردد لذا میزان ذخیره پرورده در بخش‌های رویشی در مرحله قبل از گرده‌افشانی که به عواملی همچون رقم و عناصر غذایی بستگی دارد، می‌تواند بین ۲۰ تا ۴۰ درصد عملکرد نهایی دانه را تأمین نماید (Ardiuni et al., 2006). شایان ذکر است که در طول دوره رشد گیاه عوامل مختلفی همچون ژنوتیپ، دما، بارندگی و حاصلخیزی خاک بر رابطه بین مبدأ و مقصد فیزیولوژیک در گیاهان تأثیرگذار خواهند بود (Miralles & Slafer, 2007). برای نمونه گزارش شده که بیش از ۸۰ درصد محتوای نیتروژن درگندم در مرحله گرده‌افشانی تجمع یافته (Papkosta & Gagians, 2009) و نیتروژن تجمع یافته قبل از گرده‌افشانی می‌تواند بیش از ۷۵ تا ۹۰ درصد مقدار نهایی نیتروژن دانه را تأمین نماید (Heiltholt et al., 1990). همچنین آردیونی و همکاران (Ardiuni et al., 2006) نیز اظهار داشتند که در غلات دانه‌ای، انتقال مواد آسیمیلات و همچنین انتقال مجدد پروردهی که قبلاً در اندام‌های رویشی تجمع یافته، نقش بافری داشته و می‌تواند اثرات نامطلوب برخی عوامل محیطی در طی مرحله پرشدن دانه را تخفیف دهد. حکم علی پور و دربندی (Hokmalipour & Darbandi, 2009) با کاربرد تیمارهای صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در گندم اظهار داشتند که با افزایش کاربرد نیتروژن، مقدار ماده خشک انتقال یافته و همچنین کارایی انتقال ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مدنی و همکاران (Madani et al., 2010) نیز دریافتند که با مهیا شدن مقدار کافی نیتروژن برای رشد گندم، اگرچه مقدار فتوسنتز رایج و انتقال مواد پرورده به دانه را بهبود داد، ولی باعث کاهش انتقال مجدد نیتروژن از ذخایر ساقه به دانه‌ها شد. همچنین اهدائی و همکاران (Ehdaei et al., 2006) معتقداند که در گندم دیم، عملکرد نهایی وابستگی بیش‌تری به انتقال مجدد ذخایر از ساقه به دانه داشته تا به فتوسنتز رایج در مرحله پرشدن دانه.

با آنکه در کشاورزی پایدار تأکید ویژه‌ای بر استفاده از منابع غیرشیمیایی در تولید محصولات زراعی می‌گردد، ولی در حال حاضر پژوهش‌های اندکی در خصوص تأثیر استفاده از گیاهان کود سبز و نیز مقایسه آن با کاربرد کودشیمیایی نیتروژن بر میزان و کارایی انتقال مجدد مواد به دانه‌های گندم صورت گرفته است. لذا هدف از این پژوهش مطالعه تخصصی اثر گیاهان کود سبز و کودشیمیایی نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد مواد و ویژگی میانگره‌های گندم بود.

مواد و روش‌ها

با توجه به نقش بسیار مهم انتقال مجدد ماده خشک ذخیره شده در ساقه به سوی دانه گندم و تأثیر بر فرایند پر شدن دانه آزمایشی به منظور بررسی اثر گیاهان مختلف کود سبز و سطوح نیتروژن بر مقدار ماده خشک انتقال یافته از میانگره‌های ساقه گندم و کارایی انتقال ماده خشک در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز واقع درعرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۰ متر در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به اجرا درآمد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم شنی، اسیدیته ۷/۸، ماده آلی ۰/۵۲ درصد، نیتروژن کل خاک ۰/۰۳۹، مقدار فسفر قابل تبادل ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار پتاسیم قابل تبادل ۱۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تیمار اصلی شامل مقادیر نیتروژن (اوره) در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار فرعی شامل انواع گیاهان کود سبز شامل: *سسبانیا* (*Sesbania* sp.)، ارزن (*Pennisetum* sp.)، تاج خروس زراعی (*Amaranthus* sp.)، لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، ماش (*Vigna radiata* L.) و تیمار شاهد (بدون کاربرد کود سبز) بود. این آزمایش در دو مرحله انجام گرفت. مرحله اول، شامل کشت گیاهان کود سبز در تاریخ ۱۵ شهریور و بازگرداندن آن‌ها به خاک با شخم به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار در تاریخ ۱۵ مهرماه بود. مرحله دوم شامل کشت گیاه گندم در تاریخ ۲۵ آبان و برداشت آن در هفته اول اردیبهشت بود. در این آزمایش از گندم رقم چمران استفاده شد. بذر گندم به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، درکرت‌هایی به طول هشت متر، شامل هشت ردیف با فاصله روی ردیف سه سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر به صورت دستی کشت گردید. کلیه عملیات آماده سازی زمین شامل کاشت، آبیاری و کنترل علف‌های هرز مطابق عرف منطقه انجام گرفت. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق شامل بررسی انتقال ماده خشک از میانگره‌های ساقه گندم به دانه و کارایی انتقال ماده خشک و همچنین بررسی روند تغییرات وزن و وزن مخصوص میانگره‌های ساقه گندم از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی بود.

به‌منظور نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات ذکر شده از مرحله گرده‌افشانی به فاصله هر ده روز یک‌بار، پنج ساقه اصلی گندم از ردیف دوم و ماقبل آخر هر کرت فرعی به اصطلاح کف‌بر شده و برگ‌ها و غلاف‌ها از ساقه جدا شد.

جدول ۱- نحوه محاسبه شاخص‌های کارایی انتقال ماده خشک

Table 1- Calculation of dry matter mobilization efficiency indices

۱- مقدار ماده خشک انتقال یافته mobilized dry matter	اختلاف بین بیشینه و کمینه وزن میانگره‌ها بین دومرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی Difference between post-anthesis maximum and minimum weight
۲- کارایی انتقال ماده خشک mobilization efficiency	نسبت مقدار ماده خشک انتقال یافته در زمان رسیدگی به بیش‌ترین وزن همان میانگره Proportion of mobilized dry matter relative to post-anthesis maximum weight of that segment
۳- وزن مخصوص میانگره Specific weight of internodes	وزن میانگره تقسیم برطول میانگره The ratio of internode weight to its length
۴- بازه تغییرات Changes extent	تفاوت نسبی بیشینه و کمینه وزن مخصوص میانگره از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی Relative difference of maximum and minimum of internode specific weight from anthesis to maturity stage
۵- سرعت ویژه Specific rate	بازه تغییرات تقسیم بر تعداد روزهای مورد مقایسه Changes extent divided to number of compared days

سپس ساقه اصلی به سه قسمت مجزای میانگره دم گل‌آذین، میانگره ماقبل آخر و میانگره‌های پایینی تقسیم و طول هر میانگره برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس همین میانگره‌ها به دستگاه آون منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از آن نمونه‌های خشک شده خارج و وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی حساس برحسب میلی‌گرم اندازه‌گیری شد و سپس وزن مخصوص آن با تقسیم وزن بر طول میانگره‌ها محاسبه شد. برای محاسبه فاکتورهای مختلف بررسی شده در این تحقیق از فرمول‌های ارائه شده در جدول ۱ استفاده شد (Dordas, 2009).

در نهایت، تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها توسط نرم-افزار SAS Version 9.0 و Excel و مقایسه میانگین داده‌ها به‌وسیله آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

الف) روند تغییرات وزن و وزن مخصوص میانگره‌های ساقه اصلی گندم

میانگره دم گل‌آذین

تغییرات وزن میانگره دم گل‌آذین از آغاز تا ۲۰ روز پس از مرحله گرده‌افشانی، روند مشابهی را تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز نشان داد (شکل ۱). در بیستمین روز پس از گرده‌افشانی، وزن میانگره دم گل‌آذین در تمام تیمارهای گیاهان کود سبز به‌جز کود سبز *سسبانیا* به حداکثر مقدار خود رسید. در این مرحله (۲۰ روز پس از گرده-افشانی)، تیمار کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی و کود سبز *سسبانیا* به‌ترتیب باعث تولید بیش‌ترین و کم‌ترین وزن میانگره دم گل‌آذین شدند. از ۲۰ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی روند تغییرات وزن میانگره دم گل-آذین به‌صورت کاهشی است. شایان ذکر است که کود سبز *سسبانیا*، ۳۰ روز پس از مرحله گرده‌افشانی، بیش‌ترین وزن میانگره دم گل‌آذین را تولید کرد. اگرچه پس از آن و مشابه با سایر تیمارها، دارای روندی کاهشی بود.

در این بررسی، بیش‌ترین شیب کاهش در وزن میانگره دم گل-آذین، تحت تأثیر تیمار کود سبز ارزن روی داد، درحالی‌که کاهش محسوسی در وزن این میانگره پس از تیمار کود سبز تاج خروس زراعی مشاهده نشد. بیش‌ترین تفاوت و گوناگونی در روند تغییرات این صفت در بازه زمانی ۴۰ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی قابل مشاهده بود؛ به‌طوری‌که در ۱۰ روز انتهایی رسیدگی وزن دم گل‌آذین پس از کلیه تیمارهای کود سبز کاهش یافت، ولی پس از کود سبز ماش اندکی افزایش یافت، درحالی‌که این صفت تحت تأثیر کود سبز تاج خروس زراعی تغییر معنی‌دار نداشت.

از سوی دیگر، بررسی وزن مخصوص این میانگره (شکل ۲) نشان داد که واکنش به نوع گیاهان کود سبز در مرحله گرده‌افشانی برای کود سبز ارزن بیش‌ترین و در شرایط عدم کاربرد کود سبز (تیمار آیش) کم‌ترین مقدار را داشت. با این حال، روند تغییرات وزن مخصوص میانگره دم گل‌آذین در بوته‌های گندم تحت تأثیر گیاهان کود سبز ماش، لوبیا چشم‌بلبلی و تاج خروس زراعی مشابه بود. شایان ذکر است در تیمار کود سبز ماش، حداکثر وزن مخصوص ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی به‌دست آمد، درحالی‌که در سایر گیاهان کود سبز، ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی وزن مخصوص میانگره دم گل‌آذین دارای بیش‌ترین مقدار بود. از سوی دیگر، بیش‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه تجمع وزن مخصوص میانگره دم گل‌آذین تا ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به ترتیب ۴/۵۴ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۲۳ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز بود که تفاوت معنی‌دار با کم‌ترین مقدار این صفت دارا بود. در ادامه و از ۲۰ تا ۳۰ روز پس از گرده‌افشانی، روند تغییرات وزن مخصوص دم گل‌آذین اگرچه در کاربرد کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی کاهشی بود، ولی این کاهش با شیب ملایم صورت گرفت. به‌هرحال سریع‌ترین کاهش در وزن مخصوص دم گل‌آذین، بین ۳۰ تا ۴۰ روز

پس از گرده‌افشانی مشاهده شد. از زمان کاهش وزن خشک دم گل-آذین (۲۰ روز پس ازگرده‌افشانی تا زمان رسیدگی) کم‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه انتقال مجدد مواد مربوط به تیمار کود سبز ارزن و به ترتیب ۳/۴۳ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۱۱ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز بود؛ درحالی‌که کاربرد کود سبز ماش دارای بیش-ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه تجمع ماده خشک به‌ترتیب به مقدار ۳/۷۵ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۱۷ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز بود. همچنین کاربرد کود سبز تاج خروس زراعی کم‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه انتقال مجدد مواد را برای میانگره دم گل‌آذین ایجاد کرد (به‌ترتیب به میزان ۲/۹۸ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۰۹ میلی‌گرم در روز). به‌طورکلی در فاصله زمانی ۴۰ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی، کلیه‌ی گیاهان کود سبز بجز ماش و ارزن باعث کاهش وزن مخصوص میانگره دم گل‌آذین شدند (شکل ۲).

به‌طورکلی، دانه مقصد فیزیولوژیک فعالی برای ذخیره کربن و پرورده نیتروژن در غلات محسوب می‌گردد؛ اما در اوایل گرده‌افشانی به دلیل کوچک بودن اندازه دانه ظرفیت ذخیره‌ای پایینی دارد. لذا مازاد مواد فتوسنتزی در مخازن ساقه تجمع یافته و سپس با افزایش اندازه دانه از طریق انتقال مجدد مواد به سمت دانه منتقل می‌شوند. بهرحال در مراحل آخر با پرشدن دانه از یک سو و کاهش اندام های فتوسنتز کننده از سوی دیگر، انتقال مواد ذخیره‌ای به سمت دانه کاهش خواهد یافت (Cartele, 2006 ; Wardlaw, 1990).

میانگره ماقبل آخر

روند تغییرات وزن خشک در این میانگره تقریباً مشابه با میانگره دم گل‌آذین بود. با این تفاوت که وزن میانگره میانگره ماقبل آخر در شرایط کاربرد گیاهان کود سبز ماش و تاج خروس زراعی به ترتیب در ۱۰ و ۳۰ روز پس از گرده‌افشانی و برای سایر گیاهان کود سبز در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به بیش‌ترین مقدار رسید. از سوی دیگر، بررسی وزن مخصوص این میانگره نشان داد که روند افزایش وزن مخصوص میانگره میانگره ماقبل آخر در مقایسه با تغییرات وزن خشک با شیب تندتری صورت گرفته و درکلیه تیمارهای استفاده از گیاهان کود سبز در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به حداکثر مقدار خود رسید (شکل۴). اما در مقابل در تیمار عدم استفاده از گیاهان کود سبز بیش‌ترین وزن مخصوص میانگره میانگره ماقبل آخر در ۳۰ روز پس از گرده‌افشانی به‌دست آمد.

از سوی دیگر، ۳۰ تا ۴۰ روز پس از گرده‌افشانی و در کلیه تیمارهای کود سبز تغییرات وزن مخصوص میانگره میانگره ماقبل آخر به طور مشابه روند کاهشی داشت، اما طی ۴۰ تا ۵۰ روز پس ازگرده‌افشانی وزن خشک میانگره میانگره ماقبل آخر در شرایط کاربرد کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی و عدم کاربرد کود سبز (شاهد) کاهش، ولی برای سایر گیاهان کود سبز (مانند تاج خروس زراعی، ارزن و ماش) افزایش یافته و یا بدون تغییر باقی ماند. طی ۲۰ روز پس از مرحله گرده‌افشانی کاربرد گیاهان کود سبز تاج خروس زراعی و ارزن به ترتیب دارای بیش‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه تجمع ماده خشک برای وزن مخصوص میانگره میانگره ماقبل آخر به میزان ۸/۰۷ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۴ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز شدند. همچنین بیش‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه انتقال مجدد مواد ذخیره شده ۲۰ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی نیز در شرایط کاربرد کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی به میزان ۱۰/۲۴ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۳۴ میلی‌گرم در سانتی‌متر در روز مشاهده شد. تولید ماده خشک بطور مستقیم تحت تأثیر عرضه عناصر غذایی ازجمله نیتروژن و فسفر است. در واقع زمانی‌که عناصر غذایی قابل دسترس گیاه کم باشد با کمبود تولید ماده خشک مواجه می‌شود (Dordas, 2009). کاهش مقدار ماده خشک اندام های رویشی گیاه در مرحله گرده‌افشانی برای گندم زمستانه (Papkosta & Gagianas, 1991) و گندم بهاره (Sabet et al., 2011) گزارش شده است. البته کاهش در ظرفیت مقصد فیزیولوژیک به دلیل کاهش در اندازه مقصد فیزیولوژیک نبوده بلکه در نتیجه پرشدن دانه از راه محصول فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد پرورده می‌باشد. قسمت‌های طویل‌تر گندم به‌دلیل محتوای بیشتر مواد ذخیره‌ای ظرفیت بیشتری برای تأمین مواد دانه داشته و گیاه گندم طویل‌تر برای مدت طولانی مخازن دانه گندم را پشتیبانی می‌کند (Blum, 1991).

میانگره‌های پایینی

برخلاف دو میانگره دم گل‌آذین و میانگره ماقبل آخر، اختلاف بین وزن خشک میانگره‌های پایینی تحت تأثیر کاربرد نوع گیاهان کود سبز در زمان گرده‌افشانی زیاد بود (شکل ۵). در طی ۱۰ روز ابتدایی پس از گرده‌افشانی، تحت تأثیر گیاهان کود سبز *سسبانیا*، ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی و تیمار آیش وزن خشک این میانگره‌ها کاهش یافته و سپس طی ۲۰ تا ۳۰ روز پس از گرده‌افشانی افزایش یافت (البته با شیب متفاوت). طی ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی همچنین وزن میانگره‌های پایینی در شرایط کاربرد کود سبز ماش به حداکثر مقدار خود رسید، درحالی‌که در سایر تیمارها این ویژگی در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به بیش‌ترین مقدار رسید. در ادامه روند تغییرات وزن خشک طی ۳۰ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی در کلیه گیاهان کود سبز به‌صورت کاهشی بود. به‌هرحال، گیاه کود سبز تاج خروس زراعی باعث ایجاد بیش‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه افزایش وزن مخصوص میانگره‌های پایینی شد (به ترتیب با ۳/۶۲ میلی‌گرم بر سانتی‌متر و ۰/۱۸ میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز).

برخلاف میانگره‌های دم گل‌آذین و میانگره ماقبل آخر به‌دلیل بالا بودن ظرفیت مقصد فیزیولوژیک از یک طرف و در نتیجه تجمع مقدار

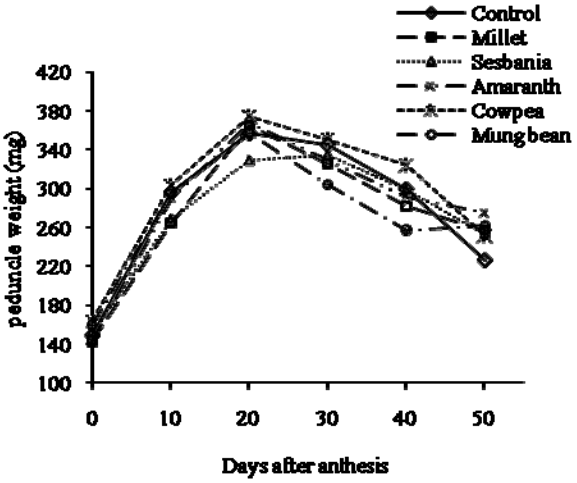
مواد بیش‌تر و همچنین تعادل نسبت وزن میانگره‌های پایینی به افزایش طول میانگره‌های پایینی باعث ثابت بودن تغییرات وزن مخصوص این میانگره می‌گردد. از سوی دیگر، از ۳۰ تا ۴۰ روز پس از گرده‌افشانی کاهش نسبت وزن میانگره‌ها در اثر افزایش انتقال مجدد مواد ذخیره شده باعث روند کاهشی وزن مخصوص این میانگره ها می‌گردد. از طرف دیگر در بازه زمانی ۴۰ تا ۵۰ روز پس از گرده-افشانی به‌دلیل کاهش فتوسنتز جاری ازیک سو و احتمالاً محدودیت در ظرفیت مقصد فیزیولوژیک از سوی دیگر باعث ثابت شدن وزن این میانگره‌ها گردید. معمولاً در مرحله گرده‌افشانی کمیت مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه بیش‌تر از نیاز دو فرایند تجمع و انتقال مواد پرورده می‌باشد، لذا مازاد مواد فتوسنتزی به ساقه منتقل شده و به‌صورت انواع کربوهیدرات ذخیره می‌شود. در ادامه زمانی‌که گیاه وارد مرحله پرشدن دانه می‌شود، کربوهیدرات های ذخیره‌ای به دانه‌های در حال پرشدن منتقل خواهند شد (Koocheki & Sarmadnia, 1999). معمولاً ۱۰ تا ۳۰ درصد وزن خشک کربوهیدرات‌های موجود در ساقه که در طول دوره پس از گرده‌افشانی ذخیره شده اند، به دانه اختصاص می‌یابند. البته در بعضی از غلات در صورت روبرو شدن با تنش‌های محیطی ممکن است میزان این انتقال به بیش از ۷۰ درصد نیز برسد (Gupta et al., 2011).

انتقال مجدد بیش‌تر ماده خشک می‌تواند در نتیجه تولید بیشتر ماده خشک باشد. پاپکوستا و گاگیانس (Papkosta & Gagianas, 1991) با بررسی ارقام مختلف گندم نان و دوروم دریافتند که اختلاف معنی‌داری در بین ارقام با منشاءهای ژنتیکی متفاوت در انتقال ماده خشک وجود دارد. در این پژوهش کمیت نیتروژن مصرفی بر صفات انتقال و کارایی انتقال ماده خشک اثر معنی‌دار مثبت داشت.

ب) مقدار و کارآیی انتقال ماده خشک در میانگره‌های ساقه اصلی گندم

میانگره دم گل‌آذین

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کلیه گیاهان کود سبز (بجز ماش و لوبیا چشم‌بلبلی)، بیش-ترین مقدار انتقال ماده خشک از میانگره دم گل‌آذین انتقال را دارا بود (جدول ۲)، درحالی‌که برای گیاهان کود سبز ماش و لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین مقدار انتقال ماده خشک از میانگره دم گل‌آذین به‌ترتیب با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۲۴۲ میلی‌گرم) و عدم مصرف کود نیتروژن (۲۶۸ میلی‌گرم) به‌دست آمد.

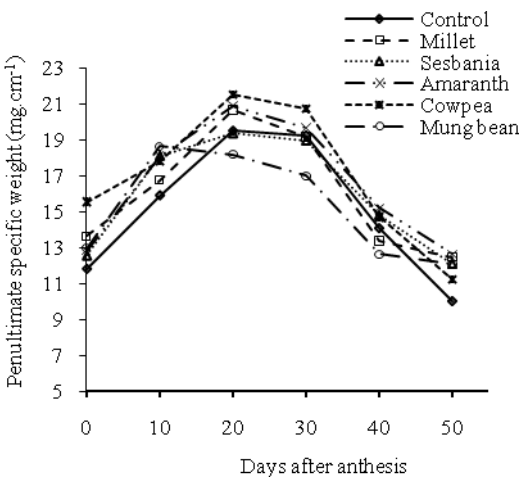


شکل ۱- تغییرات وزن میانگره دم گل‌آذین ساقه اصلی گندم در طول پر شدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 1- Changes in main stem peduncle weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.

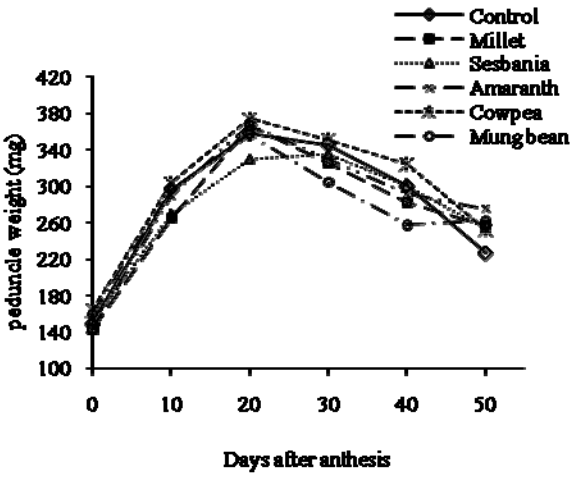


شکل ۲- تغییرات وزن مخصوص میانگره دم گل‌آذین ساقه اصلی گندم در طول پر شدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 2- Changes in main stem peduncle specific weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.

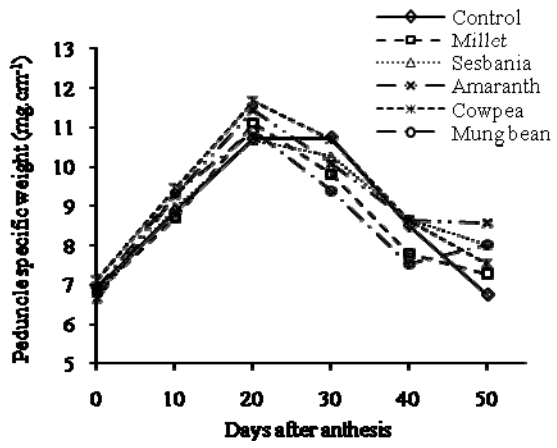


شکل ۳- تغییرات وزن میانگره ماقبل آخر ساقه اصلی گندم در طول پر شدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 3- Changes in main stem penultimate weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.

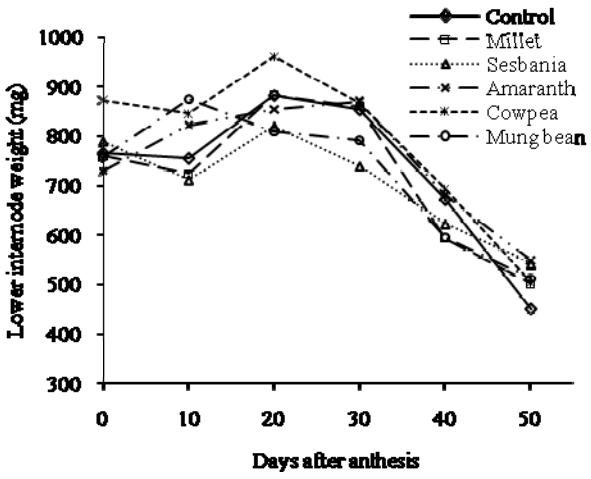


شکل ٤- تغییرات وزن مخصوص میانگره ماقبل آخر ساقه اصلی گندم در طول پر شدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 4- Changes in main stem penultimate specific weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.

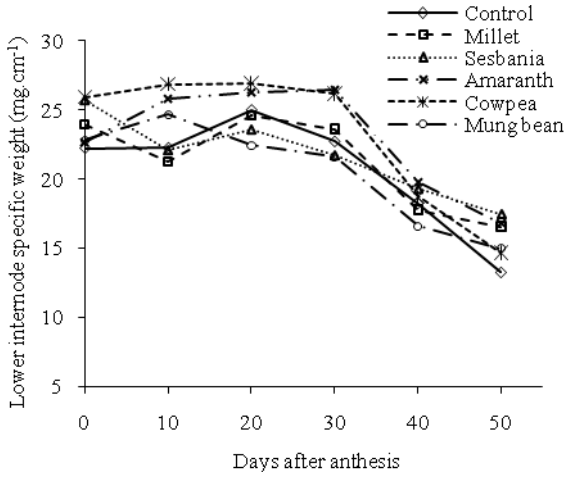


شکل ٥- تغییرات وزن میانگره های پایینی ساقه اصلی گندم در طول مرحله پرشدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 5- Changes in main stem lower internodes weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.



شکل ٦- تغییرات وزن مخصوص میانگره های پایینی ساقه اصلی گندم در طول مرحله پرشدن دانه تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز

هر نقطه میانگین ۱۶ مشاهده است.

Fig. 6- Changes in main stem lower internodes specific weight during grain filling in wheat as affected by green manure crops

Each point is a mean of 16 observations.

هرچند به‌طور میانگین بیش‌ترین (۲۳۲ میلی‌گرم) و کم‌ترین (۱۸۱ میلی‌گرم) ماده خشک انتقال یافته به‌ترتیب با کاربرد ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. بررسی کارایی انتقال ماده خشک حاکی از این است که در تمامی گیاهان کود سبز (بجز کود سبز *سسبانیا* و تیمار آیش)، بیش‌ترین کارایی انتقال ماده خشک در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بود. درحالی‌که گیاهان کود سبز *سسبانیا* و تیمار آیش با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین کارایی انتقال ماده خشک از میانگره دم گل‌آذین را دارا بودند. بررسی میانگین‌های کارایی انتقال ماده خشک نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی کارایی انتقال نیز کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین (۶۵ درصد) و کم‌ترین (۵۱ درصد) کارایی انتقال به‌ترتیب مربوط به عدم کاربرد نیتروژن (تیمار شاهد) و بیشینه (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نیتروژن مصرفی بود. بجز گیاه کود سبز ماش که تقریباً دارای کمیت مشابهی در کارایی انتقال ماده خشک می‌باشد (۴۶ در مقابل ۴۸ درصد)، سایرگیاهان کود سبز در کمیت بیش‌تر نیتروژن مصرفی، از کارایی انتقال ماده خشک پایین‌تری برخوردار بودند. به‌هرحال، نتایج این آزمایش نشان‌می‌دهد که در صورت عدم استفاده از کود نیتروژن، کشت گیاه کود سبز ماش بیش‌ترین مقدار کارایی انتقال ماده خشک (۷۴ درصد) را از میانگره دم گل‌آذین به‌دنبال داشته است.

آلوارو و همکاران (Alvaro et al., 2006) گزارش نمود که یکی از راهکارهای دستیابی به عملکرد بالا در آینده، بهبود انتقال ماده خشک به دانه‌ها است که ممکن است در نتیجه ایجاد مقصد فیزیولوژیک بزرگ در مرحله گرده‌افشانی یا از طریق افزایش کارایی انتقال ماده خشک بدست آید. هرچند این پژوهشگران اظهار داشتند که کمبود عنصر نیتروژن به‌دلیل ایجاد محدودیت در میزان فتوسنتز جاری موجب کاهش کارایی انتقال مجدد ماده خشک می‌شود.

میانگره ماقبل آخر

بیش‌ترین مقدار ماده خشک انتقال یافته از میانگره میانگره ماقبل آخر در تمامی گیاهان کود سبز بجز گیاهان کود سبز *سسبانیا* و تاج خروس زراعی، در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بدست آمد (جدول ۳)؛ درحالی‌که بیش‌ترین مقدار ماده خشک انتقال یافته برای گیاهان کود سبز *سسبانیا* (۲۱۹ میلی‌گرم) و تاج خروس زراعی (۲۱۸ میلی‌گرم) به ترتیب با کاربرد ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. با این حال، به‌طور میانگین بیش‌ترین (۲۰۳ میلی‌گرم) مقدار ماده خشک منتقل شده از میانگره ماقبل آخر در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بدست آمد.

جدول ۲- مقدار ماده خشک انتقال یافته (MDM) و کارایی انتقال ماده خشک (ME) از میانگره دم گل‌آذین گندم تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز و سطوح نیتروژن

Table 2- Peduncle mobilized dry matter (MDM) and mobilization efficiency (ME) in wheat as affected by different green manure crops and nitrogen levels

N_{150}		N_{100}		N_{50}		N_0		کود سبز
ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	Green manure
56 a	188 b	50 b	182 c	65 a	244 ab	64 ab	231 b*	کنترل Control
45 c	160 c	59 a	232 ab	67 a	256 a	72 a	249 ab	ارزن Millet
54 ab	204 a	59 a	231 ab	65 a	251 a	42 b	95 c	*سسبانیا* *Sesbania*
54 ab	203 a	54 ab	207 b	65 a	252 a	73 a	235 b	تاج خروس زراعی Amaranth
46 bc	160 c	61 a	242 a	57 a	227 b	62 ab	238 b	لوبیا چشم بلبلی Cowpea
48 bc	170 b	52 ab	188 c	46 b	161 c	74 a	268 a	ماش Mung bean
51	181	56	214	61	232	65	219	میانگین Mean

*اعداد دارای حروف مشابه در هرستون براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq0/05$).

*In each column, means followed by the same letter within columns are not significantly different ($p\leq0.05$) according to LSD test.

از سوی دیگر، نیز بررسی کارایی انتقال ماده خشک نیز نشان داد که بین کلیه گیاهان کود سبز، بیش‌ترین کارایی انتقال ماده خشک از این میانگره میانگره ماقبل آخر مربوط به کاربرد کود سبز لوبیا چشم بلبلی (۵۶ درصد) بود. البته با افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میزان کارایی انتقال ماده خشک از این میانگره پس از کلیه گیاهان کود سبز کاهش یافته است. هرچند که کمیت این کارایی درشرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بیش‌ترین مقدار است. به‌علاوه با مقایسه شرایط عدم کاربرد و کاربرد زیاد نیتروژن مشخص شد که مقدار ماده خشک انتقال یافته در میانگره میانگره ماقبل آخر به‌طور میانگین در تیمار شاهد حدود ۱۲/۲ درصد بیش‌تر از شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. به‌طور مشابه نیز کارایی انتقال ماده خشک در تیمار شاهد به‌طور میانگین حدود ۱۶/۳ درصد بیش‌تر از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. نتایج آزمایش دورداس (Dordas, 2009) نشان داد که انتقال ماده خشک و توزیع آن به قسمت های مختلف گیاه و دانه گندم بین تیمارهای کوددهی و تیمار شاهد متفاوت بود. وی اظهار داشت که پتانسیل ذخیره مواد آسیمیلات و انتقال مجدد آن تحت تأثیر نوع گیاهان مختلف کود سبز، به طول میانگره‌ها و وزن مخصوص آن‌ها بستگی داشت.

مجموعه میانگره‌های پایینی

گیاهان کود سبز تأثیرات متفاوتی در رابطه با کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر مقدار انتقال ماده خشک از میانگره‌های پایینی ساقه اصلی گندم دارا بودند؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین ماده خشک انتقال یافته با کشت گیاهان کود سبز ارزن و ماش در شرایط کودی شاهد، با کشت کود سبز *سسبانیا* در شرایط کودی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در شرایط کشت گیاهان کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی و تاج خروس زراعی با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. از سوی دیگر بررسی کارایی انتقال ماده خشک نیز نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی انتقال ماده خشک به‌طور میانگین از ۵۰ به ۴۴ درصد کاهش یافت؛ درحالی‌که افزایش کاربرد نیتروژن از ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تأثیر معنی‌داری بر کارایی انتقال ماده خشک نداشت. البته با مقایسه بین کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشخص می‌شود که کاربرد کود نیتروژن اضافی به‌طور میانگین مقدار ماده خشک انتقال یافته از میانگره‌های پایینی را به میزان ۱۲ درصد کاهش داده است (از ۴۴۴ به ۴۰۶ میلی‌گرم).

جدول ۳- مقدار ماده خشک انتقال یافته (MDM) و کارایی انتقال ماده خشک (ME) از میانگره میانگره ماقبل آخر گندم تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز و سطوح نیتروژن

Table 3- Penultimate mobilized dry matter (MDM) and mobilization efficiency (ME) in wheat as affected by different green manure crops and nitrogen levels

N_{150}		N_{100}		N_{50}		N_0		کود سبز
ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	Green Manure
44 ab	161 b	51 a	220 a	46 ab	191 cd	59 a	253 a*	کنترل Control
37 c	144 c	40 b	172 bc	47 a	212 b	53 ab	218 b	ارزن Millet
40 bc	162 b	47 ab	219 a	44 ab	180 de	47 b	160 d	*سسبانیا* *Sesbania*
46 a	208 a	34 c	142 c	48 a	218 ab	50 ab	177 c	تاج خروس زراعی Amaranth
36 c	146 c	47 ab	205 ab	50 a	223 a	56 a	236 ab	لوبیا چشم بلبلی Cowpea
42 ab	167 b	39 b	165 bc	41 b	173 e	49 b	175 c	ماش Mung bean
41	165	43	187	46	200	52	203	میانگین Mean

*اعداد دارای حروف مشابه در هرستون براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq0/05$).

*In each column, means followed by the same letter within columns are not significantly different ($p\leq0.05$) according to LSD test.

جدول ٤- مقدار ماده خشک انتقال یافته (MDM) و کارایی انتقال ماده خشک (ME) از میانگره‌های پایینی گندم تحت تأثیر گیاهان مختلف کود سبز و سطوح نیتروژن

Table 4- Lower internodes mobilized dry matter (MDM) and mobilization efficiency (ME) in wheat as affected by different green manure crops and nitrogen levels

N_{150}		N_{100}		N_{50}		N_0		کود سبز Green manure
ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	ME (%)	MDM (mg)	
51 a	441 ab	48 ab	493 ab	54 a	540 a	49 bc	365 c*	شاهد Control
43 b	414 b	45 b	435 bc	46 b	465 b	67 a	578 a	ارزن Millet
37 c	366 c	36 c	316 d	40 c	370 c	43 c	293 d	*سسبانیا* *Sesbania*
50 a	410 b	43 b	443 b	38 c	371 c	40 c	309 d	تاج خروس زراعی Amaranth
38 c	349 d	52 a	574 a	53 a	541 a	51 b	438 b	لوبیاچشم بلبلی Cowpea
46 b	452 a	41 b	404 c	40 c	370 c	53 b	436 b	ماش Mung bean
44	406	44	444	45	443	50	403	میانگین Mean

*اعداد دارای حروف مشابه در هرستون براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

*In each column, means followed by the same letter within columns are not significantly different ($p\leq0.05$) according to LSD test.

به‌هر حال، کلیه گیاهان کود سبز بجز کود سبز تاج خروس زراعی واکنش مشابهی به افزایش کاربرد نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در خصوص مقدار ماده خشک انتقال یافته و کارایی انتقال از خود نشان دادند (جدول ۴). در این خصوص، بیان شده است که در گندم تجمع و انتقال مجدد نیتروژن با افزایش دسترسی به نیتروژن افزایش یافت، اما میزان تأثیرگذاری نیتروژن به نوع گیاهان کود سبز بستگی داشت. از سوی دیگر، نیز تجمع ماده خشک رابطه مثبتی با سطوح نیتروژن و رابطه منفی با تنش آبی داشت (Ercoli et al., 2008). یانگ و همکاران (Yang et al., 2001) معتقدند که تحت تأثیر کود نیتروژن فرایند پیری در گیاهان به تأخیر افتاده است که نتیجه‌اش افزایش طول مدت انتقال مجدد و در نتیجه کاهش مواد ذخیره شده در ساقه‌ها خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که از بین میانگره‌های گندم بیش‌ترین میزان تجمع و انتقال مجدد مواد تحت تأثیر حضور کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی دیده شد. همچنین بیش‌ترین بازه تغییرات و سرعت ویژه تجمع ماده خشک از صفر تا ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی برای میانگره دم گل‌آذین تحت تأثیر کود سبز ماش و برای سایر میانگره‌ها تحت تأثیر کود سبز تاج خروس زراعی بدست آمد. در ادامه نیز به‌طور میانگین بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه گندم در میانگره‌های دم گل‌آذین، میانگره ماقبل آخر و میانگره‌های پایینی به ترتیب در شرایط کاربرد ۵۰، صفر و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار روی داد. بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد مواد نیز در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن دیده شد. به‌علاوه، بیش‌ترین کمیت ماده خشک انتقال یافته و کارایی انتقال به ترتیب در میانگره‌های پایینی، دم گل‌آذین و میانگره ماقبل آخر بود. هرچند که در کلیه سطوح نیتروژن کاربردی اثر حضور گیاهان کود سبز بر انتقال ماده خشک و کارایی انتقال به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شرایط عدم کاربرد گیاهان کود سبز بود. بنابراین، تأثیر گیاهان کود سبز صرفاً به خصوصیات خاک محدود نبوده بلکه بر ویژگی‌های عملکردی در خصوص رابطه بین مبدأ و مقصد فیزیولوژیک نیز تأثیرگذار می‌باشد. البته بایستی به نوع گیاه کود سبز و میزان نیتروژن کودی در تلفیق با گیاهان کود سبز نیز توجه شود.

منابع

1. Alvaro, F., Royo, C., Garcia Del Moral, L.F., and Villegas, D. 2007. Grain filling and dry matter translocation responses to source–sink modifications in a historical series of durum wheat. Crop Science 48(3): 1523-1531.
2. Arduini, I., Masoni, A., Ercoli L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation

and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. European Journal of Agronomy 25: 309 – 318.
3. Aynehband, A. 2007. Ecology of Agricultural Systems. Shahid Chamran University, Ahvaz Publication, Ahvaz, Iran. 374 pp. (In Persian)
4. Blum, A., Mayer, J., and Golan, G. 1988. The effect of grain number per ear (sink size) on source activity and its water-relations in wheat. Journal of Experimental Botany 39: 106–114.
5. Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. European Journal of Agronomy 30: 129 – 139.
6. Ehdaie B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Post-anthesis changes in internode dry matter. Crop Science 46: 735–746
7. Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Mosani A., and Arduini, I. 2007. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy 28: 138-147.
8. Fageria, N.K. 2007. Green manuring in crop production. Journal of Plant Nutrition 30: 691- 719.
9. Gupta A.K., Kamaljit, K., and Narinder, K. 2011. Stem reserve mobilization and sink activity in wheat under drought conditions. American Journal of Plant Sciences 2: 70-77.
10. Heitholt, J.J., Croy, L.I., Maness, N.O., and Nguyen, H.T. 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in kernel N concentration. Field Crops Research 23: 133–144.
11. Hokmalipour, S., and Darbandi, M.H. 2011. Investigation of nitrogen fertilizer levels on dry matter remobilization of some varieties of corn (*Zea mays* L.). World Applied Sciences Journal 12(6): 862-870.
12. Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M. 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production 4(1): 187-199. (In Persian with English Summary)
13. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 1999. Physiology of Crop Plants. Jihad- e- Daneshgahi publication. Mashhad University, Iran. 400 pp. (In Persian)
14. Madani, A., Shirani Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., and Zarghami, R. 2010. Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to source: sink modifications under postanthesis water and nitrogen deficiency. Acta Scientiarum. Agronomy 32(1): 145-151.
15. Miralles, D.J., and Slafer, G.A. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? Journal Agricultural Sciences 145: 139–149.
16. Papakosta, D.K., and Gagianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864–870.
17. Sabet, M., Aynehband A., and Moezzi A. 2009. Genotype and N rates effect on dry matter accumulation and mobilization in wheat (*Triticum aestivum* L.) in sub-tropical conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science 15(6): 514-527.
18. Shahsawari, N., and Safari, M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. Pajouhesh and Sazandegi 66: 82-87. (In Persian with English Summary)
19. Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garci´A-Marti´Nez, A.M., Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. Bioresource Technology 99(1): 1758–1767.
20. Wardlaw, I.F. 1990. The control of carbon partitioning in plants. New Phytologist 116: 341–381.
21. Yang, J., Zhang J., Wang, Z., Zhu Q., and Liu, L. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal 93: 196–206.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۲۳-۴۱۶

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 416-423

اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

سکینه جبارپور[1*]، سعید زهتاب سلماسی[2]، هوشنگ آلیاری[2]، عزیز جوانشیر[2] و محمد رضا شکیبا[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد و میزان اسانس نعناع فلفلی آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ به اجراء درآمد. در این پژوهش اثر تاریخ کاشت در دو سطح (اواخر اردیبهشت و اواسط خرداد) و تراکم بوته در چهار سطح (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در متر مربع) به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از چین اول نشان داد که بیشترین درصد اسانس برگ مربوط به تاریخ کاشت اواسط خرداد و تراکم ۸ بوته در متر مربع با ۴/۴۷ درصد بود و بیشترین درصد اسانس بوته نیز مربوط به تاریخ کاشت دوم با ۲/۹۲ درصد مشاهده شد، ولی عملکرد اسانس در چین اول تحت تأثیر عوامل مورد بررسی قرار نگرفت. نتایج حاصل از چین دوم نیز نشان داد که بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به تاریخ کاشت دوم و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و برابر با ۰/۹۶ درصد بوده است. بیشترین عملکرد اسانس نیز در چین دوم از گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که کشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی باعث کاهش عملکرد تر و خشک گیاه در هر دو زمان برداشت شد.

واژه‌های کلیدی: چین اول، چین دوم، درصد اسانس برگ، درصد اسانس بوته

مقدمه

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) گیاه علفی، چند ساله و هیبرید (۲n=۴۸) می‌باشد که به زیر رده رزیده[2]، راسته لامیال‌ها[3] و تیره نعناع[4] تعلق دارد (Omid Beigi, 1995). برگ‌های این گیاه ۲/۷-۲ درصد و گل‌ها ۶-۴ درصد اسانس دارند. ساقه‌ها معمولاً فاقد اسانس می‌باشند. به طور متوسط مقدار اسانس در اندام‌های هوایی گیاه ۱ تا ۱/۵ درصد گزارش شده است (Omid Beigi, 1997). اسانس گیاه نعناع فلفلی در حالت تازه بی‌رنگ می‌باشد و طعم تندی دارد و به مرور زمان، رنگ زرد مایل به سبز پیدا می‌کند و طعم آن در صورت رقیق شدن مطبوع می‌گردد. ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس به بیش از ۲۰ نوع می‌رسد که مهمترین آن‌ها منتول[5] (۴۰ تا ۶۰ درصد) می‌باشد. از مواد دیگر اسانس نعناع می‌توان از منتون[6] (۱۵ تا ۲۵ درصد)، پیپریتون[7] (۰/۱ تا ۱/۵ درصد)، پولگون[8] (بیشتر در برگ‌های جوان وجود دارد)، پینن[9]، سابینن[10]، سینئول[11] و متیل استات[12] نام برد (Hornok, 1988; Furia & Bellanca, 1995; Omid Beigi, 1997).

گیاهان دارویی، مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه به‌عنوان مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می‌باشند. اگرچه مواد مذکور اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی ساخت آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوری که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد گیاهان دارویی همچنین در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌گردد (Omid Beigi, 1995).

۱ و ۲- به ترتیب استادیار دانشگاه آزاد اسلامی ماکو و استاد دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: sakinehjabarpoor@yahoo.com)

2- Rosidae
3 -Lamiales
4 -Lamiaceae
5- Menthol
6- Menthone
7- Piperiton
8- Pulegone
9- Pinene
10- Sabinene
11- Cineole
12- Methyle acetate

مناسب‌ترین زمان برای کشت بهاره نعناع فلفلی اواسط بهار (اواخر اردیبهشت– اوایل خرداد) می‌باشد. عده‌ای از محققان کشت بهاره را مناسب نمی‌دانند و معتقدند در این روش نه تنها رویش گیاه با تأخیر همراه است و در سال اول فقط یکبار می‌توان محصول برداشت نمود، بلکه در کشت بهاره از اسانس گیاهان نیز کاسته می‌شود، ولی تعدادی دیگر از پژوهشگران نشان داده‌اند که زمان کاشت، تأثیری در عملکرد پیکر رویشی و ماده مؤثره نعناع نداشت و هنگامی که کاشت پاییزه در اثر نامساعد بودن شرایط آب و هوای محل امکان‌پذیر نباشد، می‌توان ازکشت بهاره بهره جست (Mehra, 1982; Hornok, 1988; Omid Beigi, 1997).

اوزل و اوزگون (Ozel & Ozguven, 2002) با کاشت واریته هایی از نعناع بخصوص نعناع فلفلی در تاریخ‌های مختلف (اواخر مهر، اواخر آبان، اواخر فروردین و اواسط اردیبهشت ماه) نشان دادند که ترکیب ماده مؤثره تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و بیشترین اندازه منتول در نشاءکاری پاییزه بدست آمد. سید هادی و همکاران (Hadj-Seyed-Hady et al., 2002) با کاشت گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در تاریخ‌های مختلف (۵، ۱۵ و ۲۵ فروردین ماه) گزارش کردند که در بین تیمارهای مورد بررسی زمان کاشت اول، بهترین نتیجه را داشت و بیشترین عملکرد اسانس، درصد کامازولن و عملکرد کامازولن در زمان کاشت اول حاصل شد، ولی میزان اسانس گل تحت تأثیر سطوح مختلف زمان کاشت قرار نگرفت. در تحقیق دیگری نیز گزارش شده است که زوفا (*Hyssopus Officinalis* L.) کاشته شده در ۲۵ فروردین ماه عملکرد اسانس بیشتری نسبت به گیاهان تاریخ کاشت ۱۵ فروردین ماه و پنج اردیبهشت ماه تولید کرد (Naderi- Boroujerdi & Bigdeli, 2002).

تکثیر نعناع به صورت رویشی و توسط ریشه‌رست، گرفتن قلمه ساقه و یا جدا کردن پاجوش از گیاه مادری انجام می‌گیرد. در تکثیر توسط ریشه رست، فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر مناسب خواهد بود و در تکثیر توسط قلمه‌های ساقه و پاجوش فاصله ردیف‌ها به ترتیب برابر با ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر و ۶۰ سانتی‌متر مناسب خواهد بود. افلاطونی (Aflatuni, 2005) با کاشت گونه‌های مختلفی از نعناع به دو روش مختلف (ریز ازدیادی و تکثیر معمولی) در فواصل گیاهی (۱۰×۵۰، ۲۰×۵۰ و۳۰×۵۰ سانتی‌متر) گزارش نمود که اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کاشت مختلف از نظر ترکیب اسانس وجود نداشت. درازیک و پاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) نیز با کاشت نعناع فلفلی با دو الگوی کاشت متفاوت (ردیف‌های متوالی و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف‌ها در هر دو الگوی کاشت ثابت و برابر با ۷۰ سانتی‌متر بود) در دو سال متوالی نشان دادند که اگرچه تعداد برگ در واحد سطح در هر دو تیمار در سال دوم زیاد بود، ولی اثر فاصله گیاهان روی عملکرد برگ، عملکرد گیاه و عملکرد ماده مؤثره معنی‌دار نشد. تحقیق دیگری نشان داد که با کشت نعناع فلفلی در الگوهای کاشت مختلف (۲۰×۴۵ و ۳۰×۴۵ سانتی‌متر) بیشترین عملکرد شاخ و برگ در الگوی کاشت ۳۰×۴۵ سانتی‌متر بدست آمد و تراکم کاشت عملکرد را تحت تأثیر قرار داد (De la luz et al., 2002).

با توجه به اهمیت نعناع فلفلی و با عنایت به این‌که در مورد بهبود روش کاشت این گیاه تحقیقات اندکی در منطقه تبریز صورت گرفته است، این تحقیق به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تاریخ و تراکم کاشت برای تولید اسانس نعناع فلفلی، ارزیابی اثر ترکیبی تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس و بررسی سازگاری و امکان کاشت نعناع فلفلی در منطقه تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

نشاءهای گیاه نعناع فلفلی به‌صورت دستی در دو تاریخ کاشت اواخر اردیبهشت ماه و اواسط خرداد ماه در تراکم‌های مختلف شامل ۸، ۱۲، ۱۶ و۲۰ بوته در متر مربع به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (کرکج) واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ کاشته شدند. هر واحد آزمایش شامل چهار ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۳ متر بود. فاصله واحدها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام یافت و در طول دوره رشد گیاه نعناع فلفلی، هفته‌ای دو بار آبیاری انجام گرفت. عملیات چهار بار در طول مدت چین اول و یک بار در چین دوم به صورت دستی بخصوص در مراحل اولیه که رشد گیاه به کندی صورت می‌گرفت، انجام شد. صفات مورد بررسی در طول اجرای پژوهش به شرح زیر بود:

عملکرد تر و خشک گیاه نعناع فلفلی

درصد اسانس در برگ، اندام هوایی و عملکرد اسانس در واحد سطح

در چین اول گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول در اواسط مرداد در اوایل گلدهی گیاه نعناع فلفلی توسط قیچی باغبانی چیده شدند و با ۱۵ روز فاصله گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم چیده شدند. در طول چین یک ردیف از هر طرف کرت و نیم متر نیز از بالا و پایین کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. برداشت چین دوم نیز به روش چین اول در اواخر مهر ماه انجام گرفت. وزن تر نمونه‌های برداشت شده اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌های ۴۰۰ گرمی از گیاهان برداشت شده از هر کرت جدا شد و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا وزن خشک آنها اندازه‌گیری شود. اسانس موجود در برگ و بوته گیاه

نعناع فلفلی نیز در آزمایشگاه اکولوژی و گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی تبریز واقع در کرکج استخراج گردید. به‌منظور استخراج اسانس، از دستگاه اسانس‌گیر استفاده شد. این دستگاه شیشه‌ای کوچک، از یک بالن سردکننده یا مبرد و یک لوله مدرج تشکیل شده است. بالن به منظور قرار دادن نمونه‌ها همراه با آب مقطر می‌باشد. سرد کننده به جریان آب وصل می‌شود که در عمل میعان مورد نیاز است. لوله مندرج به‌منظور جمع‌آوری و اندازه‌گیری اسانس کاربرد دارد.

در این تحقیق از نرم افزار MSTAT-C برای محاسبات آماری و از نرم افزار Excel برای ترسیم شکل‌ها استفاده شد (Saraei et al., 2011). برای مقایسه میانگین عامل‌ها و اثر متقابل آنها از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و سطوح مختلف تراکم کاشت بر عملکرد تر و خشک و تولید اسانس نعناع فلفلی در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

عملکرد تر و خشک گیاه

نتایج تجزیه واریانس هر دو چین نشان داد که اثر تاریخ کاشت روی عملکرد تر و خشک گیاه معنی‌دار بود، ولی بین تراکم‌های مختلف کاشت از نظر این صفات، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم کاشت نیز بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد که با کاشت دیر هنگام، عملکرد تر و خشک گیاه در چین اول به‌ترتیب به اندازه ۸۱۸/۷ و ۲۱۰/۴۱ کیلوگرم در هکتار و در چین دوم به‌ترتیب به اندازه ۱۱۸/۱ و ۳۵۶/۲ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاشت دیر هنگام با کاهش طول دوره مراحل رشدی و تعداد شاخه‌های جانبی تولید شده در گیاهان باعث کاهش زیست توده شد. در مورد اثر تراکم کاشت بر زیست توده نعناع نتایج این تحقیق با نتایج درازیک و پاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) مطابقت داشت.

درصد اسانس برگ و بوته

تجزیه واریانس داده‌های چین اول نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد اسانس برگ و بوته نعناع فلفلی معنی‌دار بود، ولی تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت. در ضمن اثر متقابل این عوامل بر درصد اسانس برگ معنی‌دار گردید، ولی بر درصد اسانس بوته مؤثر نبود (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس برگ مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم هشت بوته در متر مربع و برابر با ۴/۴۷ درصد بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس نعناع فلفلی در چین اول

Table 1- Analysis of variance of the effects of sowing time and plant density on peppermint fresh yield, dry yield and essential oil production at the first cutting

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد تر Fresh yield	عملکرد خشک Dry yield	درصد اسانس برگ Leaf essential oil	درصد اسانس بوته Plant essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	1692044.17 ns	138041.1*	0.011 ns	0.412 ns	0.058 ns
تاریخ کاشت Sowing time	1	4020742.18*	265644.73**	0.167**	9.77**	0.018 ns
تراکم کاشت Plant density	3	336922.69 ns	33600.18 ns	0.005 ns	0.462 ns	0.021 ns
تاریخ کاشت × تراکم کاشت Sowing time × plant density	3	391330.5 ns	29473.58 ns	0.026*	0.661 ns	0.042 ns
خطا Error	14	540435.1	29690.85	0.007	0.234	0.031
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	21.08	22.09	17.62	21.12	14.46

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

ns,* and * *: No significant and significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس نعناع فلفلی در چین دوم

Table 2- Analysis of variance of the effects of sowing time and plant density on peppermint fresh yield, dry yield and essential oil production at the second cutting

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد تر Fresh yield	عملکرد خشک Dry yield	درصد اسانس برگ Leaf essential oil percentage	درصد اسانس بوته Plant essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	7509689.06**	775787.23**	0.065^{ns}	0.008^{ns}	37.26*
تاریخ کاشت Sowing time	1	7500281.9**	761413.12*	0.035^{ns}	0.002^{ns}	67.20*
تراکم کاشت Plant density	3	2443840.1^{ns}	137349.84^{ns}	0.013^{ns}	0.014^{ns}	21.71^{ns}
تاریخ کاشت × تراکم کاشت Sowing time × Plant density	3	1395351.19^{ns}	59958.08^{ns}	0.175^{ns}	0.038*	17.40^{ns}
خطا Error	14	962055.8	79793.7	0.064	0.008	8.35
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	16.87	16.93	17.78	10.86	20.43

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

ns,* and * *: No significant and significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت روی عملکرد تر و خشک نعناع فلفلی در چین‌های اول و دوم

Table 3- Effect of sowing time on fresh and dry yield of peppermint at first and second cuttings

تاریخ کاشت Sowing time	چین اول First cutting		چین دوم Second cutting	
	عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry yield (kg.ha^{-1})	عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry yield (kg.ha^{-1})
اول The first	3895.55^{a*}	885^{a}	6372.77^{a}	1846.43^{a}
دوم The second	3076.94^{b}	674.59^{b}	5254.72^{b}	1490.19^{b}

*حروف متفاوت در هر ستون نماین‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

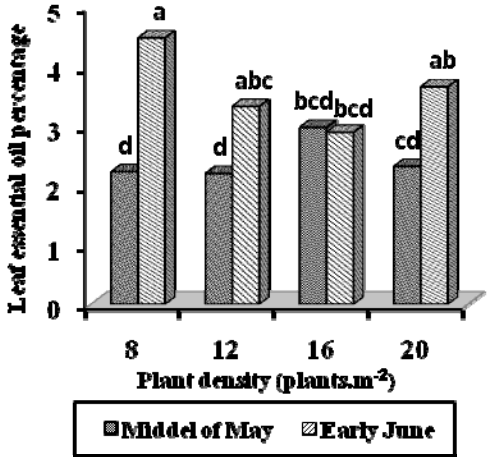
*Different letters indicate significant difference at $p\leq0.05$.

کمترین درصد اسانس برگ نیز از گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول و تراکم‌های ۸ و ۱۲ بوته در مترمربع بدست آمد (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی بدلیل بالا رفتن دمای هوا میزان اسانس در گیاه نعناع نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت، ولی افزایش تراکم کاشت در تاریخ کاشت دوم بدلیل افزایش رقابت برون بوته‌ای و کاهش طول دوره رشد باعث کاهش میزان اسانس در گیاه نعناع فلفلی شد. در ضمن چنین به‌نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول به‌دلیل طولانی بودن دوره رشدی گیاه نسبت به تاریخ کاشت دوم، میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی در تراکم‌های مختلف با تولید شاخه‌های جانبی بیشتر جبران شده است. در شکل ۲ نیز نشان داده شده است که بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به تاریخ کاشت دوم و برابر با ۲/۹۲ درصد بود.

در چین دوم اثر تاریخ و تراکم کاشت بر درصد اسانس برگ و بوته معنی‌دار نبود، ولی اثر متقابل این عامل‌ها بر درصد اسانس بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و برابر با ۰/۹۷ درصد بود. کمترین درصد اسانس بوته نیز مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع و برابر با ۰/۷۲ درصد بود (شکل ۳). درصد اسانس بوته در تاریخ کاشت دوم به‌دلیل افزایش دمای هوا بیشتر از تاریخ کاشت اول بود و با افزایش تراکم کاشت به بیشتر از ۱۲ بوته در متر مربع بدلیل رقابت برون بوته‌ای بیشتر و کوتاه بودن طول دوره رشدی درصد اسانس بوته

کاهش یافت. همچنین تراکم کاشت در تاریخ کاشت اول، تأثیری بر درصد اسانس بوته نداشت. نتایج این تحقیق با نتایج محققان دیگر (Hornok,1988; Omid- Beigi, 1997) مطابقت داشت. امید بیگی (Omid- Beigi, 1997) و هورنوک (Hornok, 1988) معتقدند که در دمای بالاتر از ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مقدار تولید اسانس در گیاه نعناع فلفلی افزایش می‌یابد، ولی در مقدار منتول اسانس تأثیر منفی داشته و سبب کاهش آن می‌گردد.

در مورد اثر تأخیر در کشت بر درصد اسانس گیاهان دارویی، گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر (Naderi- Boroujerdi& Bigdeli, 2002; Ozel & Ozguven, 2002) و عدم تأثیر (Hadj-Seyed Hady et al., 2002; Piccaglia et al., 2005) وجود دارد. در ارتباط با تأثیر تراکم کاشت بر درصد اسانس گیاهان دارویی نتایج این تحقیق با نتایج محققان دیگر در مورد گیاهان دارویی (Aflatuni, 2005; Arabaci & Bayram, 2004) مطابقت داشت.

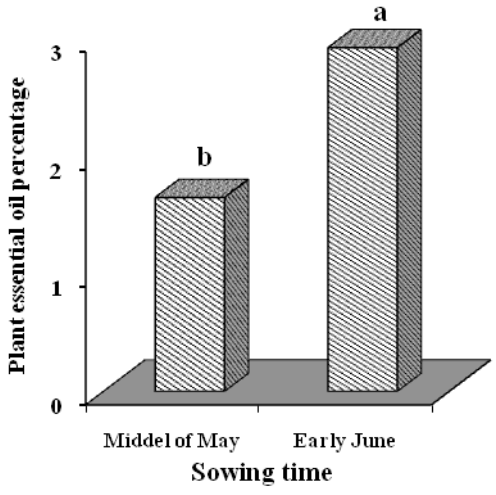


شکل ۱- میانگین اسانس تولید شده در برگ‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ و تراکم‌های مختلف کاشت در چین اول

Fig. 1- Means of essential oil production at peppermint leafs under different sowing time and plant density at the first cutting

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at p≤0.05.

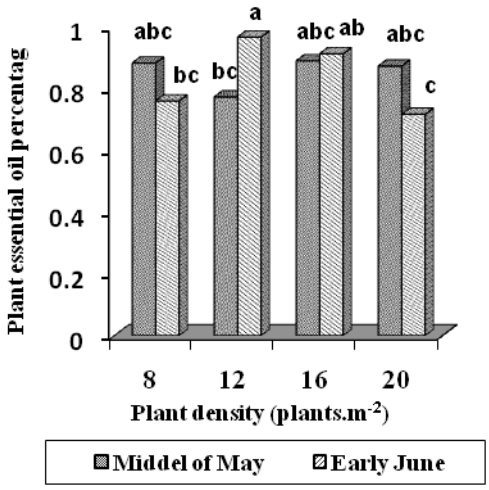


شکل ۲- میانگین اسانس تولید شده در بوته‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین اول

Fig. 2- Means of essential oil production at peppermint plants under different sowing time at the first cutting

حروف متفاوت نماینگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at p≤0.05.



شکل ۳- میانگین اسانس تولید شده در بوته‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین دوم

Fig. 3- Means of essential oil production at peppermint plants under different sowing time and plant density at the second cutting

حروف متفاوت نماینگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

افلاطونی (Aflatuni, 2005) با آزمایش روی نعناع فلفلی در چندین فصل زراعی، گزارش نمود که تراکم کاشت بر ترکیب اسانس نعناع فلفلی تأثیر معنی‌داری نداشت. آراباسی و بایرام (Arabaci & Bayram, 2004) نیز با بررسی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ میلادی در سه تراکم کاشت مختلف (۲۰×۲۰، ۲۰×۴۰ و ۲۰×۶۰ سانتی‌متر) به این نتیجه دست یافتند که تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر درصد اسانس برگ نداشت.

عملکرد اسانس

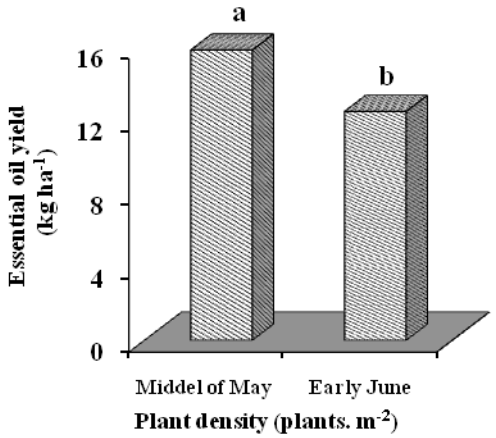
در چین اول اثر تاریخ کاشت، تراکم کاشت و اثر متقابل این عوامل بر اسانس تولید شده در واحد سطح معنی‌دار نشد (جدول ۱). در چین دوم عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرارگرفت، ولی اثر تراکم کاشت و اثر متقابل این دو عامل برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین عملکرد اسانس در چین دوم مربوط به تاریخ کاشت اول و برابر با ۱۵/۸۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴). با کاشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی، عملکرد تر و خشک گیاه نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش یافت (جدول ۳). در نتیجه عملکرد اسانس در واحد سطح کاهش پیدا کرد. نتایج این تحقیق مشابه نتایج حاج سید هادی (Hadj-Seyed Hady et al., 2002) روی بابونه و نادری بروجردی و بیگدلی (Naderi- Boroujerdi& Bigdeli, 2002) بر زوفا می‌باشد.

میزان اسانس در تراکم‌های مختلف نیز به‌دلیل تولید شاخه‌های جانبی در گیاه نعناع فلفلی جبران شده و تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نگرفت. نتایج این پژوهش با نتایج درازیک وپاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) در مورد عدم تأثیر تراکم کاشت روی عملکرد اسانس نعناع فلفلی مطابقت داشت، ولی نتایج مبنی بر تأثیر تراکم کاشت روی عملکرد اسانس نیز توسط محققان دیگر روی گیاهان دارویی گزارش شده است (Hadj-Seyed Hady et al., 2002; Darzi et al., 2002; Arabaci & Bayram, 2004). درزی و همکاران (Darzi et al., 2002) با کاشت رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت نشان دادند که مناسب‌ترین تراکم گیاهی برای رازیانه ۲۰×۵۰ سانتی‌متر می‌باشد و تراکم گیاهی بر صفات عملکرد اسانس، عملکرد آنتول و عملکرد بذر در هکتار تأثیر معنی‌داری دارد. آراباسی و بایرام (Arabaci & Bayram, 2004) نیز با بررسی ریحان در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ در سه تراکم کاشت مختلف (۲۰×۲۰، ۲۰×۴۰ و ۲۰×۶۰ سانتی متر) گزارش کردند که عملکرد اسانس در طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت و بیشترین عملکرد اسانس در سال ۲۰۰۰ از تراکم ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و در سال ۲۰۰۲ از تراکم‌های ۲۰×۲۰ و ۲۰ ×۴۰ سانتی‌متر بدست آمد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با کشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی احتمالاً بدلیل بالا رفتن دمای هوا میزان اسانس این گیاه نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که بین تراکم‌های مختلف کاشت از لحاظ عملکرد تر، خشک و عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج ارائه شده در این آزمایش، به‌منظور صرفه جویی در هزینه کاشت و دستیابی به

حداکثر عملکرد اسانس نعناع فلفلی بهتر است که این گیـاه بـا تـراکم هشت بوته در مترمربع در تاریخ کاشت اواسط خرداد ماه انجام شود.



شکل ٤- میانگین عملکرد اسانس تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین دوم

Fig. 4- Means of essential oil yield under different sowing time at second cutting

حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

منابع

1. Aflatuni, A. 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha* ssp.) in Northern Ostrobothnia. Faculty of Science, University of Oulu, Department of Biology, Finland.
2. Arabaci, O., and Bayram, E. 2004. The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of basil *(Ocimum basilicum* L.). Journal of Agronomy 3(4): 255-262.
3. Darzi, M.T., Hadj-Seyed-Hady, S.M.R., and Yasa, N. 2002. Effects of sowing date and plant density on seed yield and quality and quantity of essential oil of *Foeniculum vulgare* Mill. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran, 12-14 February 2002, 151 pp. (In Persian)
4. De la luz, L.A., Fiallo, V.F., Ferrada, C.R., and Borrego, G.M. 2002. Investigaciones agricolas en especies de uso frecuente en ia medicina tradicional lll. Toronjil de menta (*Mentha piperitha* L.) Rev Cub Plantas Medicinales 702: 1-4.
5. Drazic, S., and Pavlovic, S. 2005. Effects of vegetation space on productive traits of peppermint (*Mentha piperta* L.). Institute for Medicinal Plants Research Dr Josif Pancic, Tadeusa Koscuska1, 11000 Belgrade, FR Yugoslavia 31: 1-4.
6. Furia, T., and Bellanca, N. 1995. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, Volume II, 3rd edition, CRC Press, 990 pp.
7. Hadj-Seyed-Hady, S.M.R., Khodabande, N., Yasa, N., and Darzi, M.T. 2002. Effects of sowing date and plant density on essential oil and chamazolene content of chamomile. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran 119 pp. (In Persian)
8. Hornok, L. 1978. Gyogynovenyek termesztes es feldolgozasa. Mezogazdasagi Kiado, Budapest.
9. Hornok, L. 1988. Gyogynovenytermesztes, kerteszeti elelmiszeripari egyetem, Termesztesikar, Budapest.
10. Mehra, B.K. 1982. Mentha oil and menthol production in India. In: C.C.K. Ataland and B.M. Kapur (Eds). Cultivation and utilization of aromatic plants. Regional Research Laboratory, Jammu- Tawi, India.
11. Naderi-Boroujerdi, G.H.R., and Bigdeli, M. 2002. The detection of the best cultivation time, plant concentration, irrigation period for growth of aerial parts and effective substances derived from medical plant of *Hyssopus officinalis* L. in Tehran province. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran 12-14 February 2002, 271 pp. (In Persian)
12. Omid- Beigi, R. 1997. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Tarahane Nashr Publication, Iran 424 pp. (In Persian)
13. Omid-Beigi, R. 1995. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Fekre Rooz Publication, Iran 283pp. (In Persian)
14. Ozel, A., and Ozguven, M. 2002. Effect of different planting times on essential oil components of different mint (*Mentha* spp.) varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 26: 289-294.
15. Piccaglia, R., Dellacecca, V., Marotti, M., and Giovanelli, E. 2005. Agronomic factors affecting the yields and

essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.). Acta Horticulturae 344: 29-40.
16. Saraei, R., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2011. 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 4(3): 215-222.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۲۳-۴۱۶

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 416-423

اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

سکینه جبارپور[1*]، سعید زهتاب سلماسی[2]، هوشنگ آلیاری[2]، عزیز جوانشیر[2] و محمد رضا شکیبا[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد و میزان اسانس نعناع فلفلی آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ به اجراء درآمد. در این پژوهش اثر تاریخ کاشت در دو سطح (اواخر اردیبهشت و اواسط خرداد) و تراکم بوته در چهار سطح (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در متر مربع) به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از چین اول نشان داد که بیشترین درصد اسانس برگ مربوط به تاریخ کاشت اواسط خرداد و تراکم ۸ بوته در متر مربع با ۴/۴۷ درصد بود و بیشترین درصد اسانس بوته نیز مربوط به تاریخ کاشت دوم با ۲/۹۲ درصد مشاهده شد، ولی عملکرد اسانس در چین اول تحت تأثیر عوامل مورد بررسی قرار نگرفت. نتایج حاصل از چین دوم نیز نشان داد که بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به تاریخ کاشت دوم و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و برابر با ۰/۹۶ درصد بوده است. بیشترین عملکرد اسانس نیز در چین دوم از گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که کشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی باعث کاهش عملکرد تر و خشک گیاه در هر دو زمان برداشت شد.

واژه‌های کلیدی: چین اول، چین دوم، درصد اسانس برگ، درصد اسانس بوته

مقدمه

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) گیاه علفی، چند ساله و هیبرید (۲n=۴۸) می‌باشد که به زیر رده رزیده[2]، راسته لامیال‌ها[3] و تیره نعناع[4] تعلق دارد (Omid Beigi, 1995). برگ‌های این گیاه ۲/۷-۲ درصد و گل‌ها ۶-۴ درصد اسانس دارند. ساقه‌ها معمولاً فاقد اسانس می‌باشند. به طور متوسط مقدار اسانس در اندام‌های هوایی گیاه ۱ تا ۱/۵ درصد گزارش شده است (Omid Beigi, 1997). اسانس گیاه نعناع فلفلی در حالت تازه بی‌رنگ می‌باشد و طعم تندی دارد و به مرور زمان، رنگ زرد مایل به سبز پیدا می‌کند و طعم آن در صورت رقیق شدن مطبوع می‌گردد. ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس به بیش از ۲۰ نوع می‌رسد که مهمترین آن‌ها منتول[5] (۴۰ تا ۶۰ درصد) می‌باشد. از مواد دیگر اسانس نعناع می‌توان از منتون[6] (۱۵ تا ۲۵ درصد)، پیپریتون[7] (۰/۱ تا ۱/۵ درصد)، پولگون[8] (بیشتر در برگ‌های جوان وجود دارد)، پینن[9]، سابینن[10]، سینئول[11] و متیل استات[12] نام برد (Hornok, 1988; Furia & Bellanca, 1995; Omid Beigi, 1997).

گیاهان دارویی، مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه به‌عنوان مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می‌باشند. اگرچه مواد مذکور اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی ساخت آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوری که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد گیاهان دارویی همچنین در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌گردد (Omid Beigi, 1995).

۱ و ۲- به ترتیب استادیار دانشگاه آزاد اسلامی ماکو و استاد دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: sakinehjabarpoor@yahoo.com)

2- Rosidae
3 -Lamiales
4 -Lamiaceae
5- Menthol
6- Menthone
7- Piperiton
8- Pulegone
9- Pinene
10- Sabinene
11- Cineole
12- Methyle acetate

مناسب‌ترین زمان برای کشت بهاره نعناع فلفلی اواسط بهار (اواخر اردیبهشت– اوایل خرداد) می‌باشد. عده‌ای از محققان کشت بهاره را مناسب نمی‌دانند و معتقدند در این روش نه تنها رویش گیاه با تأخیر همراه است و در سال اول فقط یکبار می‌توان محصول برداشت نمود، بلکه در کشت بهاره از اسانس گیاهان نیز کاسته می‌شود، ولی تعدادی دیگر از پژوهشگران نشان داده‌اند که زمان کاشت، تأثیری در عملکرد پیکر رویشی و ماده مؤثره نعناع نداشت و هنگامی که کاشت پاییزه در اثر نامساعد بودن شرایط آب و هوای محل امکان‌پذیر نباشد، می‌توان ازکشت بهاره بهره جست (Mehra, 1982; Hornok, 1988; Omid Beigi, 1997).

اوزل و اوزگون (Ozel & Ozguven, 2002) با کاشت واریته هایی از نعناع بخصوص نعناع فلفلی در تاریخ‌های مختلف (اواخر مهر، اواخر آبان، اواخر فروردین و اواسط اردیبهشت ماه) نشان دادند که ترکیب ماده مؤثره تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و بیشترین اندازه منتول در نشاءکاری پاییزه بدست آمد. سید هادی و همکاران (Hadj-Seyed-Hady et al., 2002) با کاشت گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در تاریخ‌های مختلف (۵، ۱۵ و ۲۵ فروردین ماه) گزارش کردند که در بین تیمارهای مورد بررسی زمان کاشت اول، بهترین نتیجه را داشت و بیشترین عملکرد اسانس، درصد کامازولن و عملکرد کامازولن در زمان کاشت اول حاصل شد، ولی میزان اسانس گل تحت تأثیر سطوح مختلف زمان کاشت قرار نگرفت. در تحقیق دیگری نیز گزارش شده است که زوفا (*Hyssopus Officinalis* L.) کاشته شده در ۲۵ فروردین ماه عملکرد اسانس بیشتری نسبت به گیاهان تاریخ کاشت ۱۵ فروردین ماه و پنج اردیبهشت ماه تولید کرد (Naderi- Boroujerdi & Bigdeli, 2002).

تکثیر نعناع به صورت رویشی و توسط ریشه‌رست، گرفتن قلمه ساقه و یا جدا کردن پاجوش از گیاه مادری انجام می‌گیرد. در تکثیر توسط ریشه رست، فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر مناسب خواهد بود و در تکثیر توسط قلمه‌های ساقه و پاجوش فاصله ردیف‌ها به ترتیب برابر با ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر و ۶۰ سانتی‌متر مناسب خواهد بود. افلاطونی (Aflatuni, 2005) با کاشت گونه‌های مختلفی از نعناع به دو روش مختلف (ریز ازدیادی و تکثیر معمولی) در فواصل گیاهی (۱۰×۵۰، ۲۰×۵۰ و۳۰×۵۰ سانتی‌متر) گزارش نمود که اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کاشت مختلف از نظر ترکیب اسانس وجود نداشت. درازیک و پاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) نیز با کاشت نعناع فلفلی با دو الگوی کاشت متفاوت (ردیف‌های متوالی و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف‌ها در هر دو الگوی کاشت ثابت و برابر با ۷۰ سانتی‌متر بود) در دو سال متوالی نشان دادند که اگرچه تعداد برگ در واحد سطح در هر دو تیمار در سال دوم زیاد بود، ولی اثر فاصله گیاهان روی عملکرد برگ، عملکرد گیاه و عملکرد ماده مؤثره معنی‌دار نشد. تحقیق دیگری نشان داد که با کشت نعناع فلفلی در الگوهای کاشت مختلف (۲۰×۴۵ و ۳۰×۴۵ سانتی‌متر) بیشترین عملکرد شاخ و برگ در الگوی کاشت ۳۰×۴۵ سانتی‌متر بدست آمد و تراکم کاشت عملکرد را تحت تأثیر قرار داد (De la luz et al., 2002).

با توجه به اهمیت نعناع فلفلی و با عنایت به این‌که در مورد بهبود روش کاشت این گیاه تحقیقات اندکی در منطقه تبریز صورت گرفته است، این تحقیق به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تاریخ و تراکم کاشت برای تولید اسانس نعناع فلفلی، ارزیابی اثر ترکیبی تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس و بررسی سازگاری و امکان کاشت نعناع فلفلی در منطقه تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

نشاءهای گیاه نعناع فلفلی به‌صورت دستی در دو تاریخ کاشت اواخر اردیبهشت ماه و اواسط خرداد ماه در تراکم‌های مختلف شامل ۸، ۱۲، ۱۶ و۲۰ بوته در متر مربع به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (کرکج) واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ کاشته شدند. هر واحد آزمایش شامل چهار ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۳ متر بود. فاصله واحدها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام یافت و در طول دوره رشد گیاه نعناع فلفلی، هفته‌ای دو بار آبیاری انجام گرفت. عملیات چهار بار در طول مدت چین اول و یک بار در چین دوم به صورت دستی بخصوص در مراحل اولیه که رشد گیاه به کندی صورت می‌گرفت، انجام شد. صفات مورد بررسی در طول اجرای پژوهش به شرح زیر بود:

عملکرد تر و خشک گیاه نعناع فلفلی

درصد اسانس در برگ، اندام هوایی و عملکرد اسانس در واحد سطح

در چین اول گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول در اواسط مرداد در اوایل گلدهی گیاه نعناع فلفلی توسط قیچی باغبانی چیده شدند و با ۱۵ روز فاصله گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم چیده شدند. در طول چین یک ردیف از هر طرف کرت و نیم متر نیز از بالا و پایین کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. برداشت چین دوم نیز به روش چین اول در اواخر مهر ماه انجام گرفت. وزن تر نمونه‌های برداشت شده اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌های ۴۰۰ گرمی از گیاهان برداشت شده از هر کرت جدا شد و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا وزن خشک آنها اندازه‌گیری شود. اسانس موجود در برگ و بوته گیاه

نعناع فلفلی نیز در آزمایشگاه اکولوژی و گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی تبریز واقع در کرکج استخراج گردید. به‌منظور استخراج اسانس، از دستگاه اسانس‌گیر استفاده شد. این دستگاه شیشه‌ای کوچک، از یک بالن سردکننده یا مبرد و یک لوله مدرج تشکیل شده است. بالن به منظور قرار دادن نمونه‌ها همراه با آب مقطر می‌باشد. سرد کننده به جریان آب وصل می‌شود که در عمل میعان مورد نیاز است. لوله مندرج به‌منظور جمع‌آوری و اندازه‌گیری اسانس کاربرد دارد.

در این تحقیق از نرم افزار MSTAT-C برای محاسبات آماری و از نرم افزار Excel برای ترسیم شکل‌ها استفاده شد (Saraei et al., 2011). برای مقایسه میانگین عامل‌ها و اثر متقابل آنها از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و سطوح مختلف تراکم کاشت بر عملکرد تر و خشک و تولید اسانس نعناع فلفلی در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

عملکرد تر و خشک گیاه

نتایج تجزیه واریانس هر دو چین نشان داد که اثر تاریخ کاشت روی عملکرد تر و خشک گیاه معنی‌دار بود، ولی بین تراکم‌های مختلف کاشت از نظر این صفات، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم کاشت نیز بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد که با کاشت دیر هنگام، عملکرد تر و خشک گیاه در چین اول به‌ترتیب به اندازه ۸۱۸/۷ و ۲۱۰/۴۱ کیلوگرم در هکتار و در چین دوم به‌ترتیب به اندازه ۱۱۸/۱ و ۳۵۶/۲ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاشت دیر هنگام با کاهش طول دوره مراحل رشدی و تعداد شاخه‌های جانبی تولید شده در گیاهان باعث کاهش زیست توده شد. در مورد اثر تراکم کاشت بر زیست توده نعناع نتایج این تحقیق با نتایج درازیک و پاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) مطابقت داشت.

درصد اسانس برگ و بوته

تجزیه واریانس داده‌های چین اول نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد اسانس برگ و بوته نعناع فلفلی معنی‌دار بود، ولی تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت. در ضمن اثر متقابل این عوامل بر درصد اسانس برگ معنی‌دار گردید، ولی بر درصد اسانس بوته مؤثر نبود (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس برگ مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم هشت بوته در متر مربع و برابر با ۴/۴۷ درصد بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس نعناع فلفلی در چین اول

Table 1- Analysis of variance of the effects of sowing time and plant density on peppermint fresh yield, dry yield and essential oil production at the first cutting

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد تر Fresh yield	عملکرد خشک Dry yield	درصد اسانس برگ Leaf essential oil	درصد اسانس بوته Plant essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	1692044.17 ns	138041.1*	0.011 ns	0.412 ns	0.058 ns
تاریخ کاشت Sowing time	1	4020742.18*	265644.73**	0.167**	9.77**	0.018 ns
تراکم کاشت Plant density	3	336922.69 ns	33600.18 ns	0.005 ns	0.462 ns	0.021 ns
تاریخ کاشت × تراکم کاشت Sowing time × plant density	3	391330.5 ns	29473.58 ns	0.026*	0.661 ns	0.042 ns
خطا Error	14	540435.1	29690.85	0.007	0.234	0.031
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	21.08	22.09	17.62	21.12	14.46

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

ns,* and * *: No significant and significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تاریخ و تراکم کاشت روی تولید اسانس نعناع فلفلی در چین دوم

Table 2- Analysis of variance of the effects of sowing time and plant density on peppermint fresh yield, dry yield and essential oil production at the second cutting

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد تر Fresh yield	عملکرد خشک Dry yield	درصد اسانس برگ Leaf essential oil percentage	درصد اسانس بوته Plant essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	7509689.06**	775787.23**	0.065^{ns}	0.008^{ns}	37.26*
تاریخ کاشت Sowing time	1	7500281.9**	761413.12*	0.035^{ns}	0.002^{ns}	67.20*
تراکم کاشت Plant density	3	2443840.1^{ns}	137349.84^{ns}	0.013^{ns}	0.014^{ns}	21.71^{ns}
تاریخ کاشت × تراکم کاشت Sowing time × Plant density	3	1395351.19^{ns}	59958.08^{ns}	0.175^{ns}	0.038*	17.40^{ns}
خطا Error	14	962055.8	79793.7	0.064	0.008	8.35
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	16.87	16.93	17.78	10.86	20.43

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

ns,* and * *: No significant and significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت روی عملکرد تر و خشک نعناع فلفلی در چین‌های اول و دوم

Table 3- Effect of sowing time on fresh and dry yield of peppermint at first and second cuttings

تاریخ کاشت Sowing time	چین اول First cutting		چین دوم Second cutting	
	عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry yield (kg.ha^{-1})	عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry yield (kg.ha^{-1})
اول The first	3895.55^{a*}	885^{a}	6372.77^{a}	1846.43^{a}
دوم The second	3076.94^{b}	674.59^{b}	5254.72^{b}	1490.19^{b}

*حروف متفاوت در هر ستون نماین‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

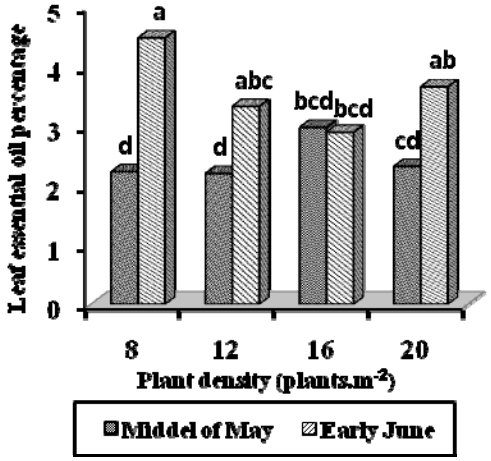
*Different letters indicate significant difference at $p\leq0.05$.

کمترین درصد اسانس برگ نیز از گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت اول و تراکم‌های ۸ و ۱۲ بوته در مترمربع بدست آمد (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی بدلیل بالا رفتن دمای هوا میزان اسانس در گیاه نعناع نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت، ولی افزایش تراکم کاشت در تاریخ کاشت دوم بدلیل افزایش رقابت برون بوته‌ای و کاهش طول دوره رشد باعث کاهش میزان اسانس در گیاه نعناع فلفلی شد. در ضمن چنین به‌نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول به‌دلیل طولانی بودن دوره رشدی گیاه نسبت به تاریخ کاشت دوم، میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی در تراکم‌های مختلف با تولید شاخه‌های جانبی بیشتر جبران شده است. در شکل ۲ نیز نشان داده شده است که بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به تاریخ کاشت دوم و برابر با ۲/۹۲ درصد بود.

در چین دوم اثر تاریخ و تراکم کاشت بر درصد اسانس برگ و بوته معنی‌دار نبود، ولی اثر متقابل این عامل‌ها بر درصد اسانس بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد اسانس بوته مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و برابر با ۰/۹۷ درصد بود. کمترین درصد اسانس بوته نیز مربوط به گیاهان کاشته شده در تاریخ کاشت دوم و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع و برابر با ۰/۷۲ درصد بود (شکل ۳). درصد اسانس بوته در تاریخ کاشت دوم به‌دلیل افزایش دمای هوا بیشتر از تاریخ کاشت اول بود و با افزایش تراکم کاشت به بیشتر از ۱۲ بوته در متر مربع بدلیل رقابت برون بوته‌ای بیشتر و کوتاه بودن طول دوره رشدی درصد اسانس بوته

کاهش یافت. همچنین تراکم کاشت در تاریخ کاشت اول، تأثیری بر درصد اسانس بوته نداشت. نتایج این تحقیق با نتایج محققان دیگر (Hornok,1988; Omid- Beigi, 1997) مطابقت داشت. امید بیگی (Omid- Beigi, 1997) و هورنوک (Hornok, 1988) معتقدند که در دمای بالاتر از ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مقدار تولید اسانس در گیاه نعناع فلفلی افزایش می‌یابد، ولی در مقدار منتول اسانس تأثیر منفی داشته و سبب کاهش آن می‌گردد.

در مورد اثر تأخیر در کشت بر درصد اسانس گیاهان دارویی، گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر (Naderi- Boroujerdi& Bigdeli, 2002; Ozel & Ozguven, 2002) و عدم تأثیر (Hadj-Seyed Hady et al., 2002; Piccaglia et al., 2005) وجود دارد. در ارتباط با تأثیر تراکم کاشت بر درصد اسانس گیاهان دارویی نتایج این تحقیق با نتایج محققان دیگر در مورد گیاهان دارویی (Aflatuni, 2005; Arabaci & Bayram, 2004) مطابقت داشت.

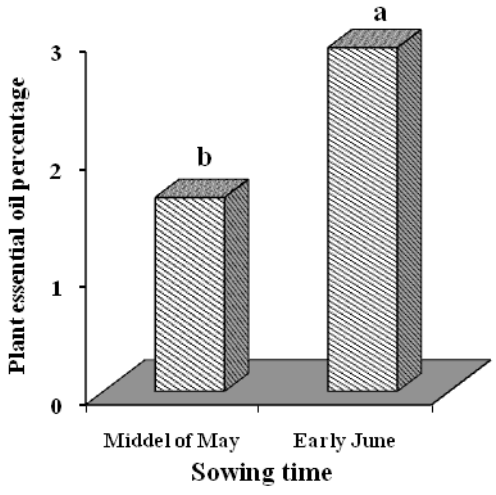


شکل ۱- میانگین اسانس تولید شده در برگ‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ و تراکم‌های مختلف کاشت در چین اول

Fig. 1- Means of essential oil production at peppermint leafs under different sowing time and plant density at the first cutting

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at p≤0.05.

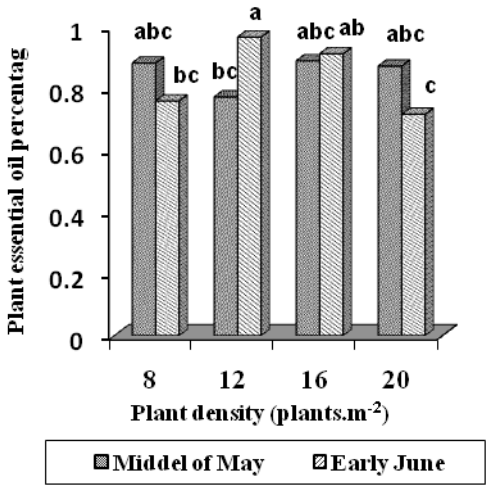


شکل ۲- میانگین اسانس تولید شده در بوته‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین اول

Fig. 2- Means of essential oil production at peppermint plants under different sowing time at the first cutting

حروف متفاوت نماینگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at p≤0.05.



شکل ۳- میانگین اسانس تولید شده در بوته‌های نعناع فلفلی تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین دوم

Fig. 3- Means of essential oil production at peppermint plants under different sowing time and plant density at the second cutting

حروف متفاوت نماینگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

افلاطونی (Aflatuni, 2005) با آزمایش روی نعناع فلفلی در چندین فصل زراعی، گزارش نمود که تراکم کاشت بر ترکیب اسانس نعناع فلفلی تأثیر معنی‌داری نداشت. آراباسی و بایرام (Arabaci & Bayram, 2004) نیز با بررسی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ میلادی در سه تراکم کاشت مختلف (۲۰×۲۰، ۲۰×۴۰ و ۲۰×۶۰ سانتی‌متر) به این نتیجه دست یافتند که تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر درصد اسانس برگ نداشت.

عملکرد اسانس

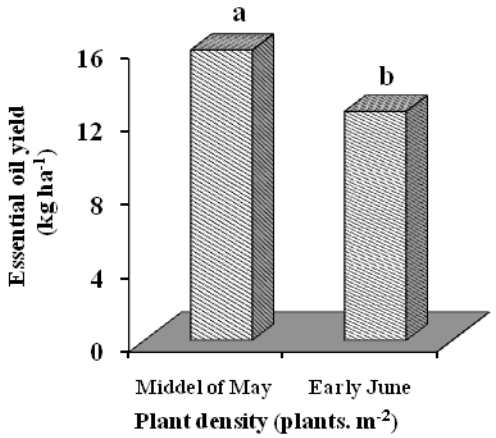
در چین اول اثر تاریخ کاشت، تراکم کاشت و اثر متقابل این عوامل بر اسانس تولید شده در واحد سطح معنی‌دار نشد (جدول ۱). در چین دوم عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرارگرفت، ولی اثر تراکم کاشت و اثر متقابل این دو عامل برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین عملکرد اسانس در چین دوم مربوط به تاریخ کاشت اول و برابر با ۱۵/۸۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴). با کاشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی، عملکرد تر و خشک گیاه نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش یافت (جدول ۳). در نتیجه عملکرد اسانس در واحد سطح کاهش پیدا کرد. نتایج این تحقیق مشابه نتایج حاج سید هادی (Hadj-Seyed Hady et al., 2002) روی بابونه و نادری بروجردی و بیگدلی (Naderi- Boroujerdi& Bigdeli, 2002) بر زوفا می‌باشد.

میزان اسانس در تراکم‌های مختلف نیز به‌دلیل تولید شاخه‌های جانبی در گیاه نعناع فلفلی جبران شده و تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نگرفت. نتایج این پژوهش با نتایج درازیک وپاولوویچ (Drazic & Pavlovic, 2005) در مورد عدم تأثیر تراکم کاشت روی عملکرد اسانس نعناع فلفلی مطابقت داشت، ولی نتایج مبنی بر تأثیر تراکم کاشت روی عملکرد اسانس نیز توسط محققان دیگر روی گیاهان دارویی گزارش شده است (Hadj-Seyed Hady et al., 2002; Darzi et al., 2002; Arabaci & Bayram, 2004). درزی و همکاران (Darzi et al., 2002) با کاشت رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت نشان دادند که مناسب‌ترین تراکم گیاهی برای رازیانه ۲۰×۵۰ سانتی‌متر می‌باشد و تراکم گیاهی بر صفات عملکرد اسانس، عملکرد آنتول و عملکرد بذر در هکتار تأثیر معنی‌داری دارد. آراباسی و بایرام (Arabaci & Bayram, 2004) نیز با بررسی ریحان در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ در سه تراکم کاشت مختلف (۲۰×۲۰، ۲۰×۴۰ و ۲۰×۶۰ سانتی متر) گزارش کردند که عملکرد اسانس در طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت و بیشترین عملکرد اسانس در سال ۲۰۰۰ از تراکم ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و در سال ۲۰۰۲ از تراکم‌های ۲۰×۲۰ و ۲۰ ×۴۰ سانتی‌متر بدست آمد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با کشت دیر هنگام گیاه نعناع فلفلی احتمالاً بدلیل بالا رفتن دمای هوا میزان اسانس این گیاه نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که بین تراکم‌های مختلف کاشت از لحاظ عملکرد تر، خشک و عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج ارائه شده در این آزمایش، به‌منظور صرفه جویی در هزینه کاشت و دستیابی به

حداکثر عملکرد اسانس نعناع فلفلی بهتر است که این گیـاه بـا تـراکم هشت بوته در مترمربع در تاریخ کاشت اواسط خرداد ماه انجام شود.



شکل ٤- میانگین عملکرد اسانس تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در چین دوم

Fig. 4- Means of essential oil yield under different sowing time at second cutting

حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

منابع

1. Aflatuni, A. 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha* ssp.) in Northern Ostrobothnia. Faculty of Science, University of Oulu, Department of Biology, Finland.
2. Arabaci, O., and Bayram, E. 2004. The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of basil *(Ocimum basilicum* L.). Journal of Agronomy 3(4): 255-262.
3. Darzi, M.T., Hadj-Seyed-Hady, S.M.R., and Yasa, N. 2002. Effects of sowing date and plant density on seed yield and quality and quantity of essential oil of *Foeniculum vulgare* Mill. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran, 12-14 February 2002, 151 pp. (In Persian)
4. De la luz, L.A., Fiallo, V.F., Ferrada, C.R., and Borrego, G.M. 2002. Investigaciones agricolas en especies de uso frecuente en ia medicina tradicional lll. Toronjil de menta (*Mentha piperitha* L.) Rev Cub Plantas Medicinales 702: 1-4.
5. Drazic, S., and Pavlovic, S. 2005. Effects of vegetation space on productive traits of peppermint (*Mentha piperta* L.). Institute for Medicinal Plants Research Dr Josif Pancic, Tadeusa Koscuska1, 11000 Belgrade, FR Yugoslavia 31: 1-4.
6. Furia, T., and Bellanca, N. 1995. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, Volume II, 3rd edition, CRC Press, 990 pp.
7. Hadj-Seyed-Hady, S.M.R., Khodabande, N., Yasa, N., and Darzi, M.T. 2002. Effects of sowing date and plant density on essential oil and chamazolene content of chamomile. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran 119 pp. (In Persian)
8. Hornok, L. 1978. Gyogynovenyek termesztes es feldolgozasa. Mezogazdasagi Kiado, Budapest.
9. Hornok, L. 1988. Gyogynovenytermesztes, kerteszeti elelmiszeripari egyetem, Termesztesikar, Budapest.
10. Mehra, B.K. 1982. Mentha oil and menthol production in India. In: C.C.K. Ataland and B.M. Kapur (Eds). Cultivation and utilization of aromatic plants. Regional Research Laboratory, Jammu- Tawi, India.
11. Naderi-Boroujerdi, G.H.R., and Bigdeli, M. 2002. The detection of the best cultivation time, plant concentration, irrigation period for growth of aerial parts and effective substances derived from medical plant of *Hyssopus officinalis* L. in Tehran province. Abstract Articles of First National Congress of Medicinal Plants, Research Institute of forests and Rangelands, Iran 12-14 February 2002, 271 pp. (In Persian)
12. Omid- Beigi, R. 1997. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Tarahane Nashr Publication, Iran 424 pp. (In Persian)
13. Omid-Beigi, R. 1995. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Fekre Rooz Publication, Iran 283pp. (In Persian)
14. Ozel, A., and Ozguven, M. 2002. Effect of different planting times on essential oil components of different mint (*Mentha* spp.) varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 26: 289-294.
15. Piccaglia, R., Dellacecca, V., Marotti, M., and Giovanelli, E. 2005. Agronomic factors affecting the yields and

essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.). Acta Horticulturae 344: 29-40.
16. Saraei, R., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2011. 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 4(3): 215-222.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۴۲-۴۳۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 430-442

تأثیر کاربرد سیلیسیوم بر صفات فیزیولوژیکی و رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل

عزیز کرملاچعب[1*]، محمد حسین قرینه[2]، عبدالمهدی بخشنده[3]، محمدرضا مرادی تلاوت[4] و قدرت اله فتحی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم بر برخی صفات فیزیولوژیکی و رشد گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی آخر فصل، آزمایشی گلدانی در سال ۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش تیمارها شامل سطوح تنش خشکی آخر فصل (آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) و سطوح سیلیسیوم (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیس خالص در کیلوگرم خاک) می‌باشد. نتایج نشان داد که اثر خشکی بر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، به طوری که در اثر تنش میزان نشت الکترولیتی، مقدار پرولین، موم کوتیکول و غلظت سیلیسیوم برگ افزایش و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پتاسیم دانه و نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش یافتند. تنش خشکی شدید بیشترین تأثیر را بر میزان نشت (افزایش ۵۳ درصد) داشت. کاربرد سیلیسیوم نیز به‌جز نسبت اندام هوایی به ریشه تمام صفات مورد بررسی را تحت تأثیر خود قرار داد، به‌نحوی‌که کاربرد ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم سبب کاهش ۲۲/۵ درصدی میزان نشت و افزایش پرولین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، موم موتیکول، غلظت پتاسیم دانه و سیلیسیوم برگ به‌ترتیب ۲۵، ۱۲/۸، ۲۱، ۱۷ و ۳۰ درصد نسبت به شاهد گردید. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تأثیر مثبت سیلیسیوم بر گندم در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار داشت بسیار بیشتر از شرایط بدون تنش است.

واژه‌های کلیدی: سوپراکسید دیسموتاز، غلظت پتاسیم دانه، کاربرد سیلیسیوم، نشت الکترولیتی

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ رشد و تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (Ashraf, 2009). در اثر خشکی، گیاهان علاوه بر واکنش‌های فیزیولوژیکی، تغییرات مرفولوژیکی نیز از خود نشان می‌دهند. طی آزمایشی اعلام شده که به دلیل این‌که عناصر غذایی به صورت محلول در آب جذب گیاه می‌شود. بنابراین، محدودیت در منابع آبی سبب محدودیت در کلیه منابع غذایی می‌شود و گیاه گندم مجبور به کم کردن رشد رویشی و اتمام زود هنگام آن مرحله و شروع مرحله زایشی می‌گردد در نتیجه برخی صفات فیزیولوژیکی کاهش و در نهایت دوره رشد و عملکرد کاهش می‌یابد (Mohammadi et al., 2006).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که منجر به تولید فراورده‌های زیان آور شده که سبب افزایش تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. این ترکیبات به‌طور بالقوه دارای پتانسیلی است که با بسیاری از ترکیبات سلولی واکنش داده و سبب خسارت به غشاء و سایر ماکرومولکول‌های ضروری از قبیل رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها می‌شود. گیاهان با دارا بودن سیستم آنتی‌اکسیدانت که شامل ترکیبات‌های آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز، آسکوربیت پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز و غیر آنزیمی معمولاً سطوح گونه‌های فعال اکسیژن را در سلول در حد متعادل نگه می‌دارند (Tale Ahmad & Haddad, 2011).

به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آب استفاده و تنظیم غلظت برخی از عناصر می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی مؤثر باشد و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. سیلیسیوم دومین عنصر از لحاظ فراوانی در سطح کره زمین است که مقدار آن بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۶ میلی‌مول بر مترمکعب می‌باشد،

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، دانشیار، استاد و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رامین، خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: zizchaab@gmail.com)

ولی به عنوان عنصر اساسی برای گیاهان محسوب نگردیده و نقش آن در بیولوژی گیاهان به‌طور کامل درک نشده است. سیلیسیوم به فرم‌های مختلف از جمله اسید مونوسیلیسیک [$Si(OH)_4$] وجود دارد و جذب آن مستقیماً از این فرم می‌باشد. در اندام هوایی با از دست دادن آب (تعرق)، اسید مونوسیلیسیک غلیظ شده، و به فرم ژل سیلیس ($SiO_2.nH_2O$) تبدیل و باعث تحمل گیاه به تنش می‌شود. گیاهانی مانند خانواده غلات و سیپراسه می‌توانند مقادیر زیادی از سیلیسیوم را در خود انباشته کنند، و کاربرد سیلیسیوم در این گیاهان متضمن رشد بهتر آن‌ها می‌باشد (Epstien, 1999).

در آزمایشی گزارش شده که کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون ردوکتاز) می‌شود. همچنین کاهش مقدار پراکسید هیدروژن در شرایط تنش خشکی بر اثر اعمال سیلیسیوم احتمالاً به دلیل اثر مثبت سیلیسیوم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و زدودن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Gong et al., 2005). ما و یاماجی (Ma & Yamaji, 2006) بیان نمودند که سیلیسیوم با رسوب در زیر لایه کوتیکولی (با ضخامت ۰/۱ میکرومتر) برگ و تشکیل لایه دوگانه کوتیکول- سیلیس به ضخامت ۲/۵ میکرومتر و در نتیجه افزایش ضخامت لایه کوتیکول و موم آن باعث کاهش تعرق از سطح برگ و پوست گیاهی که در شرایط تنش خشکی قرار دارد می‌شود. سودمندی سیلیسیوم در مقاومت به تنش خشکی در غلات مربوط به فعالیت بیشتر H^+-ATPase موجود در غشاء و H^+-PPase در تونوپلاست و جذب بیشتر یون پتاسیم، افزایش غلظت داخل سلول و جذب و نگهداری آب و تأثیر بر روی فعالیت برخی آنزیم‌ها و فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌باشد (Liang et al., 2007).

طالع احمد و حداد (Tale Ahmad & Haddad, 2011) در آزمایشی بر روی دو ژنوتیپ گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی گزارش دادند که کاربرد سیلیسیوم در این شرایط باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان پرولین و پروتئین‌های محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز شده است. بهتاش و همکاران (Behtash et al., 2010) در آزمایش خود روی چغندر قند (*Beta vulgaris* L. cv. DarK Red) با کاربرد سیلیسیوم و کادمیوم در کشت هیدروپونیک اعلام نمودند که افزایش کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش معنی‌دار غلظت آن در برگ و ریشه گیاه شده است. همچنین سیلیسیوم در شرایط تنش خشکی در برنج باعث افزایش معنی‌دار غلظت یون پتاسیم در اندام هوایی و ریشه نسبت به تیمار شاهد و تیمار تنها کاربرد سیلیسیوم شده است. که این افزایش ممکن است به دلیل افزایش فعالیت H^+-ATP_{ase} در ریشه گیاه باشد (Chen et al., 2010). آزمایشی که کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) روی گیاه ذرت (*Zea mays* L.) انجام دادند، نشان داد که در شرایط تنش خشکی، وزن‌تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد و کاربرد سیلیسیوم در این شرایط منجر به افزایش این پارامترها شده، رشد گیاه را بهبود و مقدار عملکرد را افزایش می‌دهد.

به‌طورکلی، استان خوزستان یکی از مهم‌ترین مناطق از لحاظ تولید گندم کشور محسوب می‌شود که با دارا بودن شرایط خاص آب و هوایی، همواره شرایط مساعدی برای وقوع تنش‌های مخرب محیطی به‌ویژه خشکی پایان دوره را در خود داشته است. به همین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی سطوح مختلف سیلیسیوم بر برخی فیزیولوژیکی و رشد گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلدان‌هایی در محیط آزاد در دانشگاه کشاورزی و منابع رامین خوزستان در سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. گلدان‌ها از جنس پلاستیک (PVC)[1]، به قطر ۳۰ (مساحت ۷۰۶ سانتی‌متر مربع) و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد و حدود ۲۰ کیلوگرم خاک خشک در آن قرار داده شد. برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده این آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی پایان دوره رشد در سه سطح بدون تنش خشکی، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید، به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک می‌باشد. سطوح مختلف تیمار تنش از ابتدای مرحله گل‌دهی گیاه تا زمان رسیدگی اعمال شدند. تنش خشکی از طریق روش وزنی اعمال گردید و جهت تعیین دقیق زمان آبیاری برای هر گلدان هر روز وزن و درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شد. در صورت تخلیه رطوبت خاک به حد مورد نظر، حجم آب مورد نیاز برای هر بار آبیاری در هر گلدان با استفاده از معادله (۱) محاسبه و آبیاری شد (Alizadeh, 2008).

$$V = [(FC - \theta_m) \times P_b \times D_{root} \times A] / E_i \quad \text{معادله (۱)}$$

V: حجم آب آبیاری (m^3)، E_i: راندمان آبیاری در گلدان، θ_m: درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، P_b: وزن مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)، A: سطح گلدان (m^2) و D_{root}: عمق گلدان (m) است.

مقادیر مختلف سیلیسیوم شامل صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ گرم سیلیسیوم در گلدان (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیس در کیلوگرم خاک) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند و از منبع پتاسیم سیلیکات (دارای ۳۰ درصد سیلیس و ۳۰ درصد پتاسیم) تأمین و قبل از کشت به خاک اضافه شد. نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره، و میزان

1- Polyvinyl chloride

آن ۱۴۰ میلی‌گرم نیتروژن خالص در کیلوگرم خاک (به صورت پایه و دو مرحله سرک) در اختیار گیاه قرار گرفت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Some of soil chemical and physical characteristics

بافت خاک Soil texture	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	سیلیسیوم کل* (پی‌پی‌ام) Total silicon (ppm)	عناصر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available nutrients (ppm)				هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
			سیلیسیوم Si	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K		
لومی رسی Clay loam	0.76	72.4	22.3	5.4	7.2	214	3.6	7.4

* سیلیسیوم اندازه‌گیری شده به‌وسیله بافر استات سدیم و pH= 4

* Silicon measured by sodium acetate buffer and pH= 4

کود فسفره مورد نیاز به میزان ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع فسفات آمونیوم و پتاسیم نیز با در نظر گرفتن مقدار پتاسیم مصرف شده همراه با سیلیسیوم و از منبع سولفات پتاسیم در زمان کاشت مصرف شد. گلدان‌ها از جنس پلاستیک و قطر و ارتفاع آن‌ها به ترتیب ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر بود.

پس از آماده‌سازی خاک و قرار دادن آن در گلدان‌ها، بذر گندم رقم چمران با تراکم ۲۰ بذر در گلدان و عمق ۵-۳ سانتی‌متری خاک به صورت دستی در دهه اول آذر ماه در محیط آزاد کشت و آبیاری صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

میزان نشت الکترولیتی (EL) به روش لوتس و همکاران (Lutts et al., 1996) محاسبه گردید. بدین ترتیب که نمونه‌های تهیه شده از جوان‌ترین برگ توسعه یافته به آزمایشگاه انتقال و با استفاده از پانچ از هر برگ دیسک‌های دایره‌ای تهیه شد. قطعات حاصل پس از آنکه سه مرتبه با آب مقطر شسته، به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر انتقال یافتند. این نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه بر روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و هدایت الکتریکی (EC_1) آن‌ها با استفاده از دستگاه EC سنج تعیین گردید. سپس نمونه‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند و EC_2 اندازه‌گیری و درصد EL نمونه‌ها با استفاده از رابطه EC_1 / EC_2 تعیین شد.

مقدار پرولین به روش ارائه شده توسط بیتس و همکاران (Bates et al., 1973) تعیین شد. ابتدا ۰/۵ گرم از برگ پرچم تازه در زمان وقوع تنش را با هاون له کرده و درون فالکون ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسلیک اسید سه درصد به آن اضافه و نمونه درون یخ قرار داده شد. فالکون را در ۷۵۰۰ دور به مدت ۳۰ دقیقه و دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ کرده تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. دو میلی‌لیتر از عصاره صاف شده را درون فالکون جدید ریخته و دو میلی‌لیتر اسید نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال به آن اضافه شد. نمونه‌ها را به مدت یک ساعت در حمام آب گرم حرارت داده سپس درون یخ قرار گرفتند. چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول‌ها اضافه و به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شدند و نمونه‌ها را در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شدند.

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از طریق عصاره‌گیری از برگ پرچم و به وسیله نیتروبلو تترازولیوم و رنگ‌آمیزی اختصاصی به روش گاینوپولیتیس و رایس (Giannopolitis & Ries., 1977) از طریق قرائت در طول موج ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. سه نمونه یک سانتی‌متر مربعی از برگ تیمارهای مختلف جدا کرده و پس از شستشو با آب مقطر و حذف گرد و غبار موجود روی سطح برگ، این نمونه‌ها را یکی بعد از دیگری در یک ظرف حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محلول تتراکلرید کربن، هر کدام به مدت ۳۰ ثانیه شستشو و خارج کردیم. سپس عصاره حاصل که حاوی موم می‌باشد را روی حرارت کم‌تر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا تبخیر صورت بگیرد. باقی‌مانده را با ترازوی سه رقم اعشار وزن و تقسیم بر سه شد و مقدار موم برای هر سانتی‌متر مربع بر حسب میلی‌گرم گزارش شد (Ahmad et al., 2011). جهت محاسبه میزان سیلیسیوم از روش رنگ سنجی آمینومولیبدات آبی استفاده شد. به این صورت که از طریق تهیه عصاره از بافت خشک نمونه مورد نظر طبق روش الیوت و سنیدر (Elliot & Snyder, 1991) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت گردید. همچنین میزان پتاسیم نمونه‌های مورد نظر به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. همچنین در زمان رسیدگی فیزیولوژی تیمارهای مختلف، ریشه به دقت از خاک جدا شده و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه اندازه‌گیری شده است.

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت (Amirabadi et al. 2012) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد

استفاده گردید. در نهایت، جهت رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و کاربرد سیلیسیوم بر میزان نشت الکترولیتی معنی‌دار (p≤۰/۰۱) است، اما اثر متقابل آن‌ها غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث افزایش میزان نشت الکترولیتی شده است؛ به‌طوری‌که میزان نشت در شرایط بدون تنش ۲۳/۵ درصد بوده و تنش خشکی ملایم و شدید باعث افزایش آن به ترتیب ۴۱ و ۵۹ درصد نسبت به تیمار بدون تنش خشکی گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تنش خشکی از طریق آسیب رساندن به غشاء سلولی و تخریب ساختار آن باعث نشت بیشتر مواد داخل سلولی و واکوئلی به محیط بیرون در زمان اندازه‌گیری شده و منجر به غلیظ شدن و بالا رفتن هدایت الکتریکی بیرون سلول شده است. کاربرد سیلیسیوم باعث کاهش میزان نشت شده، به‌طوری‌که مقادیر ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک باعث کاهش معنی‌دار میزان نشت به ترتیب ۲۱/۴ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد شده، ولی بین این دو مقدار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). زهو و همکاران (Zhu et al., 2004) دلیل این امر را رسوب سیلیسیوم در غشاء سلولی و سیلیسی و سخت شدن، و افزایش معنی‌دار پایداری آن می‌داند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گندم تحت تیمارهای آزمایشی

Table 2- Variance analysis of measured traits of wheat under examine treatments

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		نشت الکترولیتی Electrolyte leakage	مقدار پرولین Proline content	سوپراکسید دیسموتاز SOD	موم کوتیکول Cuticular wax	پتاسیم دانه Grain potassium	سیلیسیوم برگ Leaf silicon	ریشه/اندام هوایی Root/shoot
بلوک Block	2	24.71 ns	0.10 ns	0.128 ns	0.75 ns	8.19 na	17.61 ns	0.015 ns
آبیاری Irrigation	2	2286.01 **	180.06 **	2.432 *	20.71 **	376.23 *	879.51 **	7.40 **
سیلیسیوم Silicon	3	175.45 **	8.48 **	0.856 **	7.47 **	216.58 **	326.89 **	0.148 ns
Irrigation×silicon	6	23.84 ns	2.32 *	0.479 *	0.09 ns	11.34 ns	46.84 **	0.255 *
خطای آزمایشی Experimental error	22	13.07	0.83	0.174	0.26	38.54	14.64	0.075
ضریب تغییرات (%) CV (%)		9.54	12.40	8.47	7.74	10.41	9.51	11.17

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

ns, * and **: not significant and significant at 5% and 1% probability levels respectively.

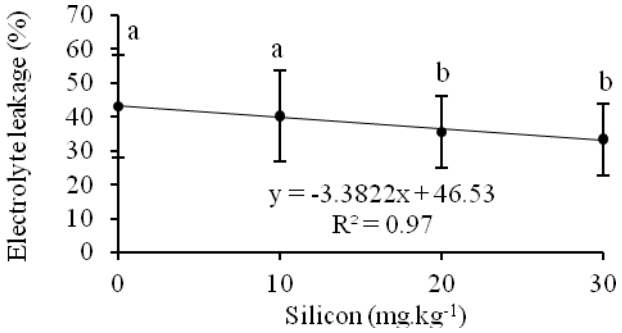
جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات سطوح تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی گندم

Table 3- Means comparison of effects of drought on some physiological characteristics of wheat

سطوح تنش خشکی Drought stress levels	نشت الکترولیتی (٪) Electrolyte leakage (%)	مقدار موم کوتیکول (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع) Cuticular wax ($mg.cm^{-2}$)	پتاسیم دانه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) Grain K ($mg.g^{-1}$ DW)
بدون تنش Without stress	23.5 c *	5.25 c	65.37 a
تنش ملایم Mild stress	39.8 b	6.97 b	59.27 ab
تنش شدید Severe stress	57.0 a	7.84 a	54.19 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD است (p≤۰/۰۵).

* Within each column, means followed by the letters are not significantly different based on LSD test (p≤0.05).



شکل ۱- اثر سیلیسیوم بر میزان نشت الکترولیتی برگ گندم

Fig. 1- Effect of silicon on leaf electrolyte leakage of wheat

لیانگ و همکاران (Liang et al., 2007) به این نتیجه رسیدند که سیلیسیوم در درون گیاه یک عنصر غیرمتحرک است و پس از رسوب در داخل سلول به صورت ژل سیلیکا پلیمر شده در می‌آید و دیگر برای گیاه غیر قابل استفاده می‌شود و تنها نقش استحکام و پایداری را خواهد داشت.

در میان مکانیسم‌های سلولی متفاوتی که در طی مواجه شدن با تنش وجود دارند، تجمع اسید آمینه‌های سازگارکننده همانند پرولین اهمیت خاصی دارد. این اسید آمینه با اسیدیته خنثی و حلالیت بالا در آب، در طی بروز تنش می‌تواند تا ۸۰ درصد اسیدآمینه‌های سلول را تشکیل دهد (Valadiani et al., 2003). اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار پرولین برگ پرچم معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل در جدول ۴، در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد سیلیسیوم اثر معنی‌دار بر مقدار پرولین نداشته و با افزایش شدت تنش، اثر سیلیسیوم نیز افزایش یافته است. کاربرد ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک در شرایط تنش ملایم و شدید باعث افزایش مقدار پرولین به‌ترتیب ۳۵ و ۲۴ درصد شده است. همچنین تفاوت معنی‌داری بین کاربرد مقادیر ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در شرایط مختلف رطوبتی مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد که گیاه وقتی در شرایط تنش قرار می‌گیرد، مقدار پرولین در سلول آن افزایش می‌یابد تا با افزایش غلظت داخل سلول، جذب و نگهداری آب داخل سلول را حفظ کند. اثر افزایش تولید پرولین بر روی مقاومت به تنش خشکی هنوز قابل بحث است و علاوه بر افزایش سنتز پرولین کاهش کاتابولیسم پرولین می‌تواند به تجمع آن در پتانسیل آب پایین مربوط باشد (Mansourifar et el., 2005).

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثرات تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات مورد بررسی گندم

Table 4- Means comparison of Interactions effects of treatments on some measured traits of wheat

تیمارهای آزمایشی Treatments		پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Proline ($mg.g^{-1}$ FW)	سوپراکسید دیسموتاز (میلی‌گرم بر پروتین) SOD ($mg.Pro^{-1}$)	سیلیسیوم برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) Leaf Si ($mg.g^{-1}$ DW)	ریشه/ اندام هوایی Root/shoot
تنش خشکی Drought stress	سیلیسیوم (میل‌گرم بر کیلوگرم) Silicon ($mg.kg^{-1}$)				
بدون تنش Without stress	0	3.40 f *	5.3 a	28.3 g	3.4 a
	10	3.27 f	5.4 a	31.5 fg	3.3 ab
	20	3.60 f	5.1 a	31.8 fg	3.2 abc
	30	3.47 f	5.2 a	33.0 fg	2.9 bcd
تنش ملایم Mild stress	0	6.20 e	4.7 ab	32.5 fg	2.2 ef
	10	6.57 de	5.0 a	40.0 de	2.5 de
	20	7.97 cd	5.3 a	44.0 cd	2.6 d
	30	9.50 bc	5.4 a	48.8 bc	2.8 cd
تنش شدید Severe stress	0	9.27 c	3.6 c	37.5 ef	1.2 h
	10	10.83 ab	4.1 bc	43.4 cde	1.5 gh
	20	12.37 a	5.0 a	53.6 ab	1.9 fg
	30	12.23 a	5.0 a	58.1 a	1.9 fg

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

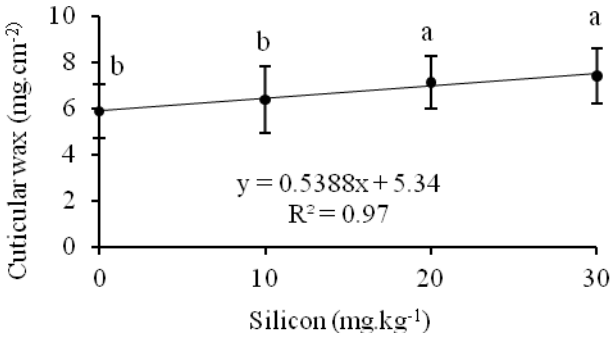
* Within each column, means followed by the letters are not significantly different ($p\leq0.05$).

طالع احمد و حداد (Tale Ahmad & Haddad, 2011) به این نتیجه رسیدند که احتمالاً افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده مانند کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز باعث کاهش گونه‌های فعال اکسیژن شده همچنین مقدار پراکسید هیدروژن به شدت کاهش می‌یابد و به همین دلیل یکی از عوامل کاتابولیسم پرولین از بین رفته و مقدار پرولین در حضور سیلیسیوم افزایش می‌یابد.

سوپر اکسید دیسموتاز آنزیمی فلزی است که عدم تناسب رادیکال‌های آزاد سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن کاتالیز می‌کند و به‌نظر می‌رسد که نقش مهمی را در حفاظت از سلول‌ها در مقابل اثرات زیان‌بخش غیر مستقیم ناشی از این رادیکال‌ها بر عهده دارد (Liang et al., 2007). در این آزمایش نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها در جدول ۴ نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم کاربرد سیلیسیوم اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نداشت، امّا در شرایط تنش شدید کاربرد ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم باعث افزایش فعالیت این آنزیم تا حد تیمار شاهد شده است. کم‌ترین فعالیت آن در تیمار تنش شدید بدون کاربرد سیلیسیوم به اندازه ۳/۶۱ واحد در میلی‌گرم پروتئین و با تیمار تنش شدید و کاربرد ۱۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در یک گروه آماری قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در حضور و عدم حضور سیلیسیوم به یک اندازه بوده است و در شرایط تنش ملایم، کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش فعالیت این آنزیم شد، اما این افزایش معنی‌دار نبوده است. همچنین در شرایط تنش شدید کاربرد سیلیسیوم دارای بیشترین تأثیر بر میزان فعالیت آن بوده است، به طوری که در شرایط تنش شدید کاربرد ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم باعث افزایش ۲۸ درصدی فعالیت آن نسبت به تیمار بدون سیلیسیوم شده است. طالع احمد و حداد (Tale Ahmad & Haddad, 2011) اعلام کردند که آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی سلول در برابر حمله رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش است و کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش بسیار زیاد آن می‌شود.

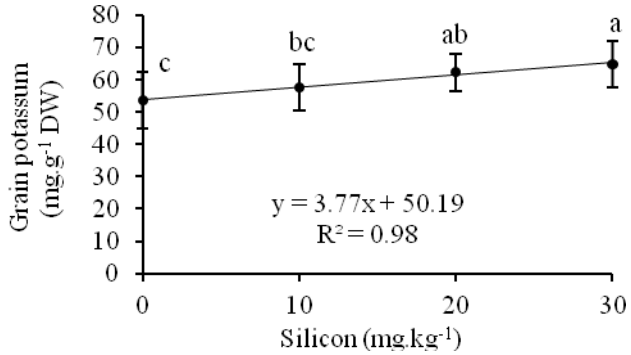
اثر تنش خشکی بر مقدار موم کوتیکول معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲) و تنش ملایم و شدید باعث افزایش به ترتیب ۲۴ و ۳۳ درصد مقدار موم کوتیکول نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). با توجه به اینکه تبخیر و تعرق گیاهی هم از طریق روزنه‌های برگ و هم از طریق کوتیکول صورت می‌گیرد، می‌توان چنین بیان نمود که گیاه در شرایط تنش جهت جلوگیری از خروج آب از طریق برگ، با وجود آسیب به غشاء سلولی، اقدام به کاهش تبخیر و تعرق از طریق کوتیکول به‌واسطه افزایش موم کوتیکول می‌نماید. معمولاً تلفات از کوتیکول نسبتاً کم است، ولی در شرایط تنش خشکی همین مقدار اندک می‌تواند نقش مؤثری به خصوص در مراحل بحرانی رشد گیاه داشته باشد. کاربرد ۱۰ میلی‌گرم سیلیسیوم تأثیر معنی‌داری بر موم کوتیکول نداشت، لیکن مقادیر ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم باعث افزایش معنی‌دار مقدار موم به ترتیب ۱۷ و ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج نشان‌دهنده وجود یک همبستگی مثبت بین مقدار کاربرد سیلیسیوم و موم کوتیکول می‌باشد (شکل ۱). در این زمینه احمد و همکاران (Ahmad et al., 2011) دریافتند که سیلیسیوم با رسوب در زیر کوتیکول برگ‌ها و تشکیل لایه دوگانه کوتیکول- سیلیس، از انجام تعرق گیاهی از راه کوتیکول به دلیل افزایش غلظت سیلیسیوم و موم روی آن، جلوگیری به عمل می‌آورد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های این آزمایش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش غلظت پتاسیم در دانه گردید، به‌طوری‌که تنش شدید باعث کاهش معنی‌دار آن (۱۷ درصد)، اما تنش ملایم اثر معنی‌دار بر آن نسبت به شاهد نداشته است (جدول ۳). لیانگ و همکاران (Liang et al., 2007) بیان نمودند که جذب و انتقال پتاسیم نیازمند ATP می‌باشد، با توجه با این‌که در شرایط تنش مقدار ATP کاهش می‌یابد، غلظت این عنصر در گیاه نیز تنزل پیدا می‌کند.



شکل ۲- اثر سیلیسیوم بر میزان موم کوتیکول برگ گندم

Fig. 2- Effect of silicon on leaf cuticular wax of wheat



شکل ۳- اثر سیلیسیوم بر غلظت پتاسیم در دانه گندم

Fig. 3- Effect of silicon on grain potassium of wheat

براساس نتایج این آزمایش کاربرد ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم دانه (به ترتیب برابر با ۱۴ و ۱۷ درصد) نسبت به شاهد شد. نتایج شکل ۳ وجود رابطه مثبت بین مقدار کاربرد سیلیسیوم و غلظت پتاسیم در دانه را نشان می‌دهد.

گزارش شده که کاربرد سیلیسیوم در تنش خشکی، باعث فعالیت بیشتر آنزیم H^+-ATP_{ase} موجود در غشاء پلاسمایی ریشه و H^+-PP_{ase} در تونوپلاست ریشه، و در نتیجه جذب و انتقال بیشتر پتاسیم و افزایش غلظت پتاسیم در گیاه می‌شود (Kaya et al., 2006). به‌علاوه، کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی، و پتاسیم باعث می‌شود که روزنه‌ها به طور مطلوب به وظایف خود عمل کنند و فرایند فتوسنتز بدون اختلال انجام بگیرد (Ahmad et al., 2011).

نتایج آزمایشات مختلف حاکی از این بود که در شرایط تنش خشکی گیاه جهت افزایش غلظت محلول داخل سلول مقدار بیشتری سیلیسیوم جذب می‌کند (Tuna et al., 2008). براساس نتایج این آزمایش با افزایش تنش خشکی، اثر سیلیسیوم بر غلظت آن بیشتر و معنی‌دار شد. کاربرد ۳۰ میلی‌گرم سیلیسیوم در هکتار در شرایط تنش ملایم و شدید باعث افزایش غلظت سیلیسیوم در برگ پرچم به ترتیب ۳۳/۴ و ۳۵/۴ درصد نسبت به تیمار بدون سیلیسیوم گردید. همچنین تیمارهای تنش ملایم بدون کاربرد سیلیسیوم تأثیر معنی‌داری بر غلظت سیلیسیوم نداشت، اما تنش شدید باعث افزایش معنی‌دار آن (۲۴/۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد گردید. بنابراین، نتایج نشان‌دهنده رابطه مثبت معنی‌داری بین سطوح تنش و سیلیسیوم بر غلظت سیلیسیوم در برگ پرچم می‌باشد، به‌طوری‌که بیشترین غلظت این عنصر در شدیدترین تنش و بیشترین مقدار کاربرد سیلیسیوم و کم‌ترین مقدار آن از پایین‌ترین سطوح دو تیمار حاصل گردید (جدول ۴). نتایج آزمایشات محققان (Tuna et al., 2008; Chen et al., 2010; Ahmad et al., 2011) روی گیاهان مختلف نشان داد که کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش غلظت آن در اندام هوایی گیاه می‌گردد، که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد.

بررسی‌ها نشان داده‌اند که در برخی موارد که بخشی از ریشه در معرض کمبود آب قرار می‌گیرد، توسعه برگ‌ها بدون هیچ تغییری در وضعیت آب برگ، کاهش پیدا می‌کند. مشخص شده است که این اثر غیر هیدرولیکی در رشد برگ توسط یک پیام شیمیایی که از ریشه منشاء می‌گیرد و از طریق آوندهای چوبی به بخش هوایی انتقال پیدا می‌کند، القاء می‌گردد و باعث کاهش اندازه اندام هوایی می‌شود. همچنین گزارش شده است که وقتی ریشه در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد علائمی منتشر می‌کند که سبب کاهش رشد برگ‌ها شوند که به نظر می‌رسد این واکنش به‌عنوان یک راهبرد سازگاری به خشکی مفید باشد، زیرا یک رشد مهار نشده می‌تواند باعث تخلیه سریع آب خاک شود که این شرایط منجر به خشکی شدید در مرحله رسیدن دانه‌ها خواهد شد (Khazaie & Kafi, 2003).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین و کم‌ترین نسبت اندام هوایی به ریشه در تیمارهای به ترتیب شاهد (۳/۴۵) و تنش خشکی بدون کاربرد سیلیسیوم (۱/۲۲) مشاهده شد. در شرایط بدون تنش کاربرد سیلیسیوم باعث کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه شده است. کاربرد سیلیسیوم اثر معنی‌داری بر اندام هوایی در شرایط بدون تنش نداشت و به نظر می‌رسد کاهش این نسبت به دلیل افزایش وزن خشک ریشه می‌باشد. در شرایط تنش ملایم بدون کاربرد سیلیسیوم، نسبت اندام هوایی به ریشه به اندازه ۳۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت، اما کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش معنی‌دار این نسبت گردید، به طوری که مقادیر ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم باعث افزایش به ترتیب ۱۷ و ۲۰ درصد این نسبت شده است. همچنین این مقادیر در تنش شدید باعث افزایش معنی‌دار آن به‌ترتیب ۳۵/۵ و ۳۷ درصدی نسبت به تیمار تنش شدید بدون سیلیسیوم گردید. نتایج نشان‌دهنده وجود روابط مثبت بین مقادیر سیلیسیوم و نسبت اندام هوایی به ریشه در شرایط تنش ملایم و شدید

می‌باشد (جدول ۴).

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که در شرایط تنش، تغییرات نسبت اندام هوایی به ریشه زیاد می‌باشد و این تغییرات ناشی از تغییر در اندام هوایی می‌باشد و این بیان می‌کند که سیلیسیوم از طریق جذب و رسوب در اندام گیاه، بر روی اعمال حیاتی مانند تبخیر و تعرق، فتوسنتز و رشد اثر گذاشته و در حضور آن افزایش اندام‌های انجام دهنده این فعالیت‌ها افزایش می‌یابد و این نسبت افزایش می‌یابد.

همبستگی صفات

نتایج همبستگی بین صفات در جدول ۵ نشان داد که میزان نشت الکترولیتی با صفات فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، پتاسیم دانه و نسبت اندام هوایی به ریشه دارای همبستگی منفی معنی‌داری می‌باشد. با افزایش میزان نشت الکترولیتی از سلول، بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن دچار اختلال می‌شود و رشد گیاه به دلیل کاهش پایداری غشاء، کاهش می‌یابد به همین دلیل در این شرایط نسبت اندام هوایی به ریشه دارای رابطه منفی با میزان نشت (**۰/۹۰= r^2) می‌باشد. همچنین نسبت اندام هوایی به ریشه دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بالایی با فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و غلظت پتاسیم دانه می‌باشد، اما رابطه آن با سایر صفات منفی می‌باشد. با توجه به نتایج مقایسات میانگین‌ها، صفات پرولین برگ، موم کوتیکول و غلظت سیلیسیوم در برگ پرچم در اثر تنش افزایش و کاربرد سیلیسیوم نیز باعث افزایش معنی‌دار آن‌ها شده است به همین دلیل دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بالایی با همدیگر می‌باشند و نشان‌دهنده تغییرات مشابه این صفات تحت تیمارهای آزمایشی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار صفات فیزیولوژیکی مانند فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، غلظت پتاسیم در دانه و نیز نسبت اندام هوایی به ریشه و افزایش معنی‌دار مقدار پرولین سلول، موم کوتیکول و غلظت سیلیسیوم برگ پرچم نسبت به تیمار بدون تنش گردید. همچنین در شرایط تنش غشاء سلول دچار آسیب شدید شده و نشت مواد از داخل سلول به بیرون به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به عبارت دیگر، پایداری غشاء کاهش یافته است. کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش از طریق تأثیر بر برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی باعث بهبود رشد و تحمل گیاه به تنش خشکی شده است. نتایج نشان داد که در اثر اعمال تنش خشکی و نیز کاربرد سیلیسیوم، میزان این عنصر در برگ گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به‌علاوه این عنصر از طریق رسوب در داخل سلول و افزایش غلظت آن، سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و موم کوتیکول شده است. بنابراین، می‌توان بیان نمود که کاربرد سیلیسیوم: ۱) از طریق جذب و رسوب در غشاء سلولی، سبب سخت و سیلیسی شدن آن می‌شود. این امر باعث می‌شود که در شرایط تنش، غشاء سلول، پایداری خود را حفظ کند و میزان نشت مواد الکترولیتی به‌طور معنی‌داری کاهش یابد.

جدول ۵- نتایج همبستگی بین صفات مورد بررسی گندم

Table 5- Correlation coefficients between measured traits in wheat

صفات فیزیولوژیکی Physiological characteristics	1	2	3	4	5	6	7
۱) نشت الکترولیتی 1) Electrolyte leakage	1						
۲) مقدار پرولین 2) Proline content	0.73 **	1					
۳) سوپراکسیددیسموتاز 3) Superoxide dismutase	-0.68 **	-0.34 *	1				
۴) موم کوتیکول 4) Cuticular wax	0.57 **	0.87 **	-0.26 ns	1			
۵) پتاسیم دانه 5) Grain potassium	-0.72 **	-0.38 *	0.65 **	-0.18 ns	1		
۶) سیلیسیوم برگ 6) Leaf Si concentration	0.42 *	0.83 **	-0.01 ns	0.78 **	-0.11 ns	1	
7) نسبت اندام هوایی به ریشه 7) Shoot/root	-0.90 **	-0.74 **	0.70 **	-0.68 **	0.68 **	-0.48 **	1

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

ns, * and **, not significant and significant at 5% and 1% probability levels respectively.

۲) سبب افزایش مقدار موم کوتیکول می‌گردد و در نتیجه کاهش میزان خروج آب از برگ از طریق تبخیر و تعرق و ادامه رشد گیاه. ۳) باعث افزایش غلظت پتاسیم در گیاه. این کار از طریق تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های جذب کننده پتاسیم در ریشه صورت می‌گیرد. در نهایت، به نظر می‌رسد که سیلیسیوم از طریق تأثیر بر برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه سبب افزایش تحمل و رشد گیاه می‌گردد. نکته‌ای قابل ذکر این است که تأثیر مثبت سیلیسیوم بر عملکرد گیاهی در شرایطی که گیاه تحت شرایط تنش قرار داشت بسیار بیشتر و چشمگیرتر از زمانی بود که گیاه تحت شرایط بدون تنش رشد کرده بود. پس می‌توان بیان نمود که در گندم در شرایط تنش خشکی، سیلیسیوم یک عنصر ضروری و حضور مقدار کافی از آن بقای گیاه را تضمین می‌کند. همچنین به دلیل فراوان بودن آن و عدم آلودگی محیط زیست، استفاده از این عنصر در شرایط مشابه تنش‌زا توصیه می‌گردد.

منابع

1. Ahmad, M., Hassen, F., Qadeer U., and Aslam, A. 2011. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. African Journal of Agricultural Research 6(3): 594-607.
2. Alizadeh, A. 2008. Soil and Plant Water Relations. Compilation. Publication of Imam Reza, Mashhad, Iran. p. 132-146. (In Persian)
3. Amirabadi, M., Seifi, M., Rejali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the concentration of macroelements in forage mays (*Zea mays* L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and Azotobacter chroococcum under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 4(1): 33-40.
4. Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances 27: 84-93.
5. Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
6. Behtash, F., Tabatabayi, S.J., Malekoti, M.J., Seroraldin, M.H., and Ostan, S. 2010. Effect of cadmium and silicon on growth and some physiological characteristics of beet. Journal of Sustainable Agriculture 2(1): 153-167. (In Persian)
7. Chen, W., Yao, X., Cai, K., and Chen, J. 2010. Silicon alleviates drought Stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological Trace Element Research 142: 67–76.
8. Elliot, C.L., and Snyder, G.H. 1991. Autoclave-induced digestion for the calorimetric determination of silicon in rice straw. Journal of Agricultural and Food Chemistry 39: 1118-1119.
9. Epstien, E. 1999. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 50: 641-664.
10. Giannopolitis, C.N., and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309-314.
11. Gong, H.J., Chen, K.M., Chen, G., Wang, S., and Zhang, C.L. 2005. Effects of Silicon on Growth of Wheat under Drought. 13th International Soil Conservation Organisation Conference–Brisbane, July, p. 10-11.
12. Kaya, C., Tuna and, L., Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown.under water - stress condition. Journal of Plant Nutrition 29: 1469-1480.
13. Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 1(1): 33-42. (In Persian with English Summary)
14. Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W., and Ding, R. 2007. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barely (*Hordeum vulgar* L.). Journal of Plant Physiology 160: 1157-1164.
15. Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals Botany 78: 389–398.
16. Ma, J.F., and Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends in Plant Science 11(8): 22-28.
17. Mansourifar, S., Modarres Sanavy, A.M., and Jalali Javaran, M. 2005. Effect of drought stress and nitrogen deficit on quality and quantity of soluble proteins in maize (*Zea mays* L.) leaf. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36(3): 625-326. (In Persian with English Summary)
18. Mohammadi, A.A., Majid, A., Bihamta, M.R., and Heydari sharifabadi, H. 2006. Evaluation of drought stress on the morphological characteristics of cultivated wheat varieties. Journal of Research and Development 73: 184-192. (In Persian)
19. Tale Ahmad, S., and Haddad, R. 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. Journal of Genetics and Plant Breeding 47(1): 17-27.
20. Tuna, A.L., Kaya, C., Higgs, D., Murillo-Amador, B., Aydemir, S., and Girgin, A.R. 2008. Silicon improves

salinity tolerance in wheat plants. Environmental and Experimental Botany 62: 10–16.
21. Valdiani, A.R., Hassanzadeh, A., and Tajbakhsh, M. 2005. Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Research and Development 66: 25-33. (In Persian with English Summary)
22. Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., and Yu, J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of salt- stressed cucumber. Journal of Plant Science 167: 527-533.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۵۱-۴۴۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 443-451

اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.)

علی قنبری[۱]، زهره قویدل[۲]، رضا قربانی[۳] و قدریه محمودی[٤*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر تنوع، تراکم و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی با چهار تیمار با سطوح مختلف آب آبیاری (۶۱۳۰، ۷۲۹۰، ۸۸۰۰ و ۱۲۳۳۰ مترمکعب) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز در چهار مرحله (اوائل، اواسط و اواخر دوره بحرانی و زمان برداشت) به روش پیمایشی با الگوی سیستماتیک انجام شد. سپس کلیه گونه‌ها نمونه‌ها به تفکیک، شمارش و ثبت گردید. نتایج این بررسی نشان داد که اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر تنوع گونه‌های مختلف معنی‌دار بود. در اوائل دوره بحرانی بیشترین تنوع در شاخص‌های مختلف مربوط به تیمارهای آبی با حجم ۸۸۰۰ و ۷۲۹۰ مترمکعب و کمترین آن مربوط به تیمارهای آبی با حجم ۱۲۳۳۰ و ۶۱۳۰ مترمکعب بود. در زمان برداشت بیشترین تنوع در شاخص‌های مختلف مربوط به تیمارهای آبی با حجم ۱۲۳۳۰ و ۶۱۳۰ و ۸۸۰۰ مترمکعب و کمترین میزان تنوع در شاخص‌های مختلف مربوط به تیمارهای آبی با حجم ۷۲۹۰ و ۸۸۰۰ و ۶۱۳۰ متر مکعب بود. میزان ثبات پایداری گونه‌های موجود در مزرعه تحت شرایط مختلف آبیاری دچار تغییر شد؛ به‌طوری‌که بیشترین پایداری در کمترین میزان آبیاری بود و بیشترین تعداد گونه‌های ناپایدار در بیشترین میزان آب آبیاری مشاهده شد، اما غالبیت گونه‌ای چنین تأثیرپذیری در مقابل تغییرات آب آبیاری نشان نداد. به‌طور کلی، پاسخ گونه‌ها به تغییرات سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص سیمپسون، شاخص شانون، شاخص منهینیک، غالبیت

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی از خانواده غلات با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالا است که در سطح جهانی از نظر میزان تولید بعد از گندم و در رتبه دوم و از نظر سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج در مقام سوم قرار دارد (Khavari Khorasani, 2008). آب عامل مهمی در توسعه‌ی اقتصادی و کشاورزی نه تنها در ذرت بلکه در اکثر محصولات زراعی عمده نظیر گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت در سطح جهان است و عامل محرک اصلی کشاورزی به‌شمار می‌رود. به همین دلیل حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری محصولات کشاورزی اختصاص یافته است (Ehsani & Khaledi, 2003) که یکی از دلایل این رقم بالا، عدم استفاده از شیوه‌های صحیح آبیاری و هدر رفت زیاد آب می‌تواند باشد. از طرفی، در بوم-نظام‌های کشاورزی، گیاهان زراعی از جمله ذرت، به‌شدت متأثر از رقابت با علف‌های‌هرز بر سر آب، عناصر غذایی، نور و دی‌اکسیدکربن می‌باشند (Hossaini, 2005). تا حدی که امکان غالبیت علف‌های-هرز بر گونه‌های زراعی وجود دارد، استفادهٔ کارآمد از منابع، تنوع گونه‌ای بالا، غالبیت و پایداری در مقابل تغییرات محیطی و تغییرات زمانی و مکانی علف‌های‌هرز از نظر سبز شدن سبب برتری علف-های‌هرز در مقابل گیاهان زراعی می‌شود (Ma et al., 2002). علف-های هرز یکی از مؤلفه‌های مهم تنوع گونه‌ای بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشند (Magurran, 1988). با توجه به آن‌که شاخص‌هایی نظیر تنوع و غنای گونه‌ای، معیار مناسبی برای تعیین توان اکولوژیکی بوم-نظام‌ها و ارزیابی و مقایسهٔ آنها در بعد مکان و زمان می‌باشند (Ravanbakhsh et al., 2007)، تنوع گونه‌ها در جوامع گیاهی به-ویژه در بوم‌نظام‌های کشاورزی از جایگاه مهمی برخوردار است. این مسئله در برخی مطالعات نیز گزارش شده است. به‌عنوان مثال، تنوع گیاهی در مدیریت خاک بوم‌نظام، توانسته است سبب تغییر روند نحوه مدیریت شود (Derksen et al., 1993). به‌نظر می‌رسد که تنوع مناسب در جوامع گیاهی با عملیات زراعی مختلف قابل دستیابی باشد (Derksen et al., 1995; Van Gessel et al., 2004; Légère et

۱، ۲، ۳ و ۴ – به‌ترتیب دانشیار، کارشناس ارشد، استاد و دانشجوی دکترای دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: gh.mahmoudi@stu-um.ac.ir (Email:

(al., 2005). تنوع و اندازه جمعیت‌های علف‌های‌هرز متأثر از عوامل زنده و غیرزنده متعددی است (Shrestha et al., 2002; Goudy et al., 2001). به‌عنوان مثال، پوگیو اظهار داشت که ساختار جوامع و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز توسط عوامل محیطی و مدیریتی، رقابت بین گونه‌های علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی و رقابت درون گونه‌ای علف‌های‌هرز تعیین می‌شود (Poggio, 2005). برخی از محققین گزارش کردند که در تابستان‌های مرطوب و زمستان‌های خشک در مزارع گیاهان زراعی مختلف، گونه‌های چهار کربنه افزایش داشتند، در حالی‌که در تابستان‌های خشک و زمستان‌های مرطوب فراوانی گونه‌های سه‌کربنه افزایش بیشتری نشان دادند (Paruelo & Lauenroth, 1996). به‌طورکلی، افزایش تنوع، سبب تفکیک بهتر آشیان اکولوژیکی در بوم نظام می‌شود و این امر سبب اختصاصی‌تر شدن گونه‌های موجود می‌شود، اما در نظام‌های کشاورزی، افزایش تنوع تا سطحی که منجر به کاهش عملکرد گیاهان زراعی نشود، قابل تحمل است. بنابراین، هر گیاه زراعی می‌تواند در محیطی که کاملاً با نیازهای اختصاصی آن منطبق است، رشد کند. همچنین بالا بودن تنوع، امکان برقراری انواع روابط مفید بین جمعیت علف‌خواران و شکارچیان آنها را فراهم می‌کند. تنوع زیاد معمولاً باعث بهبود کارایی استفاده از منابع در اکوسیستم زراعی بالاخص آب می‌شود (Nassiri et al., 2007). با توجه به این‌که متوسط بارندگی سالیانه جهان ۸۶۰ میلی‌متر گزارش شده است، کشور ایران با متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۴۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. علاوه بر کمبود باران، توزیع زمانی و مکانی آن نیز بسیار غیریکنواخت است، به‌طوری‌که حتی مزارع موجود در پرباران‌ترین نقاط کشور نیز در فصل تابستان نیاز به آبیاری وجود دارد. بنابراین، مصرف بهینه آب در ایران بسیار حائز اهمیت است (Koohi, 2004). لذا این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر تنوع، تراکم و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت پیمایشی[1] با چهار تیمار اجرا شد (Mahmoudi, 2010). تیمارهای آزمایشی سطوح مختلف آب آبیاری که شامل ۶۱۳۰، ۷۲۹۰، ۸۸۰۰ و ۱۲۳۳۰ متر مکعب بود. در این آزمایش از سیستم آبیاری قطره‌ای از نوع رول‌تیپ[2] استفاده شد. فاصلهٔ بین ردیف‌های ذرت ۷۰ سانتی‌متر منظور شد. کاشت ذرت (رقم هیبرید سینگل گراس ۷۰۴) درنیمهٔ دوم اردیبهشت ماه (۳۱ اردیبهشت) به‌صورت کپه‌ای انجام گرفت و پس از رسیدن گیاهان به مرحلهٔ ۴-۲ برگی، برای دستیابی به تراکم ۷۰۰۰۰ بوته در هکتار، عمل تنک کردن صورت گرفت. در طی فصل رشد گیاه ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به صورت سرک و در دو نوبت به مزرعه داده شد. جهت مبارزه با کرم ساقه‌خوار ذرت نیز از سم دیازینون ۰/۰۰۱ در تیر ماه استفاده شد. در رابطه با علف های هرز هیچ گونه مدیریت خاصی در تیمارهای مختلف انجام نگرفت.

نمونه‌گیری در چهار مرحله شامل اوایل (۱۶ تیر ماه)، اواسط (۲۷ تیر ماه)، اواخر (مرداد ماه) و در زمان برداشت ذرت (۱۵ مهرماه) صورت گرفت. دورهٔ بحرانی در شرایط آب و هوایی مشهد برای ذرت بین ۲۰ تا ۵۶ روز پس از کاشت (۱۴-۴ برگی) گزارش شده است (Abasspor & Rezvani Moghadam, 2004) و این مسئله مبنای نمونه‌گیری در این آزمایش بود. جهت نمونه‌برداری از علف‌های هرز مزرعه، از کوآدراتی با ابعاد ۲۱۰×۲۰ سانتی‌متر مربع استفاده شد که در هر کوادرات سه بوته ذرت به همراه علف‌های هرز مجاور آن از روی سه ردیف همجوار برداشت شد. سپس علف‌های هرز هر کوادرات به تفکیک نوع گونه شمارش شد. شاخص‌های محاسبه شده در این آزمایش شانون (Shannon & Weaver, 1949)، مارگالف (Margalef, 1958)، منهینیک (Manhinick, 1963) و سیمپسون (Moriseta, 1979) بودند. برای محاسبه شاخص شانون از معادله (۱) استفاده شد:

$$H' = -\sum p_i \times \ln p_i \quad P_i = {}^{Ni}/_{N}$$ معادله (۱)

که در آن H' : شاخص شانون ($0 \le H'$)، n: تعداد i امین گونه و N: تعداد کل افراد می‌باشد. مقدار P_i: نشاندهندهٔ فراوانی نسبی یک گونه است (Shannon & Weaver, 1949). شاخص مارگالف نیز به وسیلهٔ معادلهٔ (۲) محاسبه شد.

$$M = S-1/\ln N$$ معادله (۲)

که در آن، M: شاخص غنای گونه‌ای مارگالف، S: تعداد گونه و N: تعداد کل افراد گونه‌ها می‌باشد (Margalef, 1958). جهت محاسبه شاخص منهینیک از معادله (۳) استفاده شد.

$$Dmn = S / \sqrt{N}$$ معادله (۳)

که در این معادله Dmn: شاخص منهینیک، S: تعداد کل گونه‌ها و N: تعداد کل افراد در نمونه می‌باشد (Manhinick, 1963). جهت محاسبهٔ سیمپسون نیز از معادلهٔ (۴) استفاده شد.

$$D = \sum ni\,(n_i - 1) / N\,(N - 1)$$ معادله (۴)

1 - Interval mapping

2- Roll tube

که در این معادله، D: مقدار شاخص، n_i: تعداد افراد در گونهٔ iام و N: تعداد کل افراد می‌باشد (Moriseta, 1979). جهت بررسی میزان ثبات و استقرار هر گونه، ضریب ثبات[1] در یک بیوسنوز یا یک اکوسیستم به‌کار برده شد که طبق معادلهٔ (۵) محاسبه شد.

معادله (۵) $S_i = \rho / P * 100$

که در این معادله، ρ: تعداد نمونه‌هایی که گونهٔ مورد مطالعه در آن وجود دارد. P: تعداد کل نمونه‌های برداشت شده بر حسب مقدار S_i: می‌باشد. براساس این معادله گونه‌های پایدار گونه‌هایی هستند که در بیش از ۵۰ درصد نمونه‌ها دیده می‌شوند. گونه‌های موقتی گونه‌هایی هستند که در بیش از ۲۵ درصد تا ۵۰ درصد، نمونه‌ها دیده می‌شوند و گونه‌های اتفاقی گونه‌هایی هستند که در کمتر از ۲۵٪ نمونه‌ها دیده می‌شوند (Ardakani, 2001).

به منظور تعیین غالبیت یک گونه در یک جامعه می‌توان از فرمول تعیین شاخص تمرکز غالبیت (Moriseta, 1979) طبق معادله (۶) استفاده کرد.

معادله (۶) $C = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$

جهت ترسیم نمودارها و محاسبه شاخص‌ها از نرم‌افزارهای Excel و Optiwat استفاده شد.

نتایج و بحث

در مجموع گونه‌های مشاهده در مزرعه ذرت ۱۰ گونه علف‌هرز، متعلق به هشت خانواده در چهار مرحله نمونه‌برداری در مزرعه ذرت مشاهده شد که سه گونه جزء علف‌های هرز باریک‌برگ و هفت گونه دیگر متعلق به علف‌های هرز پهن‌برگ بودند و به‌جز گونه‌های اویار سلام (*Cyperus rotundus* L.) و پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) که چندساله‌اند سایر گونه‌های مورد مشاهده یکساله بودند (جدول ۱). نتایج این مطالعه نشان داد که به‌ترتیب، گونه‌های خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، پیچک در تمام مراحل نمونه‌برداری بیشتر از سایر گونه‌ها در مزرعه ذرت حضور داشتند (جدول ۱)، زیرا این گونه‌ها جزء علف‌های هرز تابستانه بوده که در دمای بالاتر رویش بهتری دارند.

صرف‌نظر از گونه چندساله پیچک و اویارسلام تمام علف‌های هرز یک‌سالهٔ مشاهده شده، تابستانه بودند. علت این موضوع را می‌توان به واسطهٔ کشت ذرت در بهار و انجام عملیات خاک‌ورزی قبل از کشت و در نتیجه، حذف علف‌های هرز زمستانه دانست. همچنین تراکم تاجریزی در مراحل نمونه‌برداری نسبت به سایر علف‌های‌هرز به‌صورت منظمی در حال افزایش بود؛ به‌طوری‌که در آخرین مرحله نمونه‌برداری تراکم آن بیشتر از ذرت شد. نتیجه برخی تحقیقات دیگر نشان داده است که تاجریزی سیاه در کشت ذرت علوفه‌ای از تراکم بالایی برخوردار بود و در سراسر فصل رشد نیز جوانه‌زنی و سبز شدن آن ادامه پیدا کرد (Kharghani et al., 2003; Ashrafi et al., 2003; Elahi et al., 2010; Mahmoudi et al., 2012). آنها دلیل این مسئله را وجود برخه‌های نوری[2] در طی فصل رشد ذکر کردند. یکی از دلایل حضور موفق این گیاه در مزرعه، دارا بودن کوتیکول ضخیم، توانایی بالا در ذخیرهٔ آب و حساسیت کمتر نسبت به کنترل مکانیکی گزارش شده است (Buhler, 2002).

به‌طور کلی، در اوائل فصل رشد کمترین مقدار جمعیت گونه‌های علف‌هرز مشاهده شد و به مرور زمان تعداد آنها افزایش یافته است. نهایتاً در اواخر رشد مجدداً جمعیت گونه‌های هرز دچار کاهش شد. در انتهای فصل رشد نیز با نامساعد شدن شرایط محیطی جهت رشد علف‌های‌هرز تابستانه جمعیت این گونه‌ها کاهش می‌یابد (جدول ۱).

همچنین نتایج نشان داد که تراکم تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S.Wats)، اویارسلام، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.) و پیچک در اواخر دورهٔ رشد افزایش و در مقابل تراکم علف انگشتی (*Digitaria sanguinalis* L.) و تاج خروس خوابیده کاهش یافت که از این مسئله می‌توان نتیجه گرفت که در اثر حضور بیشتر گونه‌های تاج خروس خوابیده، اویارسلام، خرفه، تاجریزی و پیچک، حضور دیگر گونه‌ها دچار کاهش شده است نیز گونه‌های سوروف (*Echinochloa crus-galli* L. Beauv) و دم روباهی (*Setaria viridis* L. Beauv) در طول مراحل نمونه‌برداری، روند مشخصی را نشان ندادند (جدول ۱). می‌توان این احتمال را در نظر گرفت که توان رقابتی ذرت در اواخر دورهٔ رشد روی گونه‌های تاج خروس خوابیده، اویارسلام، خرفه، تاجریزی و پیچک اثر تعدیل‌کننده داشته است و با اعمال اثر رقابتی منفی بیشتر بر روی گونه‌های انگشتی، تاج خروس خوابیده موجب افزایش جمعیت آنها شده است. البته بانک بذر[3] نیز می‌تواند در این رابطه مؤثر باشد (Mahmoudi et al., 2012) و با توجه به نتایج به‌دست آمده احتمال می‌رود که این مسئله ناشی از پویایی بانک بذر گونه‌های فوق‌الذکر باشد که این امر بدلیل فراهمی شرایط و منابع، مورد نیاز گونه‌های غالب و در نتیجه افزایش جمعیت آنها باشد.البته شرایط کشت، نوع گیاه زراعی (تابستانه و یکساله)، فراهمی منابع مختلف مورد نیاز گونه‌های مختلف همچون کود نیتروژن و آب آبیاری، شرایط متفاوت در میکروکلیماهای سطح مزرعه و توان بهره‌برداری گونه‌های مختلف علف‌هرز نیز می‌تواند در حضور گونه‌های

1- Stability

2- Sun flacks

3- Seed bank

مختلف در مزرعه مؤثر باشد.

جدول ۱- وفور نسبی گونه‌های مختلف موجود در سطوح متفاوت آب آبیاری در چهار مرحله نمونه‌برداری

Table 1- Relative density of species in different levels of irrigation in four stage sampling

مشخصات گونه های علف هرز Weed species characters			وفور نسبی در مراحل مختلف نمونه برداری Density on steps sampling			
سیکل رویشی Life cycle	گونه‌های علف هرز Weed species	خانواده Family	اولین نمونه-برداری First sampling	دومین نمونه-برداری Second sampling	سومین نمونه‌برداری Third sampling	چهارمین نمونه‌برداری Fourth sampling
AB	*Amaranthus blitoides* S.Wats	Amaranthaceae	0.053	0.037	0.025	0.051
AB	*Amaranthus retroflexus* L.	Amaranthaceae	0.003	0.009	0.038	0.014
AB	*Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	0.029	0.059	0.049	0.059
PB	*Convolvulus arvensis* L	Convolvulaceae	0.101	0.218	0.259	0.227
PG	*Cyperus rotundus* L.	Cyperaceae	0.093	0.140	0.038	0.056
AG	*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop	Poaceae	0.017	0.021	0.018	0.034
AG	*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv	Poaceae	0.011	0.031	0.020	0.025
AB	*Portulaca oleracea* L.	Portulacaceae	0.119	0.246	0.336	0.199
AB	*Setaria viridis* (L.) Beauv	Poaceae	0	0.003	0	0.002
AB	*Solanum nigrum* L.	Solanaceae	0.059	0.059	0.067	0.168
AB	*Zea mays* L.	Poaceae	0.111	0.174	0.145	0.159

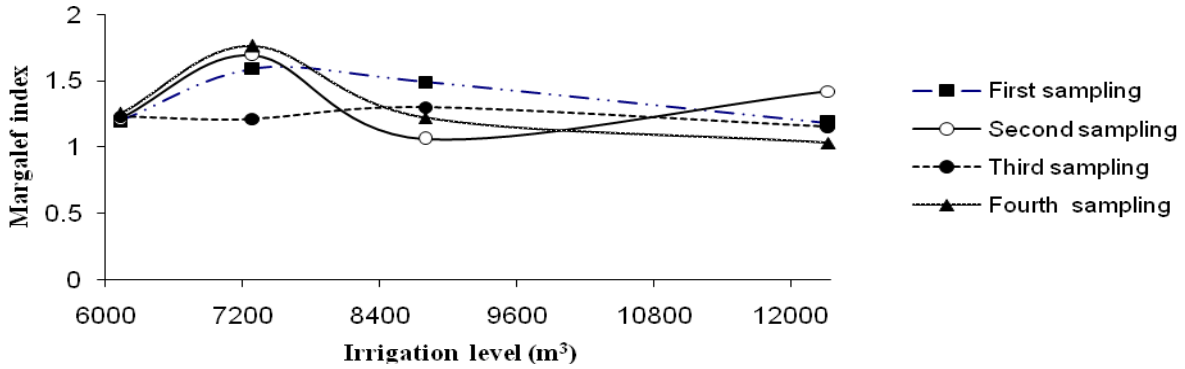
چندساله پهن برگ (PB)، چندساله باریک برگ (PG)، یکساله باریک برگ (AG) و یکساله پهن برگ (AB)

Perennial broad leaves (PB), Perennial grasses (PG), Annual grasses (AG) and Annual broad leaves (AB)

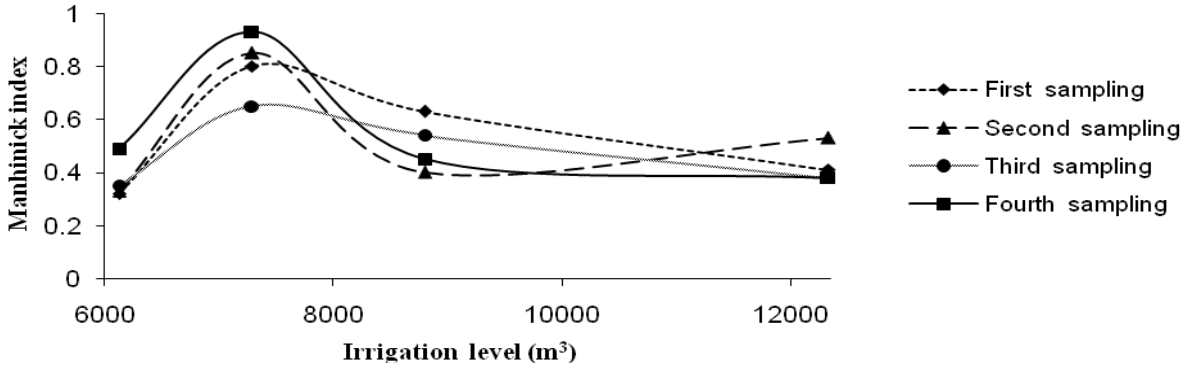
شاخص‌های تنوع

نتایج این آزمایش نشان داد که با تغییر حجم‌های آب آبیاری در مراحل نمونه‌برداری شاخص مارگالف و منهینیک به‌طور مشابهی تحت تأثیر قرار گرفتند، به‌طوری‌که در مرحله اول، دوم و چهارم نمونه‌برداری، با افزایش مقدار آب آبیاری از تیمار حداقل (۶۱۳۰ مترمکعب) به میزان ۷۲۹۰ متر مکعب آب آبیاری، مقدار شاخص مارگالف و منهینیک افزایش یافتند، امّا با افزایش بیشتر از ۷۲۹۰ متر مکعب میزان آب آبیاری، مقدار این شاخص‌ها کاهش یافت. در نتیجه شاخص مارگالف و منهینیک تا حدی (از ۶۱۳۰ به ۷۲۹۰ مترمکعب) تابع میزان آب آبیاری بوده و بیشتر از این میزان آب آبیاری، تنوع گونه‌ای براساس این شاخص‌ها دچار کاهش می‌شود. می‌توان گفت با افزایش هر چه بیشتر آب آبیاری، غالبیت برخی گونه‌های رطوبت-پسندتر همچون تاجریزی حادث شده و حضور دیگر گونه‌ها را دچار کاهش ساخته و در نتیجه میزان شاخص مارگالف و منهینیک نیز کاسته شده است (شکل‌های ۱ و ۲)، اما در مرحله سوم نمونه‌برداری این روند مشابه سایر مراحل نمونه‌برداری نبود. بلکه با افزایش میزان آب آبیاری تا حد ۸۸۰۰ مترمکعب، شاخص مارگالف افزایش یافت و در بیشترین میران آب آبیاری کاهش شاخص مارگالف مشاهده شد (شکل ۱و ۲). در مطالعات دیگر نیز محققین (Mirzai et al., 2007; Azizi et al., 2009) تنوع گونه‌ای را متأثر از ارتفاع، توپوگرافی، شیب و جهت آن، میزان نور، شدت چرا، نحوهٔ انجام عملیات کشاورزی و نوع گیاه زراعی حتی نوع منبع غذایی نیز دانسته‌اند. در مطالعه‌ای دیگر، محمودی و همکاران (Mahmoudi et al., 2010) شاخص تنوع مارگالف علف‌های هرز تحت تأثیر تراکم ذرت قرار نگرفت. در این مطالعه بیشترین میزان شاخص مارگالف در مرحله دوم نمونه‌برداری (تیمار ۷۲۹۰ مترمکعب آب آبیاری) و کمترین میزان شاخص مارگالف در مرحله چهارم (تیمار بیشترین مقدار آب آبیاری) مشاهده شد (شکل ۱)، امّا در شاخص منهینیک، در مراحل چهارم و اول نمونه‌برداری به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار و در تیمارهای آب آبیاری (۶۱۳۰، ۷۲۹۰ مترمکعب) مشاهده شد (شکل ۲).

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که در مرحله اول نمونه-برداری، میزان شاخص شانون، با افزایش میزان آب آبیاری تا تیمار ۸۸۰۰ متر مکعب افزایش یافت (شکل ۳)، اما در بیشترین میزان آب آبیاری از میزان شاخص شانون کاسته شد. در سایر مراحل نمونه-برداری روند خاصی با تغییر میزان آب آبیاری در شاخص شانون ملاحظه نشد. می‌توان گفت در مراحل اولیه دوره رشد نسبت به مراحل بعدی رشد، حضور و جوانه‌زنی بذور گونه‌های مختلف، بیشتر تحت تأثیر میزان آب آبیاری قرار گرفت. در سایر مراحل رشدی تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص شانون تأثیرپذیری چندانی نسبت به آب آبیاری نخواهند داشت بلکه عوامل دیگری بر میزان حضور گونه‌ها، بر اساس شاخص شانون مؤثر خواهند بود (شکل ۳).

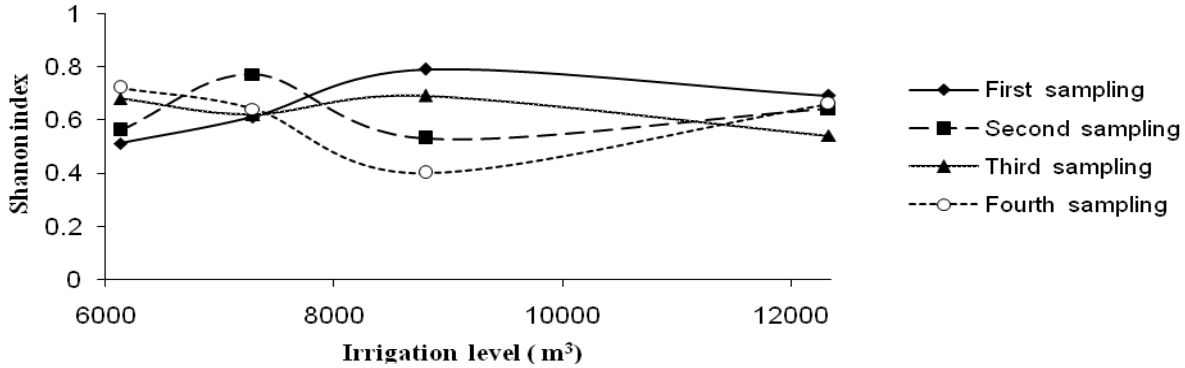


شکل ۱- شاخص تنوع مارگالف علف‌های هرز در مراحل نمونه برداری در سطوح مختلف آب آبیاری مزرعه ذرت
Fig. 1- Margalef index of weeds in sampling stages in different levels of irrigation on corn field

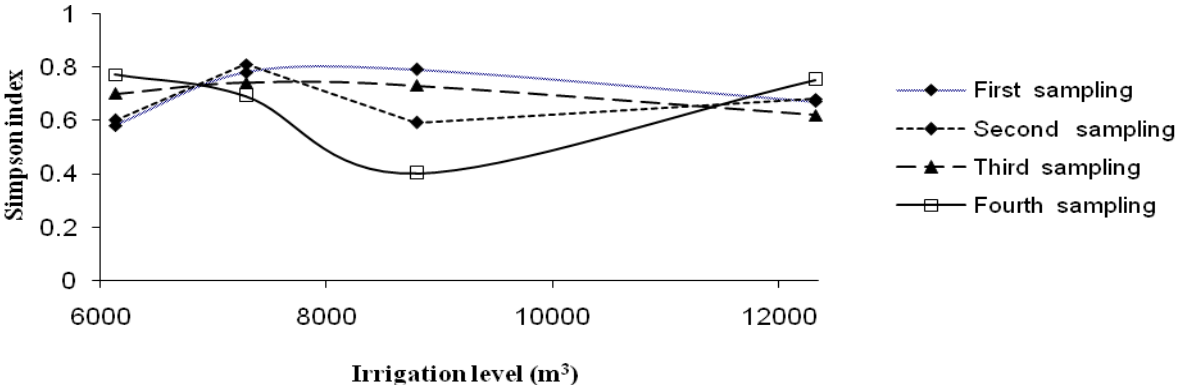


شکل ۲- شاخص تنوع منهینیک علف‌های هرز در دو مرحله نمونه‌برداری در سطوح مختلف آب آبیاری در مزرعه ذرت
Fig. 2- Manhinick index of weeds in four sampling stages in different levels of irrigation on corn field

کمترین و بیشترین میزان شاخص شانون مشابه شاخص مارگالف به‌ترتیب در نمونه‌برداری مرحله‌های چهارم (تیمار ۸۸۰۰ متر مکعب آب آبیاری) و دوم (تیمار ۷۲۹۰ مترمکعب آب آبیاری) مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۳). این مسئله می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر آب آبیاری در مراحل اولیهٔ رشد بر هر دو شاخص تنوع گونه‌ای (شانون و مارگالف) باشد و بر عکس در مراحل انتهایی رشد، میزان آب آبیاری تأثیر چندانی بر تنوع گونه‌ها نداشت.



شکل ۳- شاخص تنوع شانون علف‌های هرز در چهار مرحله نمونه برداری در سطوح مختلف آب آبیاری در مزرعه ذرت
Fig. 3- Shannon index of weeds in four sampling stages in different levels of irrigation on corn field



شکل ٤- شاخص تنوع سیمپسون علف‌های هرز در دو مرحله نمونه برداری در سطوح مختلف آب آبیاری در ذرت
Fig. 4- Simpson index of weeds in four sampling stages and different levels irrigation on corn field

همچنین، جهت بررسی شاخص سیمپسون نتایج این آزمایش نشان داد که مشابه شاخص مارگالف، در مرحله اول نمونه‌برداری افزایش میزان آب آبیاری به میزان ۸۸۰۰ مترمکعب سبب افزایش میزان شاخص سیمپسون شد (شکل ۴) و سپس با افزایش میزان آب آبیاری، میزان شاخص سیمپسون کاسته می‌شود. اما در مرحله دوم و سوم نمونه‌برداری، افزایش میزان آب از کمترین میزان آب آبیاری تا تیمار ۷۲۹۰ مترمکعب سبب افزایش شاخص سیمپسون شد و با افزایش بیشتر آب تغییرات شاخص سیمپسون چندان متأثر از مقدار آب آبیاری نبود. برعکس سایر شاخص‌ها در مرحله چهارم، مقدار این شاخص با افزایش آب آبیاری به‌طور مرتب کاسته شد، اما در بیشترین مقدار آب میزان شاخص سیمپسون کاهش یافت. این مسئله عدم ثبات بوم نظام را در سیستم‌های دستکاری شده توسط انسان تایید می‌کند زیرا میزان تغییرات شاخص‌های تنوع به ثبات محیط زیست آنها بستگی دارد و در واقع بررسی عملکرد و دخالت‌های انسانی در سیستم‌های طبیعی توسط تغییرات و میزان تنوع گونه‌ها ارزیابی می‌شود و ثبات بوم نظام زمانی حاصل می‌شود که گونه‌های تشکیل‌دهنده آن در طی زمان حفظ شوند، در غیر این‌صورت بی‌ثبات خواهد بود (Ardakani, 2001) همچنین مشابه سایر شاخص‌ها بیشترین و کمترین میزان شاخص بترتیب در مراحل اولیه و چهارم و در تیمار ۸۸۰۰ مترمکعب آب آبیاری مشاهده شد (شکل ۴).

همان‌طورکه ذکر شد، ساختار جوامع و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در نتیجه عوامل مختلف و وضعیت رقابتی (بین گونه‌ای، درون گونه‌ای) تعیین می‌گردد (Poggio, 2005) بنابراین فلور[1] علف‌های هرز در بین مزارع، مناطق، شرایط اقلیمی و سیستم‌های کشت مختلف متفاوت است (Dale et al., 1992). به‌طور کلی، وضعیت‌های رطوبتی مختلف در خاک یک عامل عمده تأثیرگذار در فلور علف‌های هرز گزارش شده است (Drost & Moody, 1982) و گونه‌های علف‌هرز پاسخ‌های متفاوتی به تغییرات مختلف رژیم‌های آبی می‌دهند (Tauro, 1970).

ضریب پایداری

در کمترین میزان آب آبیاری اعمال شده، ثبات پایداری گونه‌های پیچک و خرفه نسبت به سایر گونه‌های موجود در مزرعه ذرت، بیشتر بود. در جدول ۲ گونه‌های پایدار، گونه‌های موقتی و گونه‌های اتفاقی علف‌های هرز درمزرعه ذرت ذکرشده است. در تیمار دوم آب آبیاری (۷۲۹۰ مترمکعب) بیشترین ثبات در گونه پیچک و در تیمارآب آبیاری ۸۸۰۰ مترمکعب، بیشترین ثبات در گونه تاجریزی و در بیشترین میزان آب آبیاری اعمال شده پایداری و حضور خرفه نسبت به سایر گونه‌ها بیشتر از سایر گونه‌ها بود (جدول ۲). این مشاهدات با نتایج بدست آمده از وفور نسبی گونه‌ها در جدول ۱ نیز تاحدی همخوانی نشان داد و گونه‌های که حضور و وفور بیشتری داشتند، از ثبات بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۲). به‌طور کلی، ضریب پایداری میزان استقرار هر گونه را در یک بیوسنوز یا بوم نظام نشان می‌دهد که تحت تأثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد به‌عنوان مثال، زمان، منجر به تغییرات مختلف بر روی میزان پایداری می‌شود (Ardakani., 2001)، در حالیکه نوع اقلیم تغییر چندانی در میزان پایداری بوجود نمی‌آورد (Isbell et al., 2009). به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که هر چه روابط متقابل گونه‌ای مطلوب‌تر باشد، پایداری گونه‌ها در طول زمان نیز افزایش می‌یابد.

غالبیت

براساس این آزمایش نتایج نشان داد گونه‌های غالب در سطوح

1- Flora

مختلف آبیاری شامل پیچک در تیمار (۷۲۹۰ مترمکعب) آب آبیاری خرفه در تیمار (۱۲۳۳۰ مترمکعب) آب آبیاری و پیچک در تیمار آب آبیاری (۶۱۳۰ مترمکعب) بودند (جدول ۲).

جدول۲- ضرایب پایداری و غالبیت گونه‌های مختلف علف‌های هرز در مزرعه ذرت

Table 2- Stability coefficients and dominant different species weeds in corn field

گونه‌ها Species	سطوح مختلف آب آبیاری (متر مکعب) Irrigation different levels (m^3)	ضریب پایداری (٪) Stability coefficient (%)	تخمین گونه‌ها براساس ضریب پایداری Assessment of species based on stability index	غالبیت Dominant
			0	
	8800	0	0	0
	7290	0	0	0
اویارسلام	6130	0	گونه اتفاقی (A S)	0
Purple nutsedge	12330	24.72		0.06
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	23.21	گونه اتفاقی (A S)	0.05
تاج خروس وحشی	7290	4.32	گونه اتفاقی (A S)	0.001
Redroot pigweed	6130	6.01	گونه اتفاقی (A S)	0.004
	12330	1.23	گونه اتفاقی (A S)	0.0002
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	3.57	گونه اتفاقی (A S)	0.001
تاج خروس خوابیده	7290	0	گونه اتفاقی (A S)	0
Prostrate pigweed	6130	0.71	گونه اتفاقی (A S)	0.00005
	12330	0.68	گونه اتفاقی (A S)	0.00005
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	30.35	گونه اتفاقی (A S)	0.09
تاجریزی	7290	11.26	گونه اتفاقی (A S)	0.01
Nightshade	6130	2.12	گونه اتفاقی (A S)	0.0005
	12330	4.1	گونه اتفاقی (A S)	0.002
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	19.64	گونه اتفاقی (A S)	0.04
سوروف	7290	0.86	گونه اتفاقی (A S)	0.0001
Barnyard grass	6130	3.89	گونه اتفاقی (A S)	0.002
	12330	2.60	گونه اتفاقی (A S)	0.007
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	8.93	گونه اتفاقی (A S)	0.008
سلمه	7290	13.42	گونه اتفاقی (A S)	0.02
Common lamb's quarters	6130	6.71	گونه اتفاقی (A S)	0.005
	12330	3	گونه اتفاقی (A S)	0.0009
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	3.57	گونه اتفاقی (A S)	0.001
پیچک	7290	61.04	گونه پایدار(A S)	0.37
Field bindweed	6130	49.46	گونه پایدار(A S)	0.24
	12330	4.51	گونه اتفاقی (A S)	0.002
			گونه اتفاقی (A S)	
	8800	3.57	گونه اتفاقی (A S)	0.001
علف انگشتی	7290	0	گونه اتفاقی (A S)	0
Crab grass	6130	4.95	گونه اتفاقی (A S)	0.002
	12330	1.77	گونه اتفاقی (A S)	0.0003

0	0	0	8800	
0	0	0	7290	دم روباهی
0	0	0	6130	Green foxtail
0	0	0	12330	
0.005	گونه اتفاقی (A S)	7.14	8800	
0.008	گونه اتفاقی (A S)	9.09	7290	خرفه
0.06	گونه اتفاقی (A S)	25.44	6130	Garden purslane
0.33	گونه پایدار (S S)	57.38	12330	

* و **: به‌ترتیب گونه اتفاقی (As) و پایدار (Ss)

* and **: are Accidential species (As) and Stable species (Ss), respectively.

در پوشش‌های گیاهی و گونه‌هایی غالب هستند که در نتیجه وفور، رشد و تولید ماده خشک در یک جامعه متمایز و مشخص می‌شوند (Ardakani, 2001). همچنین، در یک مطالعه گزارش شده است که میزان غالبیت در طول زمان متغیر بوده و نسبت این تغییر غیرقابل پیش‌بینی است. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که غالبیت، همبستگی بالایی با میزان سایه‌اندازی گونه‌ها بر هم دارد.

منابع

1. Abbaspoor, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. The critical period of weed control in corn (*Zea mays* L.) at Mashhad, Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 182-195. (In Persian with English Summary)
2. Ardakani, M.R. 2001. Common Ecology. University Press, Tehran, Iran 340 pp. (In Persian)
3. Ashrafi, A., Banayan, M., and Rashed Mohassel, M.H. 2003. Spatial dynamics of weed populations in a corn field using geostatistics. Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 139-154. (In Persian with English Summary)
4. Azizi, G., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effect of plant diversity and nutrient resource on weed competition and density in different cropping systems. Iranian Journal of Field Crops Research 1(7): 125-139. (In Persian with English Summary)
5. Buhler, D. 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science 50: 273-280.
6. Dale, M.R.T., Thomas, A.G., and John, E.A. 1992. Environmental factors including management practices as correlates of weed community composition in spring seeded crops. Canadian Journal of Botany 70: 1931-1939.
7. Derksen, D.A., Lafond, G.P., Thomas, A.G., Loeppky, H.A., and Swanton, C.J. 1993. Impact of agronomic practices on weed communities: tillage systems. Weed Science 41: 409–417
8. Derksen, D.A., Thomas, A.G., Lafond, G.P., Loeppky, H.A., and Swanton, C.J. 1995. Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. Weed Research 35: 311–320.
9. Drost, D.C., and Moody, K. 1982. Effect of Butachlor on Echinochloa glabrescens in wet-seeded rice (*Oryza sativa* L.) Philippines Journal of Weed Science 9: 57-64.
10. Ehsani, M., and Khaledi, H. 2003. Water productivity in agriculture. Nation Irrigation Committee of Iran. Tehran, Iran. (In Persian)
11. Elahi, S., Sadrabadi Haghighi, R., Alimoradi, L. 2010. Evaluation of special, functional and structural diversity of weeds community in pistachios (*Pistacia vera* L.) orchards of Bardaskan County. Agroecology 2 (4): 574 - 586.
12. Goudy, H.J., Bennett, K.A., Brown, R.B and Tardif, F.J. 2001. Evaluation of site-specific weed management using a direct-injection sprayer. Weed Science 49: 359-366.
13. Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., Hossaini, S.A., Mosavi, S.K., and Haj Mohammad Nia Ghalibaf, K. 2009. Weed Sustainable Management. Ferdowsii University Press of Jihad Daneshgahi, Mashhad, Iran 924 pp. (In Persian)
14. Heywood, V.H., and Baste, I. 1992. Global Biodiversity Assessment. UNEP. Cambridge University Press. Cambridge, 980 pp.
15. Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V., and Herberger, J.P. 1997. The world's worst weed: Distribution and biology. University press of Hawaii 609 pp.
16. Hosseini, A. 2005. Investigation of weed control in critical period of corn *(Zea mays* L.) under field condition. MSc Thesis in Weed Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
17. Izadi Darbandi, E., Rashed Mohasel, M.H., Nassiri, M., and Makarian, H. 2003. Evaluation of mechanisms of competition of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) with dry bean (*Phaseolus vulgaris*.L). Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 150- 166. (In Persian with English Summary)
18. Isbell, F., Wayne Polley, I., and Hand Wilsey, J. 2009. Biodiversity, productivity and the temporal stability of productivity: patterns and processes. Ecology Letters 12: 443-451.

19. Khargahani, F., Rashed, M.H., and Nasiri, M. 2003. Evaluation of weed population in different crop rotations and fallow treatments. Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 179-190. (In Persian with English Summary)
20. Khavari Khorasani, S. 2008. Guideline usage of corn *(Zea mays L.)* in (all culture steps). First press. Sarva va Avaye Massih. Publications, University Press of Jihad Daneshgahi, Mashhad, Iran 220 pp. (In Persian with English Summary)
21. Koocheki, A., Kamkar, B., JamiAlahmadi, M., Mahdavi Damghani, A., Farsi, M., Rezvani, P., and Barzegar, A. 2006. Agrodiversity. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 490 pp. (In Persian with English Summary)
22. Koohi, N. 2004. Effects of different levels irrigation and crop density on water used efficiency of *(Zea mays* L.) in different patterns. MSc Thesis in Weed Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23. Légére, A., Stevenson, F.C., and Benoit, D.L. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. Weed Research 45: 303–315.
24. Ma, M., Tarmi, S., and Helenius, J. 2002. Revisiting the species-area relationship in a semi-natural habitat. Floral richness in agricultural buffer zones in Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment 89:137-148.
25. Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. London: croom.179 pp.
26. Mahmoudi, G. 2010. Investigation of weed multiple-species competition and ecological indices at different corn (*Zea mays* L.) densities. MSc Thesis in Weed Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
27. Manhinick, E.F. 1963. Density diversity and energy flow of arthropods in the herb stratum of a lespedeza stand. Unpublished PhD. Thesis, University of Georgia.
28. Margalef, D.R. 1958. Information theory in ecology. General Systems 3: 36–71
29. Mahmoudi, G., Ghanbari, A., and Mohammad Abadi, A.A. 2012. Assessment of corn densities on ecological indices of weed species. Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 685- 493. (In Persian with English Summary)
30. Mirzaei, J., Akbarinia, M., Hosseini, S.M., Sohrabi, H., and Hosseinzade, J. 2007. Biodiversity of herbaceous species in related to physiographic factors in forest ecosystems in central Zagros. Iranian Journal of Biology 4: 382-375. (In Persian with English Summary)
31. Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., Rezvanni Moghadam, P., and Beheshti, A.R. 2007. Agroecology. University Press, Ferdowsi Mashhad, Iran 430 pp. (In Persian with English Summary)
32. Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.
33. Paruelo, J.M., and Lauenroth, W.K. 1996. Relative abundance of plant functional types in grasslands and shrublands of North America. Ecological Applications 6: 1212–1224.
34. Ravanbakhsh, M., Ejtehadi, H., Pourbabaei, H., and Ghoreshi-al-Hoseini, J. 2007. Investigation on plants species diversity of Gisoum Talesh Reserve forest, Gilan province, Iran. Iranian Journal of Biology 3: 218-229.
35. Shannon, C.E., and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana 117 pp.
36. Shrestha, A., Knezevice, S.Z., Roy, R.C., Ball-Coelho, F., and Swanton, C.J. 2002. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. Weed Research 42: 76-87.
37. Tauro, A.C. 1970. Evaluation of weed control practices in transplanted rice. MSc Thesis, University of the Philippines at Los Banos, Laguna, Philippines.
38. Van Gessel, M.J., Forney, D.R., Conner, M., Sankula, S., and Scott, B.A. 2004. A sustainable agriculture project at Chesapeake Farms: a six-year summary of weed management aspects, yield, and economic return. Weed Science 52: 886–896.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۶۱-۴۵۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 452-461

معرفی شاخصی برای ارزیابی خشکی با استفاده از تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

سروناز فرهنگ فر[۱]، جعفر کامبوزیا[۲*]، رضا دیهیم فرد[۲]، سعید صوفی‌زاده[۲] و بابک میرباقری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

استان اصفهان در مرکز ایران واقع شده و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. در سال‌های اخیر کمبود آب در این منطقه شدت گرفته و تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. گندم از جمله محصولات مهم این استان است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های بلندمدت اقلیمی موجود و تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، شاخصی برای ارزیابی خشکی (DEI) در استان ارائه شد و شهرستان‌های مورد مطالعه از نظر شدت خشکی مورد بررسی قرار گرفتند. علاوه بر DEI برای کمّی کردن اثر خشکی، شاخص خشکی (AI) در مقیاس‌های زمانی مختلف در هر شهرستان محاسبه شد. داده‌های اقلیمی و عملکرد دانه‌ی گندم به ترتیب از سازمان هواشناسی کشور و جهاد کشاورزی استان اصفهان جمع‌آوری شدند. جهت حذف اثرات مثبت بهبود ژنتیکی و مدیریت زراعی بر عملکرد گندم، روش هموارسازی نمایی اجرا شد. بر اساس DEI، اصفهان، شهرضا، گلپایگان و نطنز اقلیم نیمه خشک و اردستان، خوروبیابانک، کاشان و نایین اقلیم خشک داشتند. بر اساس AI، شهرستان‌های مورد مطالعه دارای اقلیم خشک بودند. مقدار AI، تنها در گلپایگان درحالی‌که DEI، در اصفهان، شهرضا، گلپایگان، کاشان و نطنز از مقادیر عددی بالاتری برخوردار بودند. نتایج PCA نشان داد که در این شهرستان‌ها درجه حرارت حداکثر (ضریب ۳/۵۱) مهم‌ترین متغیر در تعیین شرایط اقلیمی و میانگین سرعت وزش باد (ضریب ۲/۲۷) نیز بر شرایط اقلیمی این مناطق مؤثر بوده است. همبستگی ضعیف شاخص‌های خشکی محاسبه شده با عملکرد نشان داد که استفاده از سایر شاخص‌های اقلیمی در توجیه نوسانات عملکرد گندم در این استان مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: شاخص خشکی، گندم، هموارسازی نمایی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی است که سطح زیر کشت فراوانی در دنیا دارد .زراعت گندم از سایر غلات اهمیت بیشتری داشته و نزدیک به ۳۰ درصد سطح زیر کشت و کل تولید غلات در جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Feiziasl et al., 2009). در سال‌های اخیر میزان مصرف گندم در کشور رو به افزایش نهاده و از نظر آمارهای بین‌المللی، ایران هشتمین کشور مصرف کننده‌ی گندم دنیا (۱/۶ درصد) با مصرف سرانه‌ی حدود ۱۳۵ کیلوگرم است، درحالی‌که متوسط سرانه‌ی جهانی مصرف گندم ۶۸ کیلوگرم می‌باشد (Salehnia & Falahi, 2010). ۴۰ درصد از اراضی آبی و ۷۰ درصد از اراضی دیم کشور (مجموعاً حدود ۶/۳ میلیون هکتار) زیر کشت این محصول است (Vazifedoust, 2007).

خشکی پدیدهٔ اقلیمی برگشت‌پذیری است که از کمبود بارندگی در یک دوره‌ی زمانی گسترده (یک فصل یا چندین سال) ناشی می‌شود. یک ناحیه‌ی خشک به طور قراردادی به عنوان ناحیه‌ای تعریف می‌شود که بارندگی سالانه‌ی آن از ۲۵۰ میلی‌متر کمتر است (Anynomous, 2012a). کشاورزی بخشی است که به شدت تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد. از دست دادن محصول در یک سال خشک ممکن است از یک سوم تا نصف میانگین عملکرد تجاوز کرده و در بعضی نقاط جهان منجر به کمبود مواد غذایی و سوء تغذیه در سطوح محلی و ناحیه‌ای گردد (Maybank et al., 1994).

برای کمّی کردن خشکی چندین شاخص معرفی شده است. شاخص‌های ارزیابی خشکی بسته به نوع داده‌های مورد استفاده به دو دسته‌ی شاخص‌های هواشناسی و سنجش از دور تقسیم می‌شوند. یکی از شاخص‌های خشکی هواشناسی که به طور گسترده استفاده می‌شود، شاخص بارندگی استاندارد[۴] (SPI) است که توسط مک‌کی و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکترای بوم شناسی زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده‌ی علوم محیطی و مربی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی
(*- نویسنده مسئول: Email: J_kambouzia@sbu.ac.ir)

4- Standard precipitation index (SPI)

همکاران (McKee et al., 1993) با هدف تشخیص و سنجش خشکی‌های محلی ارائه شد. SPI از برازش توزیع گاما بر مقادیر بارندگی سالانه یا مجموع بارندگی در هر بازه زمانی دلخواه به دست می‌آید. برای محاسبه این شاخص، ابتدا با برازش توزیع گاما بر داده‌های بارندگی ماهانه یا مجموع بارندگی در هر بازه زمانی دلخواه، تابع احتمال تجمعی آن را محاسبه نموده سپس با انتقال احتمال تجمعی به‌دست آمده به توزیع تجمعی نرمال استاندارد شده، مقادیر شاخص SPI محاسبه می‌شود. ابرقویی و همکاران (Abarghouei et al., 2011) در مطالعه‌ای SPI را برای تعیین خشکی هواشناسی در مقیاس‌های زمانی متفاوت در ۲۴ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور مورد استفاده قرار دادند. این تحقیق روند خشکی را در ایران بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ توصیف کرد. نتایج این بررسی نشان داد که بخش‌های جنوب شرقی و شمال غربی ایران با روند منفی SPI رو به رو شده و شدت و فراوانی خشکی در این مناطق بیشتر بوده است. شاخص شدت خشکی پالمر[1] (PDSI) شاخص دیگری است که توسط پالمر (Palmer, 1965) به‌عنوان یک شاخص هواشناسی برای تشخیص و ارزیابی شدت پدیده‌ی خشکی معرفی گردیده است. این شاخص سری‌های زمانی ماهانه‌ی بارندگی و درجه حرارت را برای تولید یک مقدار عددی واحد به‌کار می‌برد که نشان دهنده مرطوب بودن و یا خشک بودن یک ماه معین است. بنایان و همکاران (Bannayan et al., 2010)، نیز مطالعه‌ای را برای بررسی شاخص‌های اقلیمی، شاخص خشکی[2] (AI) و عملکرد گندم و جو دیم در شمال شرقی ایران انجام دادند. نتایج، همبستگی قابل توجهی را بین شاخص خشکی و عملکرد محصول به ویژه در بخش مرکزی استان خراسان نشان داد و چنین نتیجه‌گیری شد که شاخص خشکی قادر است نوسانات عملکرد محصول در طول زمان را در مناطق مختلف نشان دهد.

استان اصفهان در مرکز ایران واقع شده و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. در سال‌های اخیر کمبود آب در این منطقه رایج بوده و تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. گندم یکی از محصولات مهم استان است. کل تولید گندم آبی در استان اصفهان ۴۰۰ هزار تن و کل تولید گندم دیم آن حدود ۱۵ هزار تن می‌باشد. با توجه به جایگاه این محصول و شرایط اقلیمی کشور، ارزیابی اثرات خشکی بر عملکرد گندم در کشور به ویژه در نواحی گرم و خشک مرکزی، ضروری می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های شاخص‌های خشکی معرفی شده، به عنوان نمونه روش پیچیده‌ی محاسبه شاخص بارندگی استاندارد، نیاز به داده‌های رطوبت خاک برای برآورد شاخص شدت خشکی پالمر و محاسبه‌ی تبخیر تعرق برای محاسبه شاخص خشکی (AI) که ممکن است در ایستگاه‌های سینوپتیک ثبت نشده باشند، در این مطالعه با استفاده از داده‌های اقلیمی ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک و تکنیک تجزیه مؤلفه‌های اصلی، شاخصی برای ارزیابی خشکی در استان اصفهان و شهرستان‌های مورد مطالعه ارائه شد و شهرستان‌های مورد مطالعه از نظر شدت خشکی مورد بررسی قرار گرفته و طبقه‌بندی شدند. شاخص ارزیابی خشکی، شاخصی محلی بوده و ارائه آن در جهت نقض سایر شاخص‌ها نیست، بلکه شاخص جدیدی است که به دلیل استفاده از تکنیک آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی محاسبه آن ساده‌تر است. این روش آماری همچنین همبستگی میان متغیرهای مورد مطالعه را (در صورت وجود) و چند بعدی بودن داده‌ها، به عبارتی هم واحد نبودن متغیرها را از بین برده و در نهایت حجم و تعداد متغیرها را کاهش می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تعدادی از شهرستان‌های استان اصفهان با مشخصات جغرافیایی ´۴۳ °۳۰ و °۳۴ ´۲۷ عرض شمالی و ´۳۶ °۴۹ تا ´۳۱ °۵۵ طول شرقی به انجام رسیده است (جدول ۱).

در این بررسی ابتدا اقدام به جمع‌آوری داده‌های اقلیمی و عملکرد دانه گندم در شهرستان‌های مورد مطالعه شد. داده‌های اقلیمی بلندمدت ۱۷ ساله (۸۷-۱۳۷۱) از سازمان هواشناسی کشور (شامل میانگین سرعت باد، درجه حرارت‌های حداقل، حداکثر و نقطه‌ی شبنم، تعداد ساعات آفتابی، بارندگی و رطوبت نسبی) و داده‌های مربوط به عملکرد دانه (۱۳۸۸-۱۳۶۸) از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان جمع‌آوری شد. با توجه به محدودیت داده‌های اقلیمی و عدم وجود هم‌خوانی میان داده‌های عملکرد و اقلیم که هر یک مناطق مختلفی را پوشش داده‌اند، هشت شهرستان در استان انتخاب گردید. ملاک اصلی در انتخاب این شهرستان‌ها وجود هم‌زمان داده‌های اقلیمی بلندمدت و عملکرد به همراه پوشش مناسبی از کل استان بود (جدول ۱). بازه‌ی زمانی داده‌های اقلیمی در سه ایستگاه کاشان، اصفهان و خوروبیابانک، داده‌های عملکرد گندم را پوشش می‌دادند، درحالی‌که در پنج ایستگاه دیگر بازه‌ی زمانی داده‌ها از داده‌های عملکرد کوتاه‌تر بودند (۱۷ ساله) که این موضوع داده‌های ۲۰ ساله‌ی عملکرد (۱۳۸۷-۱۳۶۸) را محدود می‌کرد.

بنابراین، با استفاده از برنامه‌ی زیر مدل اطلاعات هواشناسی[3] در مدل DSSAT[4] داده‌های درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی برای این ایستگاه‌ها، تولید شدند تا با بازه‌ی زمانی داده‌های عملکرد هم‌خوانی پیدا کنند.

1- Palmer drought severity index (PDSI)
2- Aridity Index (AI)
3- Weather data manager
4- Decision support system for agrotechnology Transfer

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و داده‌های اقلیمی موجود در شهرستان‌های مورد مطالعه در استان اصفهان

Table 1- Geographical information and available climatic data of studied townships in Isfahan province

شهرستان Township	طول جغرافیایی (درجه) Latitude (degree)	عرض جغرافیایی (درجه) Longitude (degree)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation from sea level (m)	زمان داده‌های اقلیمی موجود Time scale of available climatic date	زمان داده‌های عملکرد Time scale of yield date
اردستان Ardestan	52.38	33.38	1252.4	1992-2008	1989-2009
اصفهان Isfahan	51.66	32.61	1550.4	1976-2008	1989-2009
خوروبیابانک Khoorobiabanak	55.08	33.78	845	1976-2008	1989-2009
شهرضا Shahreza	51.83	31.98	1845.2	1993-2008	1989-2009
کاشان Kashan	51.45	33.98	982.3	1976-2008	1989-2009
گلپایگان Golpaygan	50.28	33.46	1870	1992-2008	1989-2009
نایین Naein	53.08	32.85	1549	1992-2008	1989-2009
نطنز Natanz	51.9	33.53	1684.9	1992-2008	1989-2009

بدین منظور، ابتدا داده‌های اقلیمی واقعی که در ایستگاه‌های هواشناسی سنجیده شده بود، به‌عنوان ورودی در نرم‌افزار تعریف شد و نرم‌افزار بر اساس مشخصات جغرافیایی منطقه (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا)، داده‌های اقلیمی درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر و بارندگی را برای سال‌هایی که داده‌ها ثبت نشده بودند شبیه‌سازی نمود. میزان تشعشع روزانه نیز با استفاده از تعداد ساعات آفتابی و برنامه Photoperiod Calculator شبیه‌سازی شد. این برنامه با استفاده از زبان برنامه نویس C^{++} و توسط محققین واحد تحقیقات سیستم‌های تولید کشاورزی (APSRU)[1] در کشور استرالیا نوشته شده است و شدت تشعشع روزانه در یک منطقه معین را با داشتن عرض جغرافیایی و ضریب عبور اتمسفری شبیه سازی می‌کند (Anynomous, 2012b). پس از جمع‌آوری داده‌های اقلیمی و بازسازی آنها، شدت خشکی در شهرستان‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص خشکی (AI)[2]، محاسبه گردید. این شاخص تغییرات همزمان بارندگی و تبخیر – تعرق و تأثیرات آن در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد. شاخص خشکی توسط برنامه‌ی محیط زیست سازمان ملل (UNEP[3]) ارائه شده (۱۹۹۲) و با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌شود:

معادله (۱) $$AI = \frac{P}{PET}$$

که در آن P: بارندگی تجمعی (میلی‌متر) و PET[4]: تبخیر– تعرق بالقوه (میلی‌متر) در مقیاس زمانی مورد نظر است. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا یک در نوسان است که مقادیر عددی کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده‌ی شرایط بسیار خشک و مقادیر عددی بزرگ‌تر از ۰/۷۵ شرایط مرطوب را نشان می‌دهند.

تعیین شاخصی برای ارزیابی خشکی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

با در نظر گرفتن این مسئله که محاسبه شاخص AI نیازمند داده-های زیادی است که در بسیاری از موارد به راحتی در دسترس نبوده و بخشی از آنها را بایستی تخمین زد، در این مطالعه با استفاده از داده-های هواشناسی موجود و روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[5]، شدت خشکی شهرستان‌های مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روش آماری مفیدی جهت تشخیص مهم-ترین متغیرها و کاهش داده‌هایی است که تعداد آنها زیاد است (Sharma, 1996).

برای این منظور ابتدا میانگین‌های ماهانه‌ی متغیرهای اقلیمی شامل میانگین سرعت وزش باد، تعداد ساعات آفتابی، درجه حرارت

1- Agricultural production systems research unit
2- Aridity index
3- United nations environment programme
4- Potential evapotranspiration
5- Principal component analysis (PCA)

حداقل، درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت نقطه‌ی شبنم، رطوبت نسبی و بارندگی برای هر شهرستان محاسبه شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی میانگین‌های ماهانه‌ی متغیرهای اقلیمی هر شهرستان اجرا شد. در این روش با استفاده از فرمول‌هایی سهم هر مؤلفه از کل واریانس تعیین شده و از میان هفت مؤلفه اصلی ایجاد شده، مؤلفه‌های اول و دوم که مقدار ویژه[1] (سهم آنها از واریانس کل) بزرگ‌تر از یک بود انتخاب و سایر مؤلفه‌ها از مراحل بعدی تجزیه حذف گردیدند. این دو مؤلفه در مجموع ۹۰ درصد تغییرات کل را توصیف می‌کردند. در گام بعدی مقدار ویژه هر یک از متغیرهای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در وزن[2] هر متغیر (که نشان دهنده‌ی اهمیت نسبی آن متغیر در مؤلفه مربوطه است) ضرب شدند. بنابراین، برای هر متغیر دو ضریب حاصل شد که مربوط به مؤلفه‌های اصلی اول و دوم بودند. در مرحله بعد و به منظور ارزیابی خشکی، ضرایب محاسبه شده مربوط به هر متغیر با هم جمع شدند. در نهایت، میانگین‌های ماهانه هر متغیر در هر شهرستان در این ضرایب ضرب شد و تمام مقادیر به دست آمده با هم جمع گردیدند که در نهایت به شاخصی منتج گردید (شاخص ارزیابی خشکی[3]) که با استفاده از آن می‌توان وضعیت خشکی در هر شهرستان را معین نمود (Sharma, 1996). این روش یک مرتبه در سطح شهرستان و یک بار نیز در سطح استان انجام شد. برای محاسبه دامنه این شاخص، خشک‌ترین (حداقل میزان بارندگی، رطوبت نسبی و درجه حرارت نقطه‌ی شبنم و از سوی دیگر بیشترین مقادیر درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر، تعداد ساعات آفتابی و سرعت وزش باد در نظر گرفته شد) و مرطوب‌ترین روزها در میان تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه در استان (عکس خشک‌ترین حالت موجود) و نیز میانگین آنها (به‌عنوان حدود حد وسط) محاسبه شد (جدول ۲).

پس از تعیین شاخصی برای ارزیابی خشکی، ارتباط بین تغییرات بلندمدت عملکرد دانه‌ی گندم با شاخص‌های خشکی بررسی شد. با توجه به اینکه هموارسازی یک روش علمی قابل قبول برای حذف اثرات ژنتیکی و بهبود مدیریت از داده‌های عملکرد دانه گندم می‌باشد (Bannayan et al., 2010)، در این روش به داده‌ها بر حسب گذر زمان و با توجه به میزان پیشرفت مدیریت زراعی و ژنتیکی ارقام، وزن داده شده و به صورت نمایی اثر این عوامل از آنها حذف می‌شود. بر این اساس میزان تغییرات عملکرد دانه در سال‌های جدید نسبت به سال‌های اولیه بیشتر است، زیرا سهم پیشرفت ژنتیکی در بهبود عملکرد با گذشت زمان افزایش یافته است. پس از انجام هموارسازی، داده‌های هموار شده‌ی عملکرد، جایگزین داده‌های خام گردیدند. در این تحقیق ارتباط کلی هر دو شاخص خشکی با عملکرد، با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و نیز رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت. تمامی نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Excel و 11 Sigma Plot رسم شدند.

جدول ۲- دامنه‌ی عددی شاخص ارزیابی خشکی
Table 2- Drought evaluation index limits

وضعیت خشکی Drought condition	محدوده‌ی شاخص Index limits
مرطوب Humid	-80>
نیمه مرطوب Semi humid	-80 to -50
نیمه مرطوب خشک Arid sub humid	-50 to -30
نیمه خشک Semi arid	-30 to 5
خشک Arid	5 to 35
بسیار خشک Hyper arid	35<

نتایج و بحث

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در اردستان نشان داد که در PC_1 تمام متغیرهای اقلیمی به جز بارندگی و درجه حرارت نقطه‌ی شبنم و در PC_2 دو متغیر درجه حرارت نقطه‌ی شبنم و رطوبت نسبی مهم‌ترین بودند. در اصفهان، خوروبیابانک و گلپایگان در PC_1 تمام متغیرهای مورد مطالعه به جز بارندگی معنی‌دار بود و در PC_2 متغیرهای درجه حرارت نقطه شبنم و بارندگی ضریب بالاتری داشته و رابطه آنها با هم مثبت بود. این موضوع نشان داد که با افزایش بارندگی، درجه حرارت نقطه‌ی شبنم نیز افزایش یافته و شرایط اقلیمی مرطوب‌تر شده؛ به‌طوری‌که در شرایط مرطوب‌تر، بخار آب در درجه حرارت بالاتری در برخورد با سطوح سرد به شبنم تبدیل خواهد شد. در شهرضا در PC_1 تمام متغیرهای اقلیمی به جز میانگین سرعت وزش باد مهم‌ترین اجزا بودند و رابطه رطوبت نسبی و بارندگی با سایر متغیرها منفی بود. بنابراین، افزایش درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت حداقل و طول ساعات آفتابی باعث کاهش رطوبت و خشک شدن اقلیم شده است. در PC_2 دو متغیر میانگین سرعت وزش باد و رطوبت نسبی مهم‌تر بودند. این موضوع می‌تواند به دلیل موقعیت جغرافیایی این شهرستان باشد که در جنوب استان واقع شده به گونه‌ای که افزایش سرعت وزش باد باعث ورود جبهه هوای مرطوب به این شهرستان و افزایش بارندگی شده است، البته در این مورد جهت باد هم در این منطقه مهم است. در کاشان نتایج روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

1- Eigenvalue
2- Load
3- Drought evaluation index (DEI)

نشان داد که در PC_1 تمام متغیرهای اقلیمی به جز بارندگی مهم‌ترین بودند و در PC_2 متغیرهای اقلیمی میانگین سرعت وزش باد، درجه حرارت نقطه‌ی شبنم و بارندگی بهترین بودند که رابطه آنها با هم مثبت بود. با توجه به معنی‌دار بودن میانگین سرعت وزش باد در PC_1 و PC_2 می‌توان گفت که در کاشان عامل باد می‌تواند عامل مهمی در خشک یا مرطوب بودن اقلیم باشد. در این شهرستان نیز درجه حرارت حداکثر مهم‌ترین عامل اقلیمی تعیین کننده شرایط اقلیمی موجود بود. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در نایین و نطنز نشان داد که در PC_1 تمام متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه به جز میانگین سرعت وزش باد و بارندگی مهم‌ترین بودند و در PC_2 متغیرهای اقلیمی میانگین سرعت وزش باد، درجه حرارت نقطه‌ی شبنم، رطوبت نسبی و بارندگی مهم‌ترین بوده و رابطه‌ی آنها با هم مثبت بود. بنابراین، در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه مهم‌ترین عامل اقلیمی در تعیین شرایط اقلیمی موجود درجه حرارت حداکثر بوده است (جدول ۳). روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در مطالعات دیگری نیز برای بررسی اهمیت متغیرها و شرایط اقلیمی مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که تازیکه میاندره و حسینی نسب (Miandare & Hosseini Nasab, 2007) در تحقیقی تابع دما و بارندگی را در کشور با استفاده از تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه به دلیل آن‌که مؤلفه اول، تقریباً بیش از ۹۸ درصد از تغییرات اولیه را بیان می‌کنند، فقط این دو مؤلفه مورد توجه قرار گرفتند. PC_1 نشان داد که اکثر تغییرپذیری (تقریباً ۹۴ درصد) در داده‌ها از تفاوت‌هایی ناشی می‌شود که بین دما در تابستان و زمستان وجود دارد و PC_2 که ۳/۴ درصد از تغییر را حفظ می‌کند، منعکس کننده این است که این الگو از متوسط تفاوت دمای زمستان و تابستان ناشی می‌شود. محمدی و روشن (Mohammadi & Roshan, 2009) در دو ایستگاه شیراز و کرمانشاه اثر عوامل اقلیمی به‌ویژه باد را بر عملکرد محصول گندم بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در شیراز رابطه معنی‌داری بین سرعت باد و عملکرد گندم وجود داشت. در مطالعه‌ای دیگر امیراحمدی و عباس‌نیا (Amirahmadi & Abbasnia, 2010) شهرستان‌های استان اصفهان را با در نظر گرفتن پنج عامل اقلیمی بارندگی، دما، تعداد ساعات آفتابی، وزش باد و گرد و غبار، گرما و رطوبت مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که عامل بارندگی در محدوده غربی استان، عامل دما در سراسر پهنه شرقی و جنوب شرقی استان، تعداد ساعات آفتابی در شهرستان خوروبیابانک (شرق استان) و شهرضا (جنوب استان)، باد و گرد و غبار در نیمه‌ی مرکزی استان و عامل گرما و رطوبت نیز بیشترین اهمیت را در کاشان (شمالی‌ترین قسمت استان) داشتند.

جدول ۳- ضرایب تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای اقلیمی در شهرستان‌های مورد مطالعه در استان اصفهان

Table 3- Principle Component Analysis coefficients of climatic variables in studied townships of Isfahan province

شهرضا (Shahreza)		خوروبیابانک (Khoorobiabanak)		اصفهان (Isfahan)		اردستان (Ardestan)		متغیرهای اقلیمی Climatic variables
PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	
0.87*	0.12	0.29	0.34*	0.36*	0.31*	0.06	0.36*	میانگین سرعت وزش باد Mean wind speed
0.1	0.45*	0.12	0.43*	0.13	0.43*	0.13	0.42*	درجه حرارت حداقل Minimum temperature
0.05	0.46*	0.03	0.43*	0.04	0.44*	0.08	0.43*	درجه حرارت حداکثر Maximum temperature
0.19	0.31*	0.48*	0.33*	0.51*	0.33*	0.61*	0.3*	درجه حرارت نقطه‌ی شبنم Dew point temperature
0.36*	-0.41*	0.27	-0.39*	0.26	-0.4*	0.28	-0.4*	رطوبت نسبی Relative humidity
-0.02	0.43*	-0.06	0.42*	-0.16	0.41*	-0.01	0.4*	تعداد ساعات آفتابی Sunshine hours
0.23	-0.31*	0.76*	-0.25	0.69*	-0.27	0.71*	-0.26	بارندگی Rainfall
15.2	64.5	13.2	73.6	13.2	71.8	13.4	74.2	واریانس Variance

* ضرایب با مقدار ویژه بیشتر از ۰/۳

* Eigenvalue more than 0.3

ادامه‌ی جدول ۳- ضرایب تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای اقلیمی در شهرستان‌های مورد مطالعه در استان اصفهان

Table 3- Continued- Principle Component Analysis coefficients of climatic variables in studied townships of Isfahan province

نطنز (Natanz)		نایین (Naein)		گلپایگان (Golpaygan)		کاشان (Kashan)		متغیرهای اقلیمی (Climatic variables)
PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	PC_2	PC_1	
0.32*	0.33*	0.69*	0.15*	0.31*	0.33*	0.36*	0.33*	میانگین سرعت وزش باد Mean wind speed
0.07	0.43*	0.11	0.46*	0.11	0.42*	0.12	0.42*	درجه حرارت حداقل Minimum temperature
0.04	0.43*	0.06	0.46*	0.02	0.43*	0.06	0.43*	درجه حرارت حداکثر Maximum temperature
0.6*	0.3*	0.34*	0.31*	0.55*	0.32*	0.4*	0.35*	درجه حرارت نقطه‌ی شبنم Dew point temperature
0.29	-0.4*	0.36*	-0.4*	0.23	-0.41*	0.21	-0.4*	رطوبت نسبی Relative humidity
-0.09	0.41*	-0.01	0.44*	-0.13	0.4*	-0.13	0.39*	تعداد ساعات آفتابی Sunshine hours
0.66*	-0.27	0.49*	-0.29	0.71*	-0.28	0.78*	-0.26	بارندگی Rainfall
14.4	72.8	15.6	64.4	12.6	74.5	12.4	74.3	واریانس Variance

* ضرایب با مقدار ویژه بیشتر از ۰/۳

* Eigenvalue more than 0.3

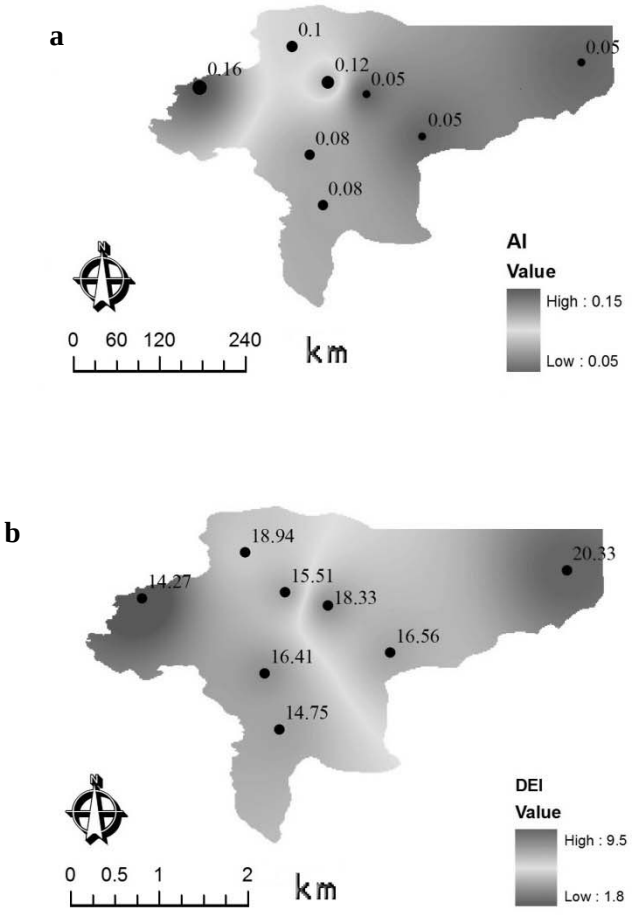
ناظم السادات و همکاران (Nazem Sadat et al., 2003) در تحقیقی با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، باران‌های زمستانه را در استان‌های بوشهر، فارس، کهکیلویه و بویراحمد مورد مطالعه و پهنه‌بندی قرار دادند. در این مطالعه، مؤلفه‌های اول و دوم که مجموعاً ۶۸/۱ درصد از کل واریانس داده‌های اولیه را توجیه می‌نمودند، به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی در نظر گرفته شد و برای پهنه‌بندی از آنها استفاده شد. بنابراین، سری زمانی PC_1 که ۶۰/۴ درصد از کل واریانس داده‌های خام را توجیه می‌کند، می‌تواند به‌عنوان نماینده‌ی داده‌های بارندگی بخش وسیعی از استان‌های فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد به کار رود. بردارهای بارگذاری متناشر با دومین مؤلفه اصلی PC_2، مقادیر بسیار زیادی را برای منطقه بوانات در شمال استان فارس نشان داد و این ناحیه به‌عنوان منطقه‌ی مستقل متناسب با دومین مؤلفه در نظر گرفته شد. بارندگی این منطقه از استان فارس همبستگی ضعیفی با بارندگی مناطق مجاور داشت.

در طبقه‌بندی شاخص DEI، شهرستان‌های اردستان، خوروبیابانک، کاشان و نایین اقلیم خشک و اصفهان، شهرضا، گلپایگان و نطنز اقلیم نیمه خشک داشتند؛ درحالی‌که در طبقه‌بندی شاخص AI تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه اقلیم خشک (۰/۲> شاخص خشکی> ۰/۰۵) داشتند (شکل ۱). نتایج حاصل از شاخص ارزیابی خشکی در راستای نتایج شاخص خشکی است، ضمن این‌که در بعضی موارد بهتر هم عمل کرده است. شاخص ارزیابی خشکی در طبقه‌بندی اقلیمی مناطق مورد مطالعه دقیق‌تر عمل نموده است، زیرا شاخص ارزیابی خشکی مستقیماً با استفاده از داده‌های اقلیمی به ثبت رسیده در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک محاسبه می‌شود، در نتیجه برای تمامی مناطقی که در آنها ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک وجود دارد، قابل محاسبه است. در محاسبه شاخص ارزیابی خشکی متغیرهای اقلیمی مختلفی در نظر گرفته می‌شوند که این موضوع امکان بررسی متغیرهای مختلف اقلیمی را فراهم نموده و ارزیابی بهتری از شرایط اقلیمی به وجود می‌آورد. همبستگی و رگرسیون خطی بین شاخص خشکی و عملکرد گندم در مقیاس زمانی سالانه در شهرستان‌های مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول ۴)، در-حالی‌که همبستگی بین شاخص ارزیابی خشکی و عملکرد گندم در مقیاس زمانی سالانه تنها در شهرضا منفی و معنی‌دار بود. این مسئله نشان می‌دهد که در شهرضا با افزایش شاخص ارزیابی خشکی، عملکرد دانه‌ی گندم کاهش یافته است. معنی‌دار نبودن همبستگی میان شاخص‌های خشکی و عملکرد گندم احتمالاً به دلیل آبی بودن عملکرد گندم در این مطالعه باشد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که دو شاخص خشکی و ارزیابی خشکی در شهرستان‌های مورد مطالعه همبستگی و رگرسیون معنی‌دار و منفی داشتند (جدول ۵ و شکل ۲). این مسئله نشان دهنده هم‌خوانی این دو شاخص است که این بررسی هم‌خوانی در راستای معتبرسازی شاخص DEI انجام شده که نتایج این شاخص با یک شاخص پذیرفته شده و بین‌المللی (AI)، در مطابقت است. منفی بودن رابطه این دو شاخص به این دلیل است که مقادیر عددی بزرگ‌تر شاخص خشکی نشان دهنده بارندگی بیشتر

است، درحالی‌که مقادیر عددی بزرگ‌تر شاخص ارزیابی خشکی نشان دهنده‌ی شرایط خشک‌تر است. زیرا در مؤلفه اصلی اول که واریانس بیشتری دارد در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه متغیرهای اقلیمی درجه حرارت حداقل و حداکثر مهم بودند، درحالی‌که بارندگی در مؤلفه اصلی دوم معنی‌دار بود که نسبت به مؤلفه اصلی اول واریانس بسیار کمتری دارد. با توجه به این که میزان بارندگی در شهرستان‌های مورد مطالعه در بسیاری از ماه‌های سال ناچیز بود، بنابراین اهمیت این متغیر در پهنه‌بندی اقلیمی مناطق مورد مطالعه بسیار کم بوده و متغیر اقلیمی درجه حرارت که نقش بسیار مؤثرتری در منطقه دارد، تأثیر خود را بیشتر نشان داده است. در رابطه با ناچیز بودن تأثیر بارندگی، سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) در مطالعه‌ای روندهای تغییرات بلند مدت و ماهانه‌ی مقادیر بارندگی، تعداد روزهای بارانی و حداکثر بارندگی در ۲۴ ساعت را بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده در ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در طول ۵۰ سال گذشته در ایران هیچ گونه تنوع قابل توجه بارندگی مشاهده نشده است.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از شاخص خشکی (AI) نشان داد که شهرستان‌های مورد مطالعه در این تحقیق، اقلیم خشک دارند (۰/۲>شاخص خشکی>۰/۰۵)، درحالی‌که در طبقه‌بندی شاخص ارزیابی خشکی شهرستان‌های اصفهان، شهرضا، گلپایگان و نظنز در کلاس نیمه خشک و شهرستان‌های اردستان، خوروبیابانک، کاشان و نایین در کلاس خشک قرار داشتند.



شکل ۱- توزیع مکانی شاخص خشکی (a) و شاخص ارزیابی خشکی (b) در شهرستان‌های مورد مطالعه

Fig. 1- Spatial distribution of Aridity Index (a) and Drought Evaluation Index (b) in studied townships

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های خشکی محاسبه شده سالانه و عملکرد گندم در شهرستان‌های مورد مطالعه

Table 4- Correlation coefficients between annual calculated drought indices and wheat yield in studied townships

شهرستان Township	همبستگی شاخص خشکی با عملکرد Aridity index correlation with wheat yield	همبستگی شاخص ارزیابی خشکی با عملکرد Drought evaluation index correlation with wheat yield
اردستان Ardestan	-0.2^{ns}	-0.36^{ns}
اصفهان Isfahan	-0.36^{ns}	-0.35^{ns}
خوروبیابانک Khoorobiabanak	0.3^{ns}	0.21^{ns}
شهرضا Shahreza	0.41^{ns}	-0.64^{**}
کاشان Kashan	0.2^{ns}	-0.33^{ns}
گلپایگان Golpaygan	-0.18^{ns}	0.009^{ns}
نایین Naein	0.43^{ns}	-0.42^{ns}
نطنز Natanz	0.27^{ns}	-0.13^{ns}

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

** and ns: are significant at 1% probability level and non- significant difference, respectively.

جدول ٥- ضرایب همبستگی بین شاخص ارزیابی خشکی و شاخص خشکی

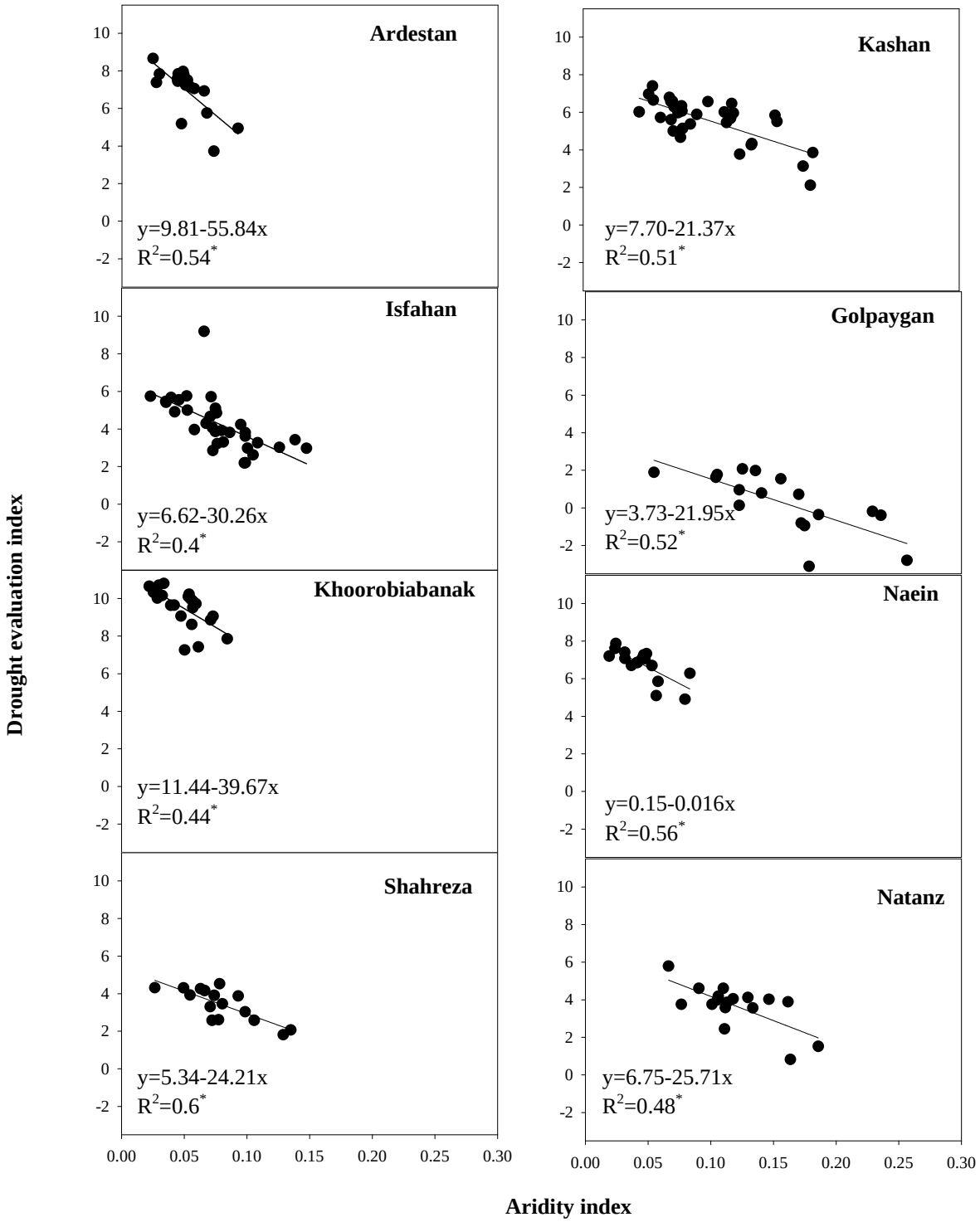
Table 5- Correlation coefficients between Aridity Index and Drought Evaluation Index

شهرستان Township	ضریب همبستگی Correlation coefficient
اردستان Ardestan	-0.73^{**}
اصفهان Isfahan	-0.63^{**}
خوروبیابانک Khoorobiabanak	-0.66^{**}
شهرضا Shahreza	-0.77^{**}
کاشان Kashan	-0.71^{**}
گلپایگان Golpaygan	-0.72^{**}
نایین Naein	-0.75^{**}
نطنز Natanz	-0.69^{**}

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

** and ns: are significant at 1% probability level and no significant difference respectively

بنابراین شاخص ارزیابی خشکی شهرستان‌های مورد مطالعه را دقیق‌تر تقسیم‌بندی کرده و قادر است تفاوت‌های اقلیمی جزئی که میان این شهرستان‌ها وجود دارد را مورد ارزیابی قرار دهد. این مسئله به دلیل کاربرد تعداد بیشتری از داده‌های اقلیمی به ثبت رسیده در سازمان هواشناسی شهرستان‌های مورد مطالعه در محاسبه این شاخص بود، به‌طوری‌که در محاسبه‌ی این شاخص اثر تمام متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه به صورت مستقیم مورد سنجش قرار می‌گیرد. شاخص ارزیابی خشکی با عملکرد دانه گندم در منطقه‌ی مورد مطالعه همبستگی ضعیفی را نشان دادند که این مسئله می‌تواند به دلیل آبی بودن محصول گندم در این مطالعه باشد.



شکل ۲- رگرسیون خطی بین شاخص خشکی و شاخص ارزیابی خشکی در شهرستان‌های مورد مطالعه

Fig. 2- Linear regression between Aridity Index and Drought Evaluation Index in studied townships

شاخص خشکی نیز با نوسانات عملکرد گندم در این مناطق همبستگی و ارتباط کمی را نشان داد، که این موضوع به دلیل مقادیر

بارندگی ناچیز در شهرستان‌های مورد مطالعه بود. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه، درجه حرارت حداکثر مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده شرایط اقلیمی هر یک در شهرستان‌های مورد است.

منابع

1. Abarghouei, B.H., Asadi Zarch, M.A., Dastorani, M.T., Kousari, M.R., and Safari Zarch, M. 2011. The survey of climatic drought trend in Iran. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 25: 851-863.
2. AmirAhmadi, A., and Abbasnia, M. 2010. Climatical zoning of Esfahan Province with modern statistical techniques. Geographical Studies of Arid Areas 1(1): 43-68. (In Persian with English Summary)
3. Anynomous. 2012a. Definition of Drought. 2012. Available at Web site http://www.weather.ir/ (verified 27 April 2012)
4. Anynomous. 2012b. Photoperiod and Solar Radiation Calculator. Agricultural Production Systems Research Unit (APSRU)
5. Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Sadeghi Lotfabadi, S., and Mohamadian, A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field Crops Research 10: 1-10.
6. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Abdalrahmani, B., Moosavi, B., and Karimi, A. 2009. Studying climatic variables effects on rainfed wheat grain yield Sardari variety in Maragheh region. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 1-11. (In Persian with English Summary)
7. Maybank, J., Bonsai, B., Jones, K., Lawford, R., O'Brien, E.G., Ripley, E.A., and Wheaton, E. 1994. Drought as a natural disaster. Atmospheric-Ocean 33(2): 195-222.
8. McKee, B.T., Nolan, J., and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, California. p. 17-22.
9. Miandare, N.A., and Hosseini nasab, S.E. 2007. Rainfall and temperature functional analysis in Iran using principle component analysis. Journal of Statistical Research 4: 109-128. (In Persian with English Summary)
10. Mohammadi, H., and Roshan, G.H. 2009. Evaluating the role of climatic elements with emphases on wind variable, in wheat yield output (Comparative case study in two stations Shiraz and Kermanshah). Seasonal National Geography 1(3): 17-26. (In Persian with English Summary)
11. Nazemsadat, M.J., Beigi, B., and Amin, S.A. 2003. Winter rainfall zoning in Bushehr, Fares and Kohgiluye provinces using principle component analysis. Agricultural and Natural Resource Science and Technology 1: 61-71. (In Persian with English Summary)
12. Palmer, W.C. 1985. Meteorological drought. US Weather Bureau 45: 1-58.
13. Salehnia, N., and Falahi, M.A. 2010. Evaluating eco-climatic variables on wheat yield using panel data model. Journal of Water and Soil 24(2): 375-384. (In Persian with English Summary)
14. Sharma, S. 1996. Introduction. Applied Multivariate Techniques. John Wiley and Sons Inc, New York. p. 1-35.
15. Soltani, S., Saboohi, R., and Yaghmaei, L. 2011. Rainfall and rainy days trend in Iran. Climate Change 110: 187-213.
16. Vazifedoust, M. 2007. Development of an agricultural drought assessment system: Integration of agrohydrological modeling, remote sensing and geographical information. PhD Dissertation, Wageningen University and Research Centre.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۷۲-۴۶۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 462-473

بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم

اسماعیل رضائی چیانه[1*]، مهدی تاج بخش[2]، اروج ولیزادگان[3] و فرزاد بنائی اصل[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز)،کشت‌های مخلوط نواری (دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) و کشت خالص دو گیاه بود. اثر الگوی کشت بر صفات مورد بررسی هر دو گونه اثر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) داشت. نتایج در مورد گیاه عدس نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس از تیمار کشت خالص به ترتیب برابر با ۶۰۰ و ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به ترتیب برابر با ۲۷۳ و ۶۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. نتایج در مورد گیاه زیره سبز نشان داد که بین کشت خالص با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت و کشت ردیفی از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش عرض نوارها در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز به طور میانگین ۵۰ و ۵۴ درصد کاسته شد. درصد اسانس در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. بیشترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۲۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸) از کشت مخلوط یک ردیفی و کمترین مقدار آن (۰/۹۴) از کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز حاصل شد. با تغییر الگوی کشت از مخلوط ردیفی به سمت مخلوط نواری، LER احتمالاً به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کشت مخلوط نواری، کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت، نسبت برابری زمین

مقدمه

با توجه به ظهور برخی آثار زیانبار کشاورزی رایج به علت استفاده بی رویه مواد شیمیایی در زراعت و به ویژه در تولید گیاهان دارویی و نتایج علمی و عملی متعدد که زایده جنبش کشاورزی سازگار با محیط زیست است، تولید گیاهان دارویی در شرایط زراعت ارگانیک رو به افزایش می‌باشد (Griffe et al., 2003). از طرفی، با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی نیاز به بهره گیری از اصول اکولوژیکی مانند کشت مخلوط در تولید این گیاهان امری ضروری به نظر می‌رسد.

کشت مخلوط به کشت توام دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان گفته می‌شود (Mazaheri,1998) و دربسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، کاهش عوامل بیماری‌زا و آفت، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق ثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، افزایش کمیت و کیفیت محصول و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود (Vandermeer, 1989).

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار گروه گیاهان دارویی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، استاد گروه زراعت، استادیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه و مدرس دانشگاه پیام نور نقده
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

کشت مخلوط زمانی موفقیت آمیز است که مجموع رقابت بین گونه ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Rezaei- chianeh et al., 2010). گیاهان در سیستم مخلوط را می‌توان طوری انتخاب کرد که یک گونه مستقیماً از تغییرات محیطی، که به وسیله دیگر گونه‌ها در کشت مخلوط پدید می‌آید، سود ببرد (Vandermeer, 1989). بنابراین، اگر اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند از این منابع به طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و در نتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می‌یابد (Willey, 1990).

علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه لوبیا و عملکرد اسانس ریحان از کشت خالص به دست آمد. اما از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. جهان (Jahan, 2004) در بررسی کشت مخلوط بابونه (*Calendula officinalis* L.) و همیشه بهار (*Matricaria chamomile* L.) اظهار داشت که بالاترین میزان اسانس در نسبت‌های کمتر از ۵۰:۵۰ حاصل شده است. زارع فیض آبادی و امام وردیان (Zare Feizabadi & Emamverdian, 2012) در ارزیابی تأثیر کشت مخلوط ارقام بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش کردند که تیمارهای مخلوط در مقایسه با تیمارهای خالص تا ۵۵ درصد برای عمکرد دانه و ۳۲ درصد برای عملکرد بیولوژیکی برتری داشتند. در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا مشخص شد که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و گاوزبان اروپایی از کشت خالص و کمترین مقدار آنها از الگوی چهار ریف لوبیا و گاوزبان (۴:۴) به دست آمد. اما، بالاترین نسبت برابری زمین (LER[1]) در الگوی کشت نواری ۲:۲ مشاهده گردید (Koocheki et al., 2012). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei Chianeh et al., 2010) در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) مقدارLER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده اند که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.

در این پژوهش با توجه به موقعیت جغرافیایی شهرستان نقده در استان آذربایجان غربی که یکی از مناطق مستعد و دارای سابقه کشاورزی دیرینه است، در فاصله زمانی بین برداشت محصول زراعت پاییزه (گندم، جو یا کلزا) در اواخر بهار هر سال و آماده سازی زمین برای کشت بعدی در پائیز همان سال، زمان کافی برای کشت دوم فراهم می‌باشد. لیکن ارزیابی کشت گیاهانی با فصل رشد کوتاه و سودآور که پتانسیل بالایی در استفاده بهینه از فصل تابستان را داشته باشند، به افزایش بهره‌وری نهاده‌ها کمک می‌کند. بنابراین، با توجه به اختلاف مورفولوژیکی دو گیاه زیره سبز و عدس و بهره‌گیری بهتر و کاراتر از منابع تولید، کشت مخلوط این دو گیاه در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار، مورد ارزیابی قرار گرفت تا بهترین الگوی کشت مخلوط زیره سبز و عدس از نظر عملکردی همراه با ارزیابی کارایی این نوع سیستم زراعی به ویژه برای مناطقی که دچار محدودیت منابع می‌باشند، معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه‌ای واقع استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ۴۵° و ۲۵َ طول جغرافیایی و ۳۶° و ۵۷َ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۰۷ متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ اجرا شد. متوسط میانگین‌های دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. بافت خاک مزرعه از نوع لومی رسی است. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص زیره سبز، کشت خالص عدس، کشت مخلوط بر روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز) و کشت مخلوط نواری (دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) بودند. در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت، فضای هر بوته زیره سبز معادل ۶۰۰ سانتی‌متر و فضای هر بوته عدس ۳۰۰ سانتی‌متر در کشت خالص بود. لذا برای ایجاد کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت با نسبت ۵۰ درصد زیره سبز + ۵۰ درصد عدس به ازای حذف هر بوته زیره سبز در روی ردیف کاشت دو بوته عدس جایگزین شد.

فاصله بین ردیف برای هر دو گونه ۳۰ سانتی‌متر به طول چهار متر بود. بذرهای زیره سبز به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و بذرهای عدس به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها با عمق دو الی سه سانتی متر، در تاریخ ۱۰ تیرماه به صورت جوی و پشته و به صورت همزمان کاشته شدند. محصول قبلی مزرعه قبل از اجرای آزمایش جو پاییزه بود. بذر مورد استفاده زیره سبز از توده بومی مشهد که از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذر عدس، رقم بیله سوار بود که از سازمان تحقیقات دیم مراغه تهیه شده بودند. بذور عدس قبل از کاشت با باکتری *ریزوبیوم*

1 - Land equivalent ratio

لگومینوزاروم[1] آغشته گردید. بذور قبل از کاشت جهت حفاظت و پیشگیری در برابر بیماری‌های قارچی توسط سم کاربندازیم ضد عفونی شدند. به علت حساس بودن زیره سبز به بیماری بوته میری و عدس به پوسیدگی ریشه و پژمردگی، گیاهان مربوط، طی چهار نوبت در مراحل بلافاصله پس از کاشت بذور، استقرار گیاه، گلدهی و شروع پرشدن دانه‌ها، آبیاری شدند. با مشاهده اولین علائم بیماری بوته میری و جهت جلوگیری از گسترش و پیشرفت بیماری، گیاهان با استفاده از قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار، دو بار به فاصله ۱۰ روز از هم سم‌پاشی شدند.

ضمناً به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیدا کردن تاثیر تثبیت نیتروژن گیاه عدس در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود (اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی) در تیمارها استفاده نشد. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی در چند نوبت کنترل شدند.

در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز و عدس از سطحی معادل ۳/۶ متر مربع با شرایط حذف حاشیه از هر طرف مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور زیره سبز و عدس، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

جهت سودمندی نسبی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، از نسبت برابری زمین استفاده شد. نسبت برابری زمین عبارت است از نسبت سطح زمینی که لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک کشتی، عملکردی معادل کشت مخلوط به دست آید. زمانی که LER برابر یک باشد، کشت مخلوط هیچ مزیتی بر تک کشتی ندارد. اگر مقدار LER کوچک تر از یک باشد، کشت خالص و اگر LER بزرگ تر از یک باشد در این صورت کشت مخلوط بر تک کشتی مزیت دارد (Vandermeer, 1989). بنابراین، برای ارزیابی کشت مخلوط عدس و زیره سبز در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) طبق معادله (۱) استفاده گردید (Mazaheri,1998):

$$LER = \frac{Y_1}{L_1} + \frac{Y_2}{C_2} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2: به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و L_1 و C_2: نیز عملکرد خالص گونه اول و دوم است.

استخراج اسانس زیره سبز به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به مدت۳ ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود (Clevenger, 1928). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس عملکرد دانه×درصد اسانس محاسبه شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌های بدست آمده آماری توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی عدس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس از کشت خالص به ترتیب ۶۰۰ و ۱۶۰۰ کیلو گرم در هکتار و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به ترتیب برابر با ۲۷۳ و ۶۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در بین الگوهای کشت مخلوط بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از کشت ردیفی (۱:۱) به ترتیب برابر با ۵۱۰ و ۱۲۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل۱).

بالا بودن عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس در کشت خالص می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته عدس برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار عدس قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد. از طرفی، در شرایط انتخاب گونه‌های نامناسب در کشت مخلوط به خاطر رقابتی که برای جذب منابع از قبیل نور، آب، مواد غذایی و فضا برای دوگیاه زراعی ایجاد می‌شود، اغلب عملکرد گونه ضعیف کاهش می‌یابد (Thorsted et al., 2006). در تحقیق حاضر، عملکرد دانه عدس به موازات افزایش عرض نوارها به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه در کنار یکدیگر منجر به کاهش عملکرد هر یک از گیاهان به تنهایی گردید.

در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا در کشت خالص و کمترین مقدار آن در الگوی ۴:۴ حاصل شده است (Koocheki et al., 2012). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-chianeh et al., 2010) در کشت مخلوط ذرت و باقلا دریافتند که در کشت مخلوط به دلیل افزایش رقابتی دو گونه عملکرد اقتصادی باقلا به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج بررسی روی کشت مخلوط لوبیا و ریحان نشان داد که به دلیل کاهش فشار رقابت بین گونه‌ای بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا از کشت خالص با کنترل علف‌های هرز به دست آمد (Alizadeh et al., 2010).

1 - *Rhizobium leguminozarum* L.

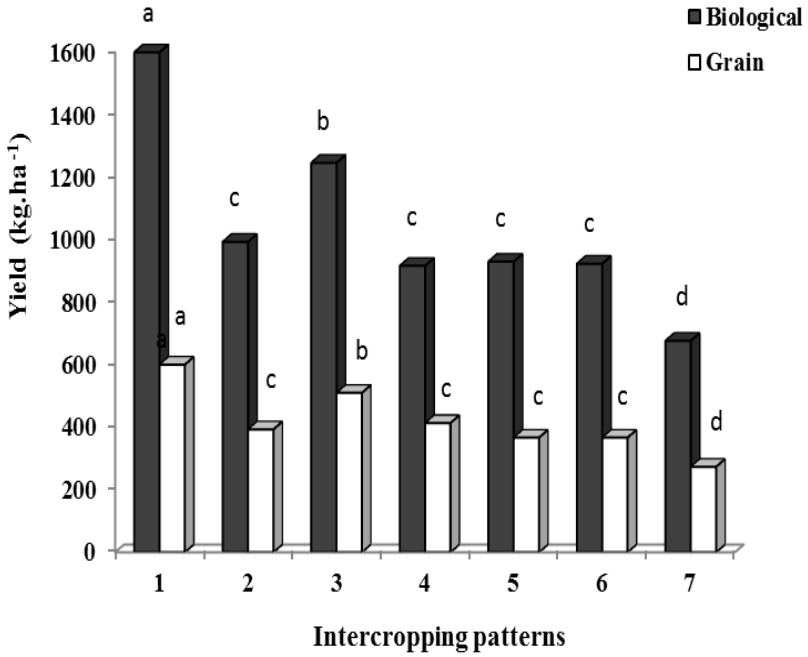
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس در الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and biological yield of lentil in different patterns in intercropping of lentil and cumin

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
تکرار Replication	2	2576.16 $^{n.s}$	2976.16 $^{n.s}$
تیمار Treatment	6	34276.93**	265707.93 **
خطا Error	12	2314	12465
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.51	10.72

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

$^{n.s}$, **: non significant and significant at p≤0.01, respectively.



شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس

Fig. 1– Effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on grain and biological yield of lentil

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

* Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test P≤0.05.

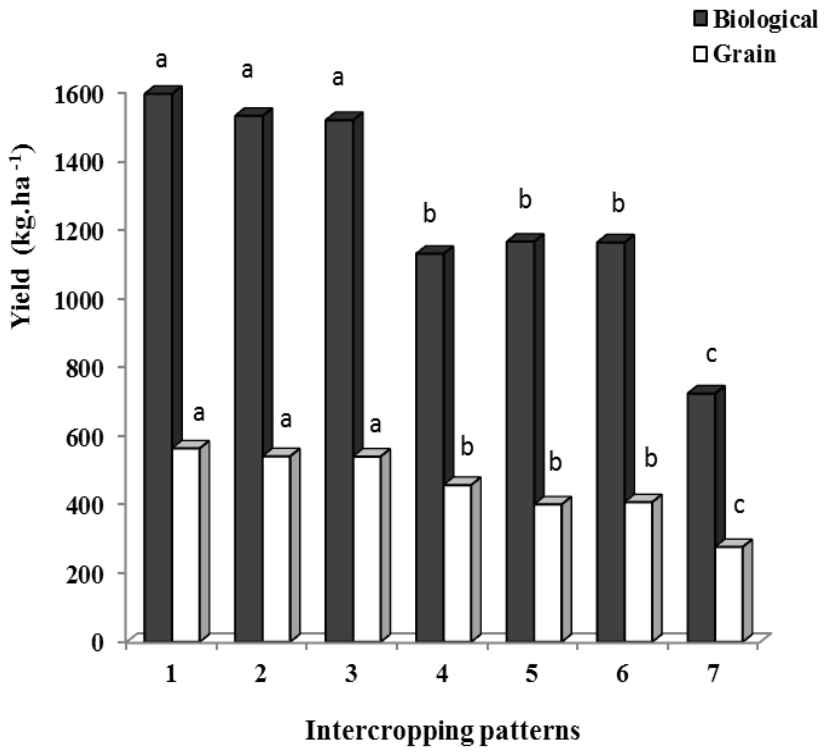
جدول۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد اسانس و عملکرد اسانس زیره سبز در الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield, biological yield, essential oil percentage and essential oil yield of cumin in different patterns in intercropping of lentil and cumin

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درصد اسانس Essential oil percent	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	1772.71 $^{n.s}$	64812.33 $^{n.s}$	.25**	12.38**
تیمار Treatment	6	31735.71**	288669.33 **	.45**	49.78**
خطا Error	12	1949.88	19660.83	.017	1.65
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.71	11.12	4	8.73

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

n.s, **: Non significant and significant at p≤0.01, respectively.



شکل۲- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز

Fig. 2– The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on the grain and biological yield of cumin

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test p≤0.05.

قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) گزارش کردند که به موازات افزایش تراکم ارزن از عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی به طور معنی‌داری کاسته شد. این محققان علت کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی را به دلیل نقش غالبیت ارزن در مقابل لوبیا چشم بلبلی نسبت دادند که سهم عمده ای از منابع موجود در اختیار ارزن قرار گرفته بود.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز

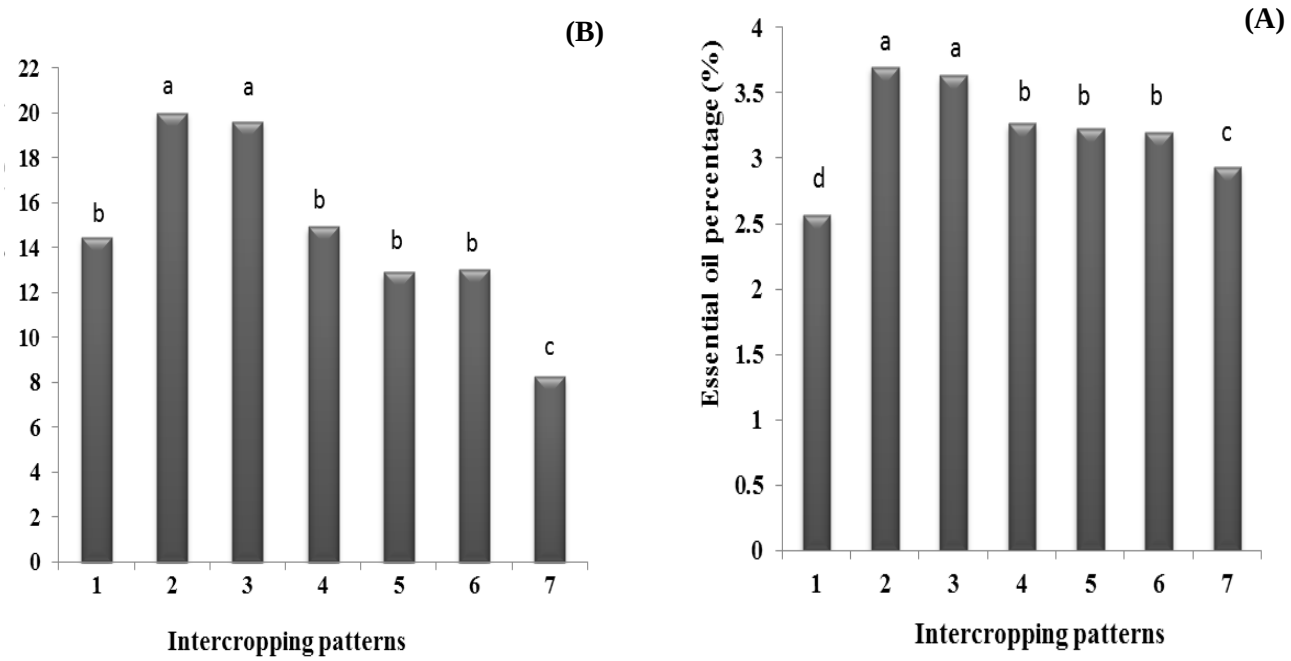
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز در کشت خالص با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) و کشت ردیفی زیره سبز و عدس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند و نسبت به سایر الگوهای کشت از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بالاتری برخوردار بودند. به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش همپوشانی در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز به‌طور میانگین ۵۰ و ۵۴ درصد کاسته شد.

در بررسی حاضر، با کاهش عرض نوارها (تعداد ردیف‌های عدس نسبت به زیره سبز) عملکرد دانه و بیولوژیکی زیره سبز افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به خاطر کمتر شدن رقابت بین دو گونه، توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط عدس بوده که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر منجر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد دانه و بیولوژیکی زیره سبز شده است. نتایج برخی مطالعات (Hauggard-Nielson et al., 2001) نشان داده است که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به دلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت نیتروژن مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک می‌گردد و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آنها افزایش می‌یابد. رضوان بیدختی (Rezvan Bidokhti, 2004) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کرده است که هر چه از سمت کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری پیش می‌رویم، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی هر دو گونه به تدریج کاهش می‌یابد. لی و همکاران (Li et al., 2001) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری گندم با ذرت و کشت مخلوط نواری گندم و سویا (*Glycine max* L.) عملکرد دانه به ترتیب ۷۰-۴۰ درصد و ۳۰-۲۸ درصد نسبت به کشت خالص افزایش یافت. این محققان علت افزایش عملکرد را به خاطر اختلاف در سیستم ریشه‌ای این گیاهان در جذب آب و عناصر غذایی و کاهش رقابتی برای جذب این منابع عنوان کرده‌اند. زارع فیض آبادی و امام وردیان (Feizabadi & Emamverdian, 2012) در ارزیابی تأثیر کشت مخلوط ارقام بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش کردند که تیمارهای مخلوط در مقایسه با تیمارهای خالص تا ۵۵ درصد برای عملکرد دانه و ۳۲ درصد برای عملکرد بیولوژیکی برتری داشتند. در تحقیق دیگر تورستد و همکاران (Thorsted et al., 2006) در کشت مخلوط نواری شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و گندم مشاهده کردند که عملکرد گندم ۲۵-۱۰ درصد در کشت مخلوط به دلیل افزایش رقابت برای جذب نور، نیتروژن در مرحله رویشی و آب در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. زانگ و همکاران (Zang et al., 2007) در کشت مخلوط نواری پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و گندم دریافتند که با افزایش عرض نوارها عملکرد هر دو گونه به طور معنی‌داری کاهش یافت. در تحقیق حاضر مشاهده گردید که با افزایش عرض نوارها عملکرد زیره سبز و عدس به ترتیب ۵۰ و ۵۵ درصد کاهش یافت.

درصد و عملکرد اسانس زیره سبز

تأثیر الگوهای مختلف کشت بر درصد و عملکرد اسانس زیره سبز معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). درصد اسانس در کشت خالص متفاوت از تیمارهای کشت مخلوط به دست آمد، به طوری‌که درصد اسانس در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در بین الگوهای مختلف کشت، بیشترین درصد اسانس (۳/۷ درصد) از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز +۵۰٪ عدس) و کمترین مقدار آن از کشت خالص (۲/۵۶ درصد) حاصل شد. در کشت مخلوط نواری با افزایش عرض نوارها به طور معنی‌داری از درصد اسانس کاسته شد (شکل ۳).

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بالاترین میزان عملکرد اسانس (۲۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط روی ردیف-های کاشت و کمترین عملکرد اسانس (۸/۲۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز در واحد سطح به دست آمد.کشت مخلوط نواری (به جز تیمار شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) از نظر عملکرد اسانس در واحد سطح حدوداً برابر کشت خالص بودند، به طوریکه تفاوت بین این تیمارها معنی‌دار نشده بود.



شکل ۳- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر (الف) درصد اسانس و (ب) عملکرد اسانس زیره سبز

Fig. 3- The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on essential oil percentage and essential oil yield of cumin

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

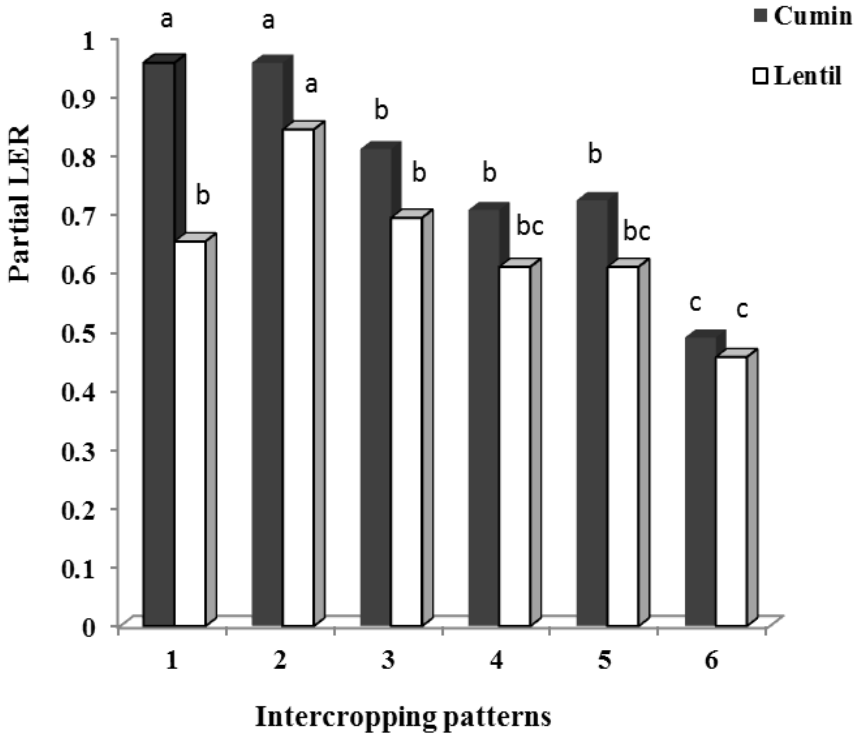
عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد. بنابراین بالا بودن عملکرد اسانس در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) و کشت مخلوط ردیفی به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمارها بود. افزایش درصد اسانس در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط عدس نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است، در این شرایط سنتز متابولیت‌های ثانویه، ازجمله اسانس نیز افزایش می‌یابد. از آنجا که اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و میزان آنها به شدت به میزان متابولیت‌های اولیه گیاهی (کربوهیدارت‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل‌ها و ...) بستگی دارد. بنابراین، هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد می‌تواند باعث بالا رفتن متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله اسانس‌ها گردد (Singh et al., 2010). در تحقیق حاضر، حضور عدس در کنار زیره سبز سبب افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس در دانه‌های زیره سبز گردید. شاید علاوه بر تأثیر فراهمی نیتروژن برای زیره سبز از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط عدس (Hauggard-Nielson et al., 2001)، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک (Eskandari & Ghanbari, 2010)، توزیع مطلوب تر نور توسط کانوپی مخلوط دو گونه (Rezaei- chianeh et al., 2010) و وجود اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل‌کنندگی (Koocheki et al., 2012) زیره سبز و عدس در کنار یکدیگر باشد. میزان تجمع اسانس علاوه بر موارد مذکور، تحت تأثیر عواملی چون ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصل خیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت قرار می‌گیرد (Maffei & Mucciarelli, 2003; Ayanoglu et al, 2002). در این آزمایش نیز میزان اسانس تحت تاثیر الگوی کاشت قرار گرفت. بنابراین، عوامل مذکور می‌تواند دلیل

بالا بودن اسانس دانه زیره سبز در کشت مخلوط باشد.

مافی و موسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) با بررسی کشت مخلوط سویا و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش نمودند که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. راجسوارا (Rajsawara, 2002) در کشت مخلوط شمعدانی عطری(*Pelargonium* sp.) و نعناع دریافت که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از ۶۰ سانتی‌متر به ۱۲۰ سانتی‌متر به‌طور معنی-داری کاهش یافت. اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تاثیر عرض نوار قرار نگرفت. سینگ و همکاران (Sing et al., 2010) در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و نعناع مشاهده کردند که تولید اسانس در کشت مخلوط با کشت خالص تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما موقعی که به تیمارهای کشت مخلوط کود سبز اضافه گردید به دلیل افزایش غلظت نیتروژن و دسترسی نعناع به این عنصر غذایی میزان اسانس نعناع به طور معنی‌داری افزایش یافت. در کشت مخلوط مرزه با شبدر ایرانی، درصد اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.) بین تیمار کشت خالص و تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما عملکرد اسانس به دلیل افزایش وزن خشک اندام رویشی در تیمار کشت خالص به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد که توانست کاهش درصد اسانس را جبران نماید (Hassanzadeh Aval, 2007).

نسبت برابری زمین جزئی

نسبت برابری زمین جزئی عدس و زیره سبز بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که نسبت برابری زمین جزئی زیره سبز نسبت به عدس بالاتر بود. بالاترین LER جزئی عدس (۰/۸۴) و زیره سبز (۰/۹۵) از تیمار کشت مخلوط ردیفی به‌دست آمد.



شکل٤- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر نسبت برابری زمین جزئی

Fig. 4– The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on partial land equivalent ratio

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

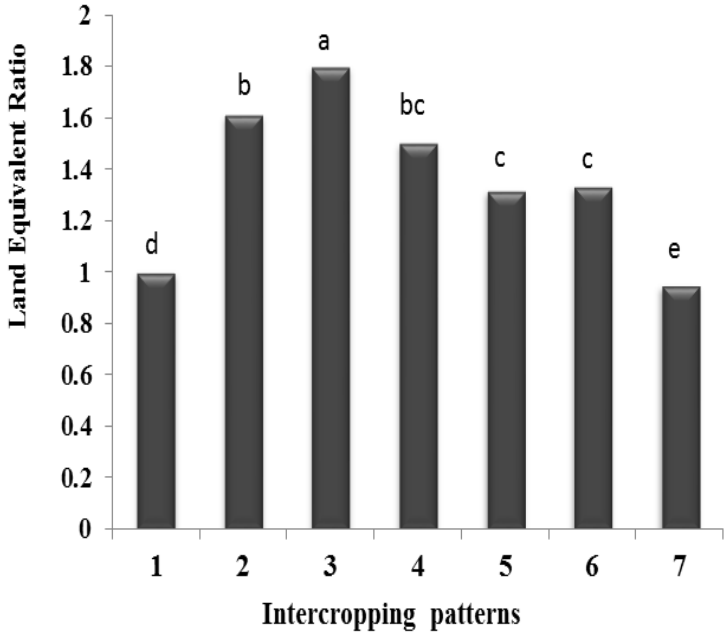
Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

LER جزئی زیره سبز بین تیمار کشت مخلوط ردیفی با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۴).

با توجه به این‌که هر دو گونه در این تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بودند به همین دلیل توانسته بودند به LER بالا برسند. LER جزئی در زیره سبز در تمامی تیمارها بالاتر از عدس بود که می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که زیره سبز از کشت مخلوط با عدس اثر مثبت بیشتری پذیرفته است. در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود مشخص شد که LER جزئی زیره سبز بالاتر از نخود بود (Abbasi-Alikamar et el., 2006). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) نشان دادند که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LERجزئی شاهدانه بالاتر از کنجد بود و می‌توان چنین استنباط نمود که شاهدانه گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته است. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) در کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله دریافتند که LER جزئی زنیان در تمامی تیمارها نسبت به شنبلیله بالاتر بود که نشان دهنده غالبیت زنیان بود. در بررسی کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان مشخص شد که مقدار نسبت برابری زمین جزئی لوبیا در تمامی الگوهای مخلوط بالاتر از گاوزبان بود که نشان داد، لوبیا از همراهی گاوزبان اثر مثبت پذیرفته که این امر باعث بهبود LER جزئی آن در مقایسه با گاوزبان شده است (Koocheki et al., 2012).

نسبت برابری زمین کل

مقایسه میانگین حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار نسبت برابری زمین کل بین الگوهای مختلف کشت مخلوط بود.



شکل ۵- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر نسبت برابری زمین کل

Fig. 5- The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on land equivalent ratio

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

بالاترین LER کل (۱/۸) از الگوی کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار آن از کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز معادل ۰/۹۴ حاصل شد (شکل ۵). با توجه به نتیجه آزمایش، به جز کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد.

بالا بودن نسبت برابری زمین از یک در کشت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود (Hemayati et al., 2002)، بهبود جذب و کارایی مصرف نور، تثبیت و جذب نیتروژن (Lee, 2003 & Ghanbari-Bonjar)، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه (Vandermeer, 1989) و کاهش رشد و زیست توده علف‌های هرز (Fotohye-chianeh et al., 2012) نسبت داد. در تحقیق میر هاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009)، بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله به ترتیب در تیمار مخلوط ردیفی و دو ردیفی با ۱/۴۷ و ۱/۲۸ مشاهده شد. زانگ و همکاران (Zang et al., 2007) نیز بیان داشتند که بیشترین نسبت برابری زمین در ترکیب سه ردیف گندم و یک ردیف پنبه (۱/۳۹) و کمترین مقدار آن از ترکیب شش ردیف گندم و دو ردیف پنبه (۱/۲۸) بدست آمد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی گزارش کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان به جز الگوی ۴:۴، LER بزرگتر از یک داشتند و به تدریج و با افزایش عرض نوار، مقدار آن کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج نشان داد که عملکرد عدس و زیره سبز تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت. با افزایش عرض نوار و تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد هر دو گونه و LER کاهش پیدا کرد. در تیمارهای کشت مخلوط، زیره سبز گیاه غالب بود. حضور عدس کنار زیره سبز در تیمارهای مختلف به احتمال زیاد با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجب افزایش اسانس زیره سبز گردید.

منابع

1. Abbasi-Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M., and Zand, E. 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research 4: 83-94. (In Persian with English Summary)
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 541-553. (In Persian with English Summary)
3. Ayanoglu, F., Mert, A., Aslan, N., and Gurbuz, B. 2002. Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. Journal Herbs Spices Medicinal Plants 9: 71–77.
4. Clevenger, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of the American Pharmacists Association 17: 346–349.
5. Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2010. Evaluation of competition and complementarity of Corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.) intercropping for nutrient consumption. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 67-75. (In Persian with English Summary)
6. Fotohi- chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F., and Rezaei-Chianeh, E. 2012. Effect of various corn and bean intercropping densities on crop yield and weed biomass. Journal of Agroecology 4: 131-143. (In Persian with English Summary)
7. Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Agroecology 4: 556-564. (In Persian with English Summary)
8. Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58: 28–36.
9. Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
10. Hasanzadeh Aval, F. 2007. Effect of density on agronomic characteristics and yield of savory andIranian clover in intercropping. MSc Thesis Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
11. Hauggard-Nielson, H., Ambus, P., and Jenson, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with

weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.
12. Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities Iranian Journal of Agricultural Science 25: 73-87. (In Persian with English Summary)
13. Jahan, M. 2004. Study of Ecological aspects intercropping of chamomile (*Matricaria chamomile* L.) and ever green (*Calendula officinalis* L.) with manure. MSc Thesis, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
14. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and. Senjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Agroecology 2: 27-36. (In Persian with English Summary)
15. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Agroecology 4: 1-11. (In Persian with English Summary)
16. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat-maize or wheat-soybean strip intercropping I.Yield advantage and interspecific interaction on nutrients. Field Crops Research 71: 123-137.
17. Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
18. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Publication, Tehran, Iran 310 pp. (In Persian)
19. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 685-694. (In Persian with English Summary)
20. Rajsawara, R.B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens Malin. ex Holmes). Crop Products 16: 133-144.
21. Rezaei-chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Agroecology 2: 437-447. (In Persian with English Summary)
22. Rezvan Bidokhti, S. 2004. Comparison of different combinations of planting corn and beans. Thesis of Master of Science in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23. Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of Cumin and Fenugreek. Iranian Journal of Crop Sciences 2: 217-230. (In Persian with English Summary)
24. Singh, M., Singh, A., Singh, R.S., Tripathi, A.K., Singh, D., and Patra, D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31: 289–293.
25. Thorsted, M.D., Olesen, J.E., and Weiner, S. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Research 95: 280–290.
26. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press, 297 pp.
27. Willey, R. W. 1990. Resource use in intercropping system. Agriculture Water Management 17: 215-231.
28. Zare Feizabadi, A., and Emamverdian, A.G. 2012. Effect of mixed cropping an yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 4: 144-150. (In Persian with English Summary)
29. Zhang. L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research 103: 178–188.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۸۲-۴۷۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 473-482

بررسی رابطه بین خصوصیات جمعیتی علف‌های هرز و کارایی استفاده از نیتروژن در گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود

سیما قلمباز[1*]، امیرآینه بند[2] و عبدالامیر معزی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی رابطه بین خصوصیات جمعیتی علف‌های هرز و به‌کارگیری نیتروژن در گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود در تراکم‌های مختلف علف هرز آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه‌تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمار اصلی شامل پنج روش مدیریت تلفیقی کود (شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد کود شیمیایی و هم‌چنین ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و فقط کود بیولوژیکی) و تیمار فرعی شامل سه تراکم علف‌هرز خردل وحشی (شامل ۷، ۱۴، ۲۱ بوته در مترمربع) بود. نتایج آزمایش نشان داد که روش ۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه مجموع کودهای بیولوژیکی در تراکم کم علف هرز بیش‌ترین وزن خشک و تراکم علف‌هرز را دارا بود. در روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی علف‌های هرز باریک برگ، وزن خشک و تراکم بیش‌تری در مقایسه با گونه‌های پهن برگ دارا بودند. در مقابل در روش فقط بیولوژیکی علف‌های هرز پهن برگ گونه‌ی غالب بودند. با کاهش درصد کود نیتروژن شیمیایی تنوع گونه‌ی غالب علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ کاهش یافت، لذا بیش‌ترین تنوع درگونه‌ی غالب علف هرز مربوط به تیمار فقط کود بیولوژیکی بود. با کاهش میزان نیتروژن کودی، شاخص‌کارایی استفاده از نیتروژن کودی افزایش یافت. به‌طورکلی شاخص‌های کارایی استفاده از کود بیش‌تر تحت تأثیر مقدار کود نیتروژن قرار گرفتند تا تراکم علف هرز. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش وابستگی به کودهای بیولوژیکی توان رقابتی گندم را در ابتدای دوره‌ی رشد کاهش داده، لذا باعث افزایش کمیّت و تنوع علف‌های هرز در انتهای دوره‌ی رشد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جمعیت علف‌های هرز، خردل وحشی، رقابت، کودهای بیولوژیکی

مقدمه

رقابت علف‌های هرز با گندم (*Triticum aestivum* L.) از جمله مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گندم در اکثر مناطق کشت آن به شمار می‌رود. برای نمونه گزارش شده افزایش تراکم علف‌هرز خردل وحشی از ۰ تا ۳۲ بوته در مترمربع عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا (*Brassica napus* L.) را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در این شرایط حضور ۱۰ و ۲۰ بوته بوته علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) به ترتیب باعث کاهش ۲۰ درصد و ۳۶ درصد عملکرد دانه در کلزا شد (Siyahpoosh et al., 2012). به‌طور مشابه نیزگزارش شده که حضور ۳۲ بوته خردل وحشی باعث کاهش ۳۶/۸ درصد عملکرد دانه‌ی گندم شد. بر این اساس آستانه‌ی اقتصادی حضور علف‌هرز خردل وحشی در گندم ۶-۵ بوته بیان شده است (Mehnan, 2003). از سوی دیگر، پژوهش‌های زیادی در مورد واکنش گیاهان زراعی و علف‌هرز به کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار انجام شده است. برای مثال، گزارش شده است که افزایش رشد تعداد زیادی از گونه‌های علف هرز مورد بررسی در اثر مصرف نیتروژن، در مقایسه با افزایش عملکرد گندم به مراتب چشمگیرتر بود و مقادیر اضافی نیتروژن موجب کاهش عملکرد گندم شد، ولی افزایش ماده خشک علف‌های هرز را در پی داشت (Blackshaw et al., 2003). در میان عناصر غذایی، نیتروژن نقش بسیار مهمی در قابلیت رقابت گیاهان دارد. رقابت برای جذب نیتروژن گسترده‌ترین شکل رقابت درون گونه‌ای در گیاهان زراعی و رقابت برون گونه‌ای در سامانه‌های رقابت علف‌هرز گیاه زراعی است (Hashemet al., 2000). از این‌رو، شناخت نحوه جذب و تخصیص نیتروژن در گیاهان در حال رقابت،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشیار گروه خاک شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: Sima_gh24@yahoo.com)

می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کلیدی در بهبود راهبردهای مدیریت علف‌های هرز عمل کند. در شرایط رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی، تعیین میزان محتوای نیتروژن بافت‌های گیاهی معیاری مناسب برای مقایسه سهم هر یک از گونه‌ها در استفاده از این عنصر است رقابت می‌تواندجذب، کارایی مصرف و نحوه تخصیص نیتروژن را در گیاهان تحت تأثیر قرار دهد (Gastal & Lemaire, 2002). این موضوع می تواند یک عامل مهم و بحرانی در نحوه رقابت بین گونه‌ها، در هنگام جذب نیتروژن باشد (Hodge et al., 1999).

روند فعلی تولید غلات در جهان به گونه‌ای است که هدف آن افزایش عملکرد می‌باشد، ولی در عین حال سودمندی تولید آن در ارتباط با مشکلات زیست محیطی و افزایش هزینه کودها نیز حفظ گردد. عملکرد بالا نیازمند نهاده نیتروژن بیش‌تر است و نهاده زیاد نیتروژن می‌تواند باعث مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی آب‌ها و افزایش هزینه کودها شود. بر این اساس به‌کارگیری ارقام گندم با کارایی نیتروژن بالا به لحاظ اقتصادی برای کشاورزان سودمند بوده و به آن‌ها کمک می‌کند تا ضمن کاهش آلایندگی محیط، مصرف بیش از حد کود نیتروژن را نیز کاهش دهند (Huggins, 2003). اگرچه مطالعات زیادی در مورد اثر نیتروژن بر رقابت برون گونه ای گیاهان انجام شده است، ولی هیچ یک از آن‌ها نتوانسته‌اند الگویی کلی در مورد نحوه اثر آن بر رقابت ارائه دهند (Nicotra, 1995 & Rodenhouse). این موضوع شاید به دلیل واکنش متفاوت گونه‌های مختلف به نیتروژن باشد. چنان‌که برخی از گونه‌های علف‌هرز به هنگام کاربرد نیتروژن برتری رقابتی نشان می‌دهند، در حالی‌که کاربرد نیتروژن در برخی دیگر از گونه‌ها موجب برتری رقابتی گیاهان زراعی شده است (Carlson & Hill, 1986). از میکروارگانیسم‌هایی که در همیاری با گیاهان نیتروژن را تثبیت می‌کنند، می‌توان به گونه‌های مختلف *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* اشاره کرد (Karimi, 2003). فراوانی نیتروژن در خاک موجب توسعه شبکه ریشه‌ای گسترده و افزایش ظرفیت تبادلی خاک می‌شود (Malakoti, 2000). گزارش شده بسته به گونه و تراکم علف‌هرز، افزایش فراهمی نیتروژن توانایی رقابتی علف‌های هرز را بیش از گیاه زراعی افزایش داده اما بدون تأثیر یا تأثیر افزایشی اندکی بر عملکرد گیاه زراعی داشت (Davis & Liebman, 2001). هم‌چنین گزارش شده که افزایش فراهمی نیتروژن تراکم علف‌هرز خردل وحشی را در محیط افزایش داد که نتیجه‌ی آن کاهش عملکرد دانه گندم بود. در حقیقت رقابت خردل وحشی باعث کاهش میزان تأثیرگذاری کود نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه گندم شد، اما در مقابل رشد بخش‌های هوایی و ریشه‌ی علف‌هرز خردل وحشی با فراهمی نیتروژن افزایش یافت (Behdarvand, 2012). به‌طور مشابه نیز اظهار شده که حضور علف‌هرز خردل وحشی وزن خشک گندم را تا ۳۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داد. همچنین افزایش کاربرد کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) وزن خشک خردل وحشی را تا ۱۰ درصد افزایش داد. این وضعیت باعث شد که عملکرد دانه گندم حدود ۲۶ درصد در شرایط رقابت با خردل وحشی و کاربرد کود نیتروژن زیاد کاهش یابد (Dhimia & Eleftherohorinos, 2005).

بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف کود نیتروژن در تلفیق با کودهای بیولوژیکی بر خصوصیات رقابتی علف‌های هرز و اثر آن بر کارایی استفاده از نیتروژن در گندم است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی واقع در حاشیه غربی رود کارون با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۴۱/۹۳ میلی‌متر و میانگین حداقل دما ۴ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه و میانگین حداکثر دما ۴۴ درجه‌ی سانتی‌گراد در اردیبهشت ماه بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی‌شنی با هدایت الکتریکی ۵/۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اسیدیته ۷/۹، محتوی مواد آلی ۰/۵۳ درصد، محتوی نیتروژن کل خاک ۰/۰۴۳ درصد، مقدار فسفر قابل تبادل ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار پتاسیم قابل تبادل ۱۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم بود. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل، مدیریت تلفیقی کود بوده که در پنج سطح به صورت زیر اجرا شد. N_1: ۱۰۰٪ کودشیمیایی، N_2: ۷۵٪ کود شیمیایی و مجموع کودهای بیولوژیکی، N_3: ۵۰٪ کودشیمیایی و مجموع کودهای بیولوژیکی، N_4: ۲۵٪ کود شیمیایی و مجموع کودهای بیولوژیکی، N_5: فقط مجموع کودهای بیولوژیکی بود. کود بیولوژیکی ترکیبی از کود سوپر نیتروپلاس (برای نیتروژن)، بارور۲ (برای فسفر)، بایو سولفور[1] (برایگوگرد)، کود آلی آلکان[2] (کود دامی کمپوست شده همراه با باکتری *تیوباسیلوس*) بود. کرت فرعی عبارت بود از تراکم‌های کم (D_1)، متوسط(D_2) و زیاد(D_3) علف‌هرزخردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) که به ترتیب شامل ۷، ۱۴ و ۲۱ بوته علف‌هرز در متر مربع بود. آماده‌سازی زمین در مهر ماه، کشت گندم در تاریخ ۲۹ آبان ماه و برداشت در هفته دوم اردیبهشت ماه بود. در این آزمایش از گندم رقم چمران استفاده شد. بذر گندم به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، در کرت‌هایی به ابعاد ۲ ×۳ شامل شش ردیف با فاصله روی ردیف سه سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی متر کاشته شد. البته بذور علف‌هرز خردل وحشی با تراکم بیش‌تر از مقدار

1- Biosulfur
2- Alkan

تعیین شده در بین خطوط و همزمان با بذر گندم کشت شدند. پس از اطمینان از سبز شدن مطلوب بذور علف‌هرز خردل وحشی تراکم‌های مورد نظر با حذف بوته‌های اضافی علف‌های هرز تعیین گردید. در مراحل اولیه رشد کلیه علف‌های هرز به جز بوته‌های خردل وحشی به روش وجین دستی حذف شدند. زمان وجین علف‌های هرز خردل وحشی رقابت کننده با گندم پس از مرحله پنجه زنی بود. بنابراین، بررسی خصوصیات جمعیتی علف‌های هرز شامل کلیه علف‌های هرزی بودند که پس از مرحله‌ی وجین جوانه زده و تا زمان برداشت گندم (آخرین آبیاری) در محیط حضور داشتند. کلیه عملیات آماده سازی زمین شامل کاشت، آبیاری، برداشت مطابق با عرف منطقه انجام گرفت. ارزیابی علف‌های هرز شامل اندازه‌گیری تراکم و وزن خشک گونه‌های علف‌های هرز و هم‌چنین خصوصیات گونه غالب علف‌هرز بود. به علاوه شاخص‌های کارایی استفاده از نیتروژن کودی، کارایی انتقال مجدد نیتروژن، کارایی برداشت نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن محاسبه شدند (Huggins & Pan, 2003) (جدول ۱). در نهایت، نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 وExcel مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و میانگین داده‌ها به‌وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با هم مقایسه شدند (Rezvani Moghaddam et al., 2013).

نتایج و بحث

پویایی جوامع علف‌های هرز

تراکم علف‌های هرز

اثر مجزای تیمارهای مدیریت کود و تراکم علف‌هرز و هم‌چنین بر هم‌کنش آن‌ها بر صفت تراکم علف‌های هرز ($p\leq$۰/۰۵) معنی‌دار شد (جدول ۲). در مراحل انتهایی رشد گندم تغییرات تراکم کل علف‌های هرز نشان می‌دهد که با تغییر در سهم یا درصد نیتروژن معدنی مورد استفاده، تراکم کل علف‌های هرز نیز تغییر یافته است (شکل ۱). به علاوه، تراکم علف‌های هرز در انتهای فصل رشد گندم تحت تأثیر شدت رقابت (تراکم) خردل وحشی با گندم قرار گرفته است. به عبارت دیگر، تراکم‌های مختلف خردل وحشی به واسطه‌ی تأثیر بر رشد اولیه‌ی بوته‌های گندم، بر تراکم علف‌های هرز در انتهای فصل رشد تأثیر گذار بود. به گونه‌ای که در تیمار N_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) و در شرایط رقابت کم و متوسط N_1D_1 و N_1D_2 به نظر می‌رسد رشد رویشی اولیه مناسب‌تر بوته‌های گندم تأثیر منفی بیش‌تری بر تراکم (و وزن خشک) علف‌های هرز در انتهای فصل رشد داشته، لذا تراکم علف‌های هرز در این دو حالت کم‌تر از شرایط رقابت شدید علف‌های هرز بود (N_1D_3). به عبارت دیگر، هر چه شدت رقابت علف‌های هرز (در این آزمایش خردل وحشی) با گندم در مراحل اولیه‌ی رشد بیش‌تر بود، از میزان تأثیرگذاری گندم بر علف‌های هرز در انتهای فصل رشد کاسته شد.در مقابل در روش N_5 (فقط کود بیولوژیکی) شرایط تقریباً بر عکس N_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) است. به گونه‌ای که در تیمار فقط مجموع کودهای بیولوژیکی درکم‌ترین شدت رقابت علف‌هرز (N_5D_1) در ابتدای فصل رشد در مقایسه با شدت رقابت متوسط و زیاد در این تیمار (N_5D_2 و N_5D_3) بیش‌ترین تراکم علف‌هرز را تولید کرده است (شکل ۱). با مقایسه این دو حالت (۱۰۰ درصد کود شیمیایی و فقط مجموع کودهای بیولوژیکی) به نظر می‌رسد که زمان فراهمی عناصر غذایی و طول دوره‌ی دسترسی گیاه به نیتروژن در این تفاوت‌ها بی‌تأثیر نبوده است. نتایج نشان می‌دهد در شرایطی که صرفاً از کودهای بیولوژیکی استفاده شد، تشدید رقابت خردل وحشی با گندم در ابتدای فصل رشد تأثیر کمی بر توان رقابتی گندم در انتهای فصل رشد داشته است (مقایسه تیمارهای N_5D_3 و N_5D_2 با تیمار N_5D_1) (شکل ۱). به هرحال، از آن‌جا که در بیش‌تر تیمارها تراکم علف‌هرز در روش‌های تلفیقی بیش‌تر از روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی است علت این تفاوت را می‌توان به طول دوره زمانی فراهمی عناصر غذایی برای بوته‌های گندم و علف‌های هرز اشاره داشت، زیرا روش‌های تلفیقی کاربرد کودهای بیولوژیکی باعث آزادسازی عناصر غذایی در کل دوره‌ی رشد به ویژه نیمه دوم رشد گندم خواهد شد. این مسئله به دسترسی بیش‌تر علف‌های هرز از انتهای دوره‌ی رشد به این ترکیبات منجر شده لذا ترکیبات آن‌ها افزایش می‌یابد، اما از آن‌جا که در روش شیمیایی عمده کاربرد کود معدنی در ابتدای دوره کاشت است، لذا بیش‌ترین مشکل رقابت و حضور علف‌هرز در مراحل اولیه رشد گندم خواهد بود، اما همان‌طور که در ادامه و در جدول ۳ نشان داده خواهد شد. در روش‌های تلفیقی تنوع جوامع علف‌های هرز بسیار متفاوت‌تر از روش ۱۰۰ درصد شیمیایی می‌باشد. بنابراین، این روش مدیریتی می‌تواند حد واسطی بین N_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) و N_5 (فقط مجموع کود بیولوژیکی) تلقی گردد.

وزن خشک علف‌های هرز

اثر مجزای تیمارهای مدیریت کود و تراکم علف‌هرز و هم‌چنین بر صفت تراکم علف‌های هرز معنی‌دار نبود، اما برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). این ویژگی علف‌های هرز نیز تحت تأثیر روش‌های مدیریت تلفیقی کود قرار گرفت. البته به نظر می‌رسد که میزان نوسانات آن در مقایسه با صفت ویژگی تراکم کل علف‌های هرز بیش‌تر باشد. هر چند که تیمار N_2D_1 (۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیکی در تراکم کم علف هرز) هم به لحاظ تراکم کل (شکل ۱) و هم به لحاظ وزن خشک کل (شکل ۲) بیش‌ترین کمیّت را دارا می‌باشد. با بررسی شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی (N_1) مشخص می‌شود.

جدول ۱- انواع شاخص‌های کارایی نیتروژن

Table 1– Different nitrogen use efficiency indices

۱-کارایی استفاده از نیتروژن کودی (کیلوگرم برکیلوگرم) ، NFUE: nitrogen fertilizer utilization efficiency (kg kg-1) =GD / Nf

۲- کارایی انتقال مجدد (درصد)، NRE: nitrogen remobilization efficiency (%)= (Ng-NA) / Nt anthesis

۳- کارایی برداشت نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، NHE: nitrogen harvest efficiency (kg kg-1) =Ng / Ns

۴- کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) Nf (kg kg-1) = G_{Df}-G_{Du}NAE: nitrogen agronomy efficiency

(نیتروژن ذخیره ای در خاک) Ns = Nitrogen supply(نیتروژن دانه)، Ng = grain N(نیتروژن کودی)، Nf = applied N fertilizer

Nh = postharvest inorganic N(نیتروژن معدنی در خاک پس از برداشت)، Nt = aboveground plant N at physiological maturity

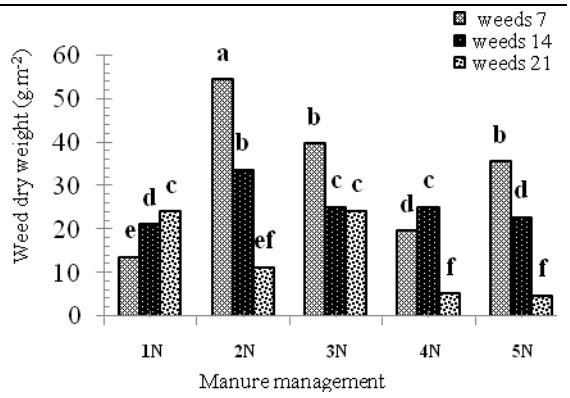
Nta = aboveground plant N at anthesis (نیتروژن موجود در اندام هوایی در مرحله رسیدگی)،

NA = total aboveground N at maturity minus total aboveground N at anthesis (نیتروژن موجود در اندام هوایی در مرحله گرده افشانی)،

Y = total biological (عملکرد دانه) ، Gw = grain yield (نیتروژن موجود در مرحله رسیدگی – نیتروژن موجود در اندام هوایی در مرحله گرده افشانی)،

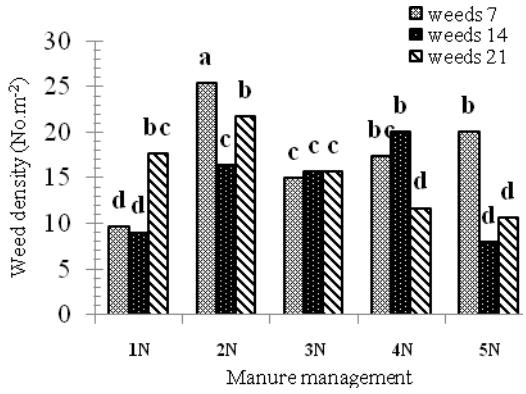
Gwu= Grain weight in unfertilizer plot (عملکرد دانه درکرت کودی)، Gwf= Grain weight in fertilizer plot(عملکرد بیولوژیک)، yield

(عملکرد دانه درکرت کنترل)



شکل ۱- برهمکنش مدیریت کود و تراکم علف هرز بر وزن خشک علف‌های هرز

Fig. 1- Interaction of fertilizer management weed mustard on dry weight



شکل ۲- برهمکنش مدیریت کود و تراکم علف هرز بر تراکم علف-های هرز

Fig. 2- Interaction of fertilizer management weed mustard on density

N_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، N_2: ۷۵ درصد کود شیمیایی کودهای بیولوژیکی، N_3: ۵۰ درصد کود شیمیایی و کودهای بیولوژیکی، N_4: ۲۵ درصد کودشیمیایی و کودهای بیولوژیکی، N_5: فقط مجموع کودهای بیولوژیکی. D_1: ۷ بوته علف هرز خردل وحشی، D_2: ۱۴ بوته علف هرز خردل وحشی ، D_3: ۲۱ بوته علف هرز خردل وحشی.

N_1: 100% Chemical fertilizer, N_2:75% Chemical fertilizer + biological fertilizer, N_3: 50% Chemical fertilizer + biological fertilizer, N_4: 25%Chemical fertilizer + biological fertilizer. N_5:100% biological fertilizer, D_1:7 weed plant, D_2:14 weed plant, D3: 21 weed plant.

هر چه شدت رقابت علف‌های هرز با گندم در ابتدای دوره رشد افزایش یافته احتمالاً به واسطه کاهش تأثیرگذاری گندم، میزان وزن خشک علف‌های هرز در انتهای دوره‌ی رشد افزایش یافته است (N_1D_1 ، N_1D_2و N_1D_3) (مقایسه رقابت کم، متوسط و زیاد علف هرز با گندم در شرایط ۱۰۰ درصد کود شیمیایی)؛ در حالی‌که با بررسی سه روش مدیریت تلفیقی کود (N_4- N_3- N_2) و هم‌چنین شرایط فقط‌کودهای بیولوژیکی (N_5) مشخص می‌شود که هر چه شدت رقابت علف‌های هرز با گندم در ابتدای دوره‌ی رشد افزایش یافته، در انتهای دوره‌ی رشد گندم وزن خشک علف‌های هرز کاهش یافته است. به عبارت دیگر با افزایش شدت رقابت واکنش صفت وزن علف‌های هرز در روش‌های تلفیقی متفاوت از روش ۱۰۰ درصد شیمیایی است. به نظر می‌رسد که بخش زیادی از این واکنش‌های متفاوت ناشی از تأثیرگذاری کودهای بیولوژیکی که آن هم ناشی از توزیع یکنواخت‌تر عناصر غذایی در طول دوره‌ی رشد گندم و هم‌چنین عدم دسترسی علف‌های هرز مزایای کودهای بیولوژیکی روی داده است، زیرا صرفاً بذرگندم با کودهای بیولوژیکی آغشته شده است، لذا فراهمی عناصر نیز عمدتاً برای گیاهان گندم بوده است. با مقایسه روند تغییرات صفات تراکم علف‌هرز (شکل ۱) و وزن خشک علف‌های هرز (شکل ۲) تحت تأثیر تیمارهای مدیریت کود مشخص می‌شود که در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (N_1) با افزایش تراکم علف‌های هرز، وزن خشک آن‌ها نیز افزایش یافته است، در حالی‌که در شرایط کاربرد فقط کودهای بیولوژیکی (N_5) روند تغییرات برعکس روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی است. به گونه‌ای که با افزایش تراکم وزن خشک علف‌های هرز کاهش یافته است. در تفسیر این دو حالت

متفاوت می‌توان چنین اظهار داشت که در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی به علت فراهمی سریع و احتمالاً کارایی بالاتر علف‌های هرز در مقایسه با گیاهان زراعی در جذب کود شیمیایی نیتروژن شرایط بیش‌تر به نفع علف‌هرز شده تا گیاه زراعی (Huggins & Pan, 2003). بنابراین بوته‌های علف‌هرز با جذب بیش‌تر نیتروژن معدنی، رشد رویشی بهتری نیز داشته‌اند (افزایش وزن خشک)، اما در شرایطی که فقط از کودهای بیولوژیکی استفاده شده است. به نظر می‌رسد آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در محیط بیش‌تر به نفع گیاه زراعی بوده تا علف‌های هرز که نتیجه‌ی این حالت افزایش توان رقابتی بوته‌های گندم در برابر علف‌هرز بوده است (Davis & Liebman, 2001). لذا هم تراکم علف‌های هرز کاسته شده و هم علف‌های هرز باقیمانده به علت دسترسی کم‌تر به عناصر غذایی (تشدید رقابت بین گونه‌ای به نفع گیاه زراعی) از جثه‌ی کوچک‌تری نیز برخوردار می‌باشند (کاهش وزن خشک).

گونه غالب علف‌هرز

بررسی دقیق‌تر وضعیت گونه‌های علف‌های هرز نشان می‌دهد که تغییر مدیریت کود نوع گونه‌ی علف‌هرز را نیز تغییر داده است. برای مثال، در بیش‌تر روش‌های پنج گانه‌ی مدیریت کود، علف‌های هرز پهن برگ به لحاظ وزن خشک نسبت به گونه‌های باریک برگ غالبیت دارند. البته این تفاوت در غالبیت در تیمار فقط کود بیولوژیکی (N_5) کم‌تر از سایر حالات است. در مقابل وضعیت تراکمی گونه‌های پهن برگ و باریک برگ علف‌های هرز نشان می‌دهد که اختلاف بین این دو گونه از جوامع علف‌های هرز در روش‌های پنج‌گانه مدیریت کود کم‌تر از صفت وزن خشک می‌باشد، اما به هرحال در روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (N_1) هر چه شدت رقابت در ابتدای دوره رشد گندم بیش‌تر بوده، به طور مشابه در انتهای دوره رشد نیز وزن خشک و تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ بیش‌تر از دو شدت رقابت کم و متوسط می‌باشد. بنابراین، از این نتایج می‌توان چنین استنباط نمود که گیاه گندم اساساً بیش‌ترین تأثیر بازدارندگی را بر هر دو گونه علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ به لحاظ صفت تراکم در مقابل صفت وزن خشک داشته است. به علاوه، نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که در هر دو روش N_5وN_1(به ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و فقط کود بیولوژیکی) به‌طور میانگین تراکم گونه‌های باریک برگ بیش‌تر از گونه‌های پهن برگ است. در حالی‌که به لحاظ وزنی این شرایط بر عکس است. بررسی دقیق‌تر نوع گونه غالب نشان دهنده این نکته است که در شرایط کاربرد تیمار N_1(۱۰۰ درصد کود شیمیایی) اساساً نوع گونه غالب چه به لحاظ وزنی و چه به لحاظ تراکمی شامل گونه‌های باریک برگ بوده که عمدتاً در برگیرنده علف‌هرز یولاف وحشی است.

تیمار Treatment	درجه آزادی df	تراکم علف هرز Weed density	وزن خشک علف هرز Weed dry weight	NFUE[4] kg.kg^{-1}	NRE [3] (%)	NHE[2] kg.kg^{-1}	NAE[1] kg.kg^{-1}
تکرار replication	2	505.64 ^{ns}	1735.56 ^{ns}	686.94 ^{ns}	393.62 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1694.98 ^{ns}
مدیریت کود fertilizer management	4	1393.42*	283.27 ^{ns}	103235.02**	23.72 ^{ns}	0.032*	8244.76**
خطای اصلی Main error	8	159.24	552.26	1603.88	95.9	0.009	1326.66
تراکم علف هرز Weed density	2	1167.77*	1029.88 ^{ns}	879.67 ^{ns}	113.13 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1305.68 ^{ns}
تراکم× مدیریت کود Density × management	8	1705.7*	11054.16**	544.17 ^{ns}	78.99 ^{ns}	0.004 ^{ns}	636.42 ^{ns}
خطای فرعی Minor error	2	106.88	1036.26	1236.52	129.33	0.010	1083.49

*، ** و ns: به ترتیب معنی دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

* , ** and ns: 0.05% , 0.01 % and non-significant, respectively.

جدول ۳- اثر مدیریت تلفیقی کود و شدت رقابت بر خصوصیات گونه‌های علف‌هرز

Table 3- Effect of integrated nutrient management and intensity of competition on characters of weed species

1- Nitrogen agronomy efficiency
2- Nitrogen harvest efficiency
3- Nitrogen remobilization efficiency
4- Nitrogen fertilizer utilization efficiency

نوع گونه غالب Dominant species		تراکم (تعداد در متر مربع) Density (Number.m^{-2})		وزن خشک(گرم در مترمربع) Dry weight (g.m^{-2})		تیمار Treatment	
تراکم Density	وزن Weight	باریک برگ Narrow leaf	پهن برگ Broadleaf	باریک برگ Narrow leaf	پهن برگ Broadleaf	تراکم خردل وحشی Wild mustard density	مدیریت کود Manure management
Avena ludoviciana L.	*Avena ludoviciana*L.	5.33 a	4.33 ab	8.82 a	17.38 b*	7	
Avena ludoviciana L.	*Avena ludoviciana* L.	5 a	4 ab	9.72 a	19.88ab	14	N_1
Siapis arvensis L.	*Avena ludoviciana* L.	10.33 a	7.33 ab	16.14 a	41.59 ab	21	
Avena ludoviciana L.	*Siapis arvensis* L.	12 a	13.33 a	5.09a	21.15 ab	7	
Avena ludoviciana L.	*Siapis arvensis* L.	7.66 a	8.66 ab	4.76 a	37.13ab	14	N_2
Phalaris canariensis L.	*Avena ludoviciana* L.	18.66 a	3 ab	21.41 a	9.94 b	21	
Avena ludoviciana L.	*Circium arvense* L.	5.66 a	9.33 ab	2.94 a	51.43ab	7	
Lolium temulentum L.	*Circium arvense* L.	7 a	8.66 ab	10.15 a	31.28 ab	14	N_3
Phalaris canariensis L.	*Circium arvense* L.	9.33 a	6.33 ab	11.05 a	34.82 ab	21	
Beta maritime L.	*Siapis arvensis* L.	9.66 a	7.66 ab	13.21 a	36.77 ab	7	
Beta maritime L.	*Phalaris canariensis* L.	13.66 a	6.33 ab	4.44 a	34.06 ab	14	N_4
Lactuca serriola L.	*Atriplex Patulum* L.	5.33 a	6.33 ab	3.02 a	41.56 ab	21	
Lactuca serriola L.	*Circium arvense* L.	13.66 a	11.33 ab	10.74 a	68.80 a	7	
Siapis arvensis L.	*trifolium pretense* L.	7.66 a	1 b	17.38 b	17.38 b	14	N_5
Lactuca serriola L.	*wild safflower* L.	5.33 a	4.33 a	3.13 a	4.04 b	21	

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد بر مبنای آزمون دانکن ندارند.

*Similar letters in each column show non-significant differences according to dun Test at 5% level of probability.

N_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، N_2: ۷۵ درصد کود شیمیایی کودهای بیولوژیکی، N_3: ۵۰ درصد کود شیمیایی و کودهای بیولوژیکی، N_4: ۲۵ درصد کودشیمیایی و کودهای بیولوژیکی،N_5: فقط مجموع کودهای بیولوژیکی. D_1: ۷ بوته علف هرز خردل وحشی، D_2: ۱۴ بوته علف هرز خردل وحشی ،D_3: ۲۱ بوته علف هرز خردل وحشی.

N_1: 100% Chemical fertilizer, N_2:75% Chemical fertilizer and biological fertilizer, N_3: 50% Chemical fertilizer and biological fertilizer, N_4: 25%Chemical fertilizer and biological fertilizer, N_5: just biological fertilizers, D_1:7 weed plant, D_2:14 weed plant, D_3: 21 weed plant.

در مقابل در تیمار فقط کود بیولوژیکی (N_5) شرایط کاملاً متفاوت شده است. به گونه‌ای که اولاً علف‌های هرز پهن برگ فرم غالب جوامع علف‌های هرزی به لحاظ تراکم و وزن خشک می‌باشند و ثانیاً بر خلاف روشN_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) که یک گونه خاص علف‌هرز (یولاف وحشی) فرم غالب بوده لذا در حالت N_5 (فقط کود بیولوژیکی) غالبیت یک گونه خاص علف‌هرز چه به لحاظ وزنی و چه به لحاظ تراکمی دیده نمی‌شود. این تغییرات نشان دهنده این نکته است که با کاهش نهاده‌ی کود شیمیایی و غالبیت نهاده کود بیولوژیکی تنوع گونه‌ی غالب علف‌هرزی از یک سو و نوع علف‌هرز نیز از سوی دیگر تغییر خواهد یافت. این مسئله به لحاظ اکولوژیک حائز اهمیت است، زیرا آن دسته از اکوسیستم‌های زراعی به لحاظ مدیریت اکولوژیک مناسب هستند که در آن‌ها علاوه بر افزایش تنوع زیستی، غالبیت متنوعی از جوامع زیستی نیز حضور داشته باشند. بر خلاف این شرایط سیستم‌های تک کشتی و پر نهاده قرار دارند که در آن‌ها معمولاً علف‌های هرز دارای تعداد گونه‌ی غالب محدود با تنوع جمعیّتی کم می‌باشند.

شاخص‌های کارایی نیتروژن

کارایی استفاده از نیتروژن کودی

کمیّت این شاخص تحت تأثیر هر دو مدیریت کود و شدت رقابت با علف‌هرز قرار گرفته اما همان‌طور که از نتایج جدول ۴ مشخص می‌شود، تیمار مدیریت کود تأثیر بیش‌تری در مقایسه با تیمار تراکم علف‌هرز بر این، شاخص داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که کلیه روش‌های تلفیقی کود نیتروژن که در آن از یک سو کمیّت کود نیتروژن مصرفی کاهش یافته و از سوی دیگر، نیز از کودهای بیولوژیکی استفاده شده در مقایسه با روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی از کمیّت شاخص کارایی استفاده از نیتروژن کودی بیش‌تری برخوردار می‌باشد. به‌علاوه، با تشدید رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی گندم در نتیجه تشدید رقابت توان استفاده این گیاه از کود نیتروژن مصرفی کاهش خواهد یافت به علاوه بخشی از نیتروژن کودی مصرف شده توسط جوامع علف‌هرز نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. مجموعه‌ی این دو حالت باعث شده که کمیّت این شاخص با تشدید رقابت علف‌های هرز کاهش یابد. البته لازم به توضیح است که در روش فقط‌کود بیولوژیکی که هیچ نیتروژن کودی به‌کار گرفته نشده مقدار این شاخص محاسبه نخواهد شد. به هر حال، نتایج برهمکنش تیمارهای آزمایش برای این شاخص نشان می‌دهد که با تغییر فراهمی نیتروژن برای گیاه و هم‌چنین درجه رقابت‌کنندگی علف‌های هرز کمیّت این شاخص به گونه‌ای تغییر یافته که تیمار N_4D_2 (۲۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیکی در تراکم متوسط علف‌هرز) بیش‌ترین (۲۹۸/۵۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) و تیمار N_1D_3 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی در تراکم زیاد علف‌هرز) کم‌ترین (۶۵/۰۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) کمیّت این شاخص را دارا می‌باشند.

افزایش وابستگی‌ها به کود نیتروژن درکارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد، در نتیجه می‌تواند حساسیت‌های اقتصادی را با تغییر سیستم کشت محصولات و میزان کود دهی افزایش داد (Huggins & Pan, 2003).

کارایی انتقال مجدد نیتروژن

این شاخص در حقیقت تابعی از نیتروژن ذخیره شده در مرحله گلدهی است که در مرحله رسیدگی از اندام‌های رویشی منتقل شده است. کمیّت این شاخص به لحاظ آماری تحت تأثیر روش‌های مدیریت کود و شدت رقابت با علف‌هرز قرار نگرفته است (جدول ۴). البته نتایج جدول نشان می‌دهد که با افزایش تراکم علف‌هرز از ۷ به ۱۴ بوته در مترمربع مقدار آن افزایش (از ۶۳/۸ به ۶۶/۸ درصد) ولی با تشدید رقابت (۲۱ بوته در مترمربع) کمیّت آن کاهش یافته است (۶۱/۳ درصد). معنی‌دار نشدن این شاخص تحت تأثیر علف‌های هرز می‌تواند ناشی از این نکته باشد که طول دوره رقابت علف‌هرز خردل وحشی با گندم زودتر از زمان رسیدن گیاه به مرحله حداکثر توان فتوسنتزی (در این مرحله بیش‌ترین میزان ماده خشک در اندام‌های رویشی ذخیره می‌شوند) پایان یافته است. به عبارت دیگر، اگر چه رقابت بر رشد اولیه گیاه گندم تأثیر گذاشت، اما از آن جا که شروع انتقال مجدد در مراحل بعدی رشد گندم اتفاق افتاده است. لذا کم‌تر تحت تأثیر پدیده رقابت قرار گرفته است. به هرحال بیش‌ترین (۶۸/۱ درصد) میزان کارایی انتقال مجدد نیتروژن در تیمار N_2D_1 (۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیکی در تراکم کم علف‌هرز) حاصل شده است (جدول ۴). نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد سطوح پایین نیتروژن مصرفی (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) نتیجه‌اش کارایی انتقال مجدد نیتروژن بیش‌تر در مقایسه با کاربرد مقادیر بالای نیتروژن (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. این شرایط به این معنی است که در فراهمی زیاد نیتروژن، نیتروژن موجود با کارایی مطلوبی از اندام‌های رویشی به دانه منتقل نمی‌شود (در مقایسه با شرایطی که نیتروژن کمی در خاک وجود داشته باشد). به علاوه، در گندم کارایی انتقال مجدد نیتروژن همبستگی قوی و منفی با تعداد پنجه‌ها دارد. زیرا انتقال نیتروژن از پنجه‌ها به دانه بسیار دیر هنگام و در مراحل آخر پر شدن دانه صورت می‌گیرد. لذا کاربرد زیاد کود نیتروژن قبل از گلدهی باعث کاهش کارایی انتقال مجدد نیتروژن می‌شود که علت آن به تأخیر افتادن شروع انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به زایشی است (Huggins & Pan, 2003).

کارایی برداشت نیتروژن

این شاخص که کارایی تجمع نیتروژن در دانه نیز نامیده می‌شود، در حقیقت سنجشی است از آن دسته از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه زراعی و فرآیندهای خاک که منجر به تجمع کارآمد نیتروژن در دانه می‌شوند. نتایج این آزمایش حاکی از تأثیرگذاری بیش‌تر تیمار مدیریت کود در مقایسه با شدت رقابت در این شاخص است (جدول ۴). به گونه‌ای که هم روش‌های تلفیقی و هم روش فقط کود بیولوژیکی از کمیّت شاخص کارایی برداشت نیتروژن بالاتری نسبت به روش ۱۰۰ درصد کود شیمیایی برخوردار می‌باشند. این افزایش تقریباً معادل ۲۳ درصد بهبود در کمیّت این شاخص بین شرایط N_1 و N_5(به ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و فقط مجموع کودهای بیولوژیکی) است.البته در ادامه اگرچه به لحاظ آماری تشدید رقابت علف‌هرز با گندم تفاوتی را برای کمیّت این شاخص نشان نمی‌دهد، ولی به لحاظ معدنی بیش‌ترین مقدار آن (۰/۴۹) در تراکم کم علف‌هرز (۷ بوته علف هرز در مترمربع) بدست آمده است. این مسئله در نهایت منجر به آن شده که بالاترین کمیّت این شاخص در تیمار N_5D_1 بدست آید. به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیکی با فراهمی تدریجی و مطلوب عناصر غذایی در طی زمان شرایط جذب بهتر این مواد را برای گندم فراهم نموده و احتمال آبشویی را نیز کاهش داده‌اند. در ادامه نیز حضور علف‌های هرز امکان جذب بیش‌تر نیتروژن را توسط گیاه گندم فراهم نموده است که همگی در نهایت منجر به بهبود کمیّت این شاخص در تیمار N_5D_1 شده است. مقدار این شاخص در گندم با افزایش سطوح نیتروژن کاهش یافت. اختلاف کارایی برداشت نیتروژن بین سطوح صفر و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۳۲ درصد بود. در تحقیق دیگری نیز بیان شد که با افزایش در کاربرد نیتروژن، مقدار کارایی شاخص نیتروژن در گندم کاهش یافت (Ayneband et al., 2011).

برخی از محقیقین معتقدند، استراتژی‌های مدیریتی‌که باعث افزایش‌کارایی برداشت نیتروژن می‌شوند را می‌توان به فراهمی بیش‌تر نیتروژن از طریق تقویت چرخه معدنی شدن، متحرک شدن نیتروژن و دیگری بهبود کارایی‌های جذب نیتروژن موجود توسط گیاه نام برد (Huggins, 2003).

کارایی زراعی نیتروژن

این شاخص بیانگر نسبت تفاوت در عملکرد دانه در شرایط کاربرد و عدم کاربرد کود نیتروژن معدنی به صورت کود مصرفی می‌باشد. به عبارت دیگر کمی کردن واکنش گیاه زراعی یا رقم زراعی به کود مصرفی است. مقدار این شاخص با کاهش کاربرد نیتروژن کودی از ۱۰۰ درصد (N_1) به ۲۵ درصد (N_4) افزایش یافته است (از ۱۹/۶ به ۷۹/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم). از سوی دیگر، هر چه شدت رقابت گندم با علف‌های هرز افزایش یافته در مقابل کمیّت شاخص کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافته است (از ۴۱/۹ به ۲۴/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) که این مسئله نشان می‌دهد تشدید رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی امکان بهره برداری مناسب بوته‌های گندم را از نیتروژن کودی موجود کاهش داده است. در ادامه با بررسی بر هم‌کنش تیمارهای آزمایش

برای این صفت مشخص می‌شود که اگرچه با کاهش مقدار نیتروژن مصرفی کمیّت این شاخص بهبود یافته است. اما بذور جوامع علف‌هرز تأثیرات متفاوتی بر مقدار آن داشته است. به هرحال، بیش‌ترین (۱۰۱/۴) کمیّت شاخص کارایی نیتروژن در تیمار N_4D_3 (۲۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیکی در تراکم زیاد علف‌هرز) تولید شده است. این مسئله را می‌توان به این صورت توجیه نمود که تأثیر کمیّت نیتروژن کودی مصرفی بر این شاخص بسیار بیش‌تر از شدت رقابت خردل وحشی بوده است.

البته به نظر می‌رسدکه میزان شدت رقابت تعیین شده در این آزمایش زیاد بر تغییرات این شاخص تأثیرگذار نبوده است. روند کاهشی در شاخص کارایی زراعی با افزایش نیتروژن مصرفی توسط سایر پژوهشگران نیز بیان شده است (Lopez-Bellido et al., 2001).

جدول٤- اثر مدیریت تلفیقی کود و شدت رقابت بر خصوصیات گونه‌های علف‌هرز

Table 4- Effect of integrated nutrient management and intensity of competition on some nitrogen use efficiency indices

NAE ($kg.kg^{-1}$)	NHE ($kg.kg^{-1}$)	NRE (%)	NFUE ($kg.kg^{-1}$)	تیمارها Treatment
				مدیریت کود
				Manure management
19.6 bc	0.39 b	65.81 a	71.34 c *	N_1
30 bc	0.40 ab	61.63 a	98.90 c	N_2
48.8 ab	0.42 ab	63.26 a	152.21 b	N_3
79.6 a	0.51 a	64.39 a	286.27 a	N_4
-	0.51 a	64/98 a	-	N_5
				تراکم علف هرز
				Weed density
39.9 a	0.49 a	63.88 a	129.87 a	D_1
24.9 a	0.42 a	66.82 a	120.70 a	D_2
41.9 a	0.43 a	61.33 a	114.67 a	D_3
				کود×تراکم علف هرز
				Fertilizer×weed
15.7 b	0.43 ab	66.6 a	69.67 c	N_1D_1
21.8 b	0.39 b	74.1 a	79.33 bc	N_1D_2
21.4 b	0.37 b	56.6 a	65.02 c	N_1D_3
42.3 ab	0.46 ab	68.1 a	114.21 bc	N_2D_1
9.2 b	0.36 b	57.9 a	85.90 bc	N_2D_2
38.43 ab	0.37 ab	58.7 a	96.58 bc	N_2D_3
73.2 ab	0.42 ab	61.5 a	181/10 b	N_3D_1
24.7 b	0.36 b	65.5 a	139.68 bc	N_3D_2
48.6 ab	0.47 ab	62.6 a	135.85 bc	N_3D_3
68.6 ab	0.53 ab	59.1 a	284.36 a	N_4D_1
68.6 ab	0.49 ab	69.1 a	298.57 a	N_4D_2
101.4 a	0.52 ab	64.9 a	275.88 a	N_4D_3
-	0.60 a	63.8 a	-	N_5D_1
-	0.48 ab	67.4 a	-	N_5D_2
-	0.45 ab	63.7 a	-	N_5D_3

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد بر مبنای آزمون دانکن ندارند.

*Similar letters in each column show non-significant differences according to dun Test at 5% level of probability.

N_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، N_2 : ۷۵ درصد کود شیمیایی کودهای بیولوژیکی، N_3: ۵۰ درصد کود شیمیایی و کودهای بیولوژیکی، N_4: ۲۵ درصد کودشیمیایی و کودهای بیولوژیکی، N_5: فقط مجموع کودهای بیولوژیکی. D_1: ۷ بوته علف هرز خردل وحشی، D_2: ۱۴ بوته علف هرز خردل وحشی ، D_3: ۲۱ بوته علف هرز خردل وحشی.

N_1: 100% Chemical fertilizer, N_2:75% Chemical fertilizer and biological fertilizer, N_3: 50% Chemical fertilizer and biological fertilizer, N_4: 25%Chemical fertilizer and biological fertilizer. N_5: just biological fertilizers, D_1:7 weeds, D_2:14 weeds, D_3: 21 weeds.

هر چند که روند آن در این آزمایش متعادل‌تر بود (بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد). در آزمایشی با کاربرد کود سبز لوبیا چشم بلبلی و مقایسه آن با تیمار آیش به لحاظ شاخص کارایی زراعی مشخص شد که کود سبز لوبیا چشم بلبلی باعث افزایش معنی‌دار این شاخص در مقایسه با تیمار آیش شد (Singh et al., 2010).

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این آزمایش نشان داد که تغییر شیوه‌ی مدیریت کود نیتروژن علاوه بر این‌که بر خصوصیات علف‌های هرز (مانند تراکم کل و وزن خشک کل و نوع گونه‌های علف‌هرز) اثر می‌گذارد کارایی استفاده از نیتروژن را نیز در گندم تغییر خواهد داد. همچنین شدت رقابت علف‌های هرز با بوته‌های گندم در ابتدای دوره‌ی رشد با تأثیر بر توان رشد رویشی گندم بر پویایی علف‌های هرز در انتهای دوره‌ی رشد تأثیر گذار بود. با مقایسه دو روش کاملاً بیولوژیکی و شیمیایی نشان داد که به ترتیب گونه‌های پهن برگ و باریک برگ غالب بودند البته تنوع جوامع علف‌هرز نیز در روش بیولوژیکی بسیار بیش‌تر از روش کاملاً شیمیایی بوده است. هم‌چنین شاخص‌های کارایی نیتروژن در این آزمایش بیش‌تر تحت تأثیر میزان کاربرد نیتروژن کودی قرار داشته تا شدت رقابت با علف‌هرز. بنابراین، نتایج نشان داد که کاهش سهم کود نیتروژن معدنی و افزایش وابستگی به کودهای بیولوژیکی اگرچه باعث بهبود بیش‌تر شاخص‌های کارایی استفاده از نیتروژن گردید، اما در مقابل به نظر می‌رسد با کاهش توان رقابتی گندم در اوایل دوره‌ی رشد باعث افزایش کمیّت و هم‌چنین تنوع جوامع علف‌های هرز در انتهای دوره‌ی رشد گندم خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات پرسنل مزرعه گروه زراعت و اصلاح نباتات و آزمایشگاه شیمی تجزیه تشکر و قدردانی می نماییم.

منابع

1. Aynehband, A., Moezi, A.A., and Sabet, M. 2011. The comparison of nitrogen use efficiencies in old and modern wheat cultivars: agroecological results. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 10(4): 574-586.
2. Behdarvand, P., Chinchanikar, G., and Dhumal, K. 2012. Influences of different nitrogen levels on competition between spring wheat (*Triticum aestivum* L.) andwild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Journal of Agricultural Science 4(12): 134-139.
3. Blackshaw, R.E., Brandt, R.N., and Grant, C.A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. Weed Science 51: 532- 539.
4. Carlson, H.L., and Hill, J.E. 1986. Wild oats (*Avena fatua* L.) competition with spring wheat: Effects of nitrogen fertilization. Weed Science 34: 29-33.
5. Davis, A., and Liebman, M. 2001. Nitrogen source influences wild mustard growth and competitive effect on sweet corn. Weed Science 49: 558-566.
6. Dhimia, K., and Eleftherohorinos, I. 2005. Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) competition with three winter cereals as affected by nitrogen supply. Journal of Agronomy and Crop Science 191: 241-248.
7. Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: anagronomical and ecophysiological perspective. Journal of Experimental Botany 53: 789-799.
8. Hashem, A., Radosovich, S.R., and Dick, R. 2000. Competition effects on yield, tissue nitrogen, and germination of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and Italianray grass (*Lolium multiflorium* L.). Weed Technology 14: 718-725.
9. Hodge, A., Robinson, D., Griffiths, B.S., and Fitter, A.H. 1999. Why plants bother: root proliferation results in increased nitrogen capture from an organic patch when two grasses compete. Plant, Cell and Environment 22: 811-820.
10. Huggins, D.R., and Pan, W.L. 2003. Key indicators for assessing nitrogen use efficiency in cereal-based agro ecosystems. Special edition of Journal of Crop Production 8(1-2): 157-186.
11. Karimi, H. 1381. Wheat. Publication of Tehran University Publication Center, Tehran, Iran 599 pp. (In Persian)
12. Kim, D.S., Marshall, E.J.P, Brain, P., and Caseley, J.C. 2006. Modeling the effects of sub-lethal doses of herbicide and nitrogen fertilizer on crop-weed competition. Weed Research 46: 492- 502.
13. Lopez-Bellido, R.J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31–46.
14. Malakoti, M.J. 1378. Sustainable agriculture and enhance performance optimization of fertilizer use. Publications Education Publications Agriculture Karaj. p. 224. (In Persian)
15. Mennan, H. 2003. Economic of *Sinapis arvensis* L. (Wild Mustard) in winter wheat fields. Pakistan Journal of Agronomy 2(1): 34-39.

16. Nicotra, A.B. and Rodenhouse, N.L. 1995. Intra-specific competition in *Chenopodium album* varies with resource availability. Nicotra, A.B. and Rodenhouse, N.L. 1995. Intra-specific competition in Chenopodium album varies with resource availability. American Midland Naturalist Journal 134: 90.
17. Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., and Jafari, L. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology 5(2): 105-112.
18. Singh, M., Singh, A., Singh, S., Tripathi, R.S., Singh, A.K., and Patra, D.D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31: 289–293.
19. Siyahpoosh, A., and Fathi, G., and Zand, E. 2012. Competitiveness of different densities of two wheat cultivars with wild mustard weeds species (*Sinapis arvensis* L.) in different densities. World Applied Science Journal 20(5): 748-752.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۹۱-۴۸۳

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 483-491

اثر دما و عمق آب بر خصوصیات جوانه‌زنی ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) در شرایط آزمایشگاه

متین حقیقی خواه[1*]، محمد خواجه حسینی[2] و محمد بنایان اول[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

واکنش جوانه‌زنی گیاهان زراعی به شرایط مختلف محیطی یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده قابلیت این گیاهان در رقابت با علف‌های‌هرز می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر عمق آب و دماهای مختلف بر خصوصیات جوانه زنی ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) و علف هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) مطالعه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. عوامل مورد مطالعه شامل عمق آب (شاهد، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ سانتی‌متر) و دما (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و ارقام برنج خزر، هاشمی، دمسیاه و نیز علف‌هرز سوروف بود. براساس نتایج حاصله بهترین واکنش در خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی هر سه رقم برنج و سورف به دما در تیمار۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد، روند واکنش به دما دارای یک روند صعودی از دمای۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود ولی با افزایش دما به بیش از این میزان روند نزولی به خود گرفت. افزایش عمق آب باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی تمام ارقام مورد استفاده شد، ولی مقاومت ارقام برنج به افزایش عمق آب بیش از علف‌هرز سوروف بود.

واژه‌های کلیدی: اکسیژن، رقابت، درجه‌حرارت، علف‌هرز

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از گیاهان مهم تیره گندمیان و غذای اصلی بیش از یک سوم جمعیت دنیاست. به نظر می‌رسد که مبداء اولیه برنج، آسیا بوده است (Chabra et al., 2006). تولید برنج در دنیا از ۶۱۰ میلیون تن در سال ۱۹۹۹ به ۶۸۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ رسیده است و تولید برنج در ایران از ۲/۳ میلیون تن در سال ۱۹۹۹ به ۳/۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ رسیده است (FAO, 2005) که حدود ۷۰ درصد آن در استان‌های شمالی کشور تولید می‌شود.با توجه به رشد روز افزون جمعیت و افزایش نیازهای غذایی و محدودیت برای افزایش سطح زیر کشت برنج باید درصدد افزایش عملکرد در واحد سطح بود. یکی از عوامل کاهش عملکرد برنج خسارت ناشی از حضور علف‌های‌هرز در شالیزار است کاهش عملکرد برنج در اثر رقابت با علف‌های‌هرز حدود ۲۵ درصد برآورد شده است (Lindquist &Kropff, 1996). سوروف (*Echinichloa crus-galli* L.) یکی از ده علف‌هرز خطرناک دنیا می‌باشد که به دلیل شباهت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکیا برنج مهمترین علف‌هرز آن در دنیا محسوب می‌شود (Gibson et al., 2003). ارتفاع زیاد آن نیز باعث شده رقیبی قوی برای جذب نور باشد، به‌طوری‌که بیشترین رشد و نمو خود را در نور کامل داشته و به سایه حساس می‌باشد به این جهت یکی از روش‌های زراعی مؤثر در مدیریت آن توسعه سریع کانوپی برنج و افزایش سرعت سایه‌اندازی روی آن می‌باشد (Holm, 1969).

به دلیل نقش بذر در استقرار سریع گیاه، فرآیند جوانه‌زنی بذر به‌عنوان یک عامل کلیدی در کشاورزی اهمیت خود را حفظ کرده است (Copeland & McDonald, 2001). جوانه‌زنی بذر مرحله‌ای بحرانی در طی مراحل زندگی گیاه برای بقاء گونه‌ها به شمار می‌رود (Huang et al., 2003). همچنین زمان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی از مفاهیم مهم اکولوژیکی بوده و می‌توانند در بقاء گیاهچه و بلوغ آن تأثیر بسزایی داشته باشند (Xiao et al., 2010). جوانه‌زنی سریع‌تر گیاهان زراعی در ابتدای فصل رشد توانایی رقابت آن‌ها را با علف‌های هرز

۱، ۲ و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m_haghighi_646@yahoo.com)

افزایش می‌دهد. مطالعات نشان داده است که بذر ارقامی از گندم بهاره (*Triticumae stivum* L.) که توانایی جوانه‌زنی در دمای کمتر را دارند گیاهانی با قدرت رقابت بالاتر تولید می‌کنند نسبت به ارقامی که نیاز به دمای بیشتری برای شروع جوانه‌زنی دارند (Seefeldt et al., 2002). در دمای مطلوب بیشترین جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن اتفاق می‌افتد (Copeland & McDonald, 2001). دمای مطلوب جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف، متفاوت است. آفتابگردان (*Hellianthus annuus* L.) در گستره‌ی دمایی ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زند که ۲۵ درجه سانتی‌گراد مناسب‌ترین دما جهت جوانه‌زنی سریع‌تر این گیاه می‌باشد، با افزایش دما به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد پوشش بذر و پریکارپ مانع از جوانه‌زنی می‌شوند (Gay et al., 2003). سرعت رشد گیاهچه‌های جو (*Hordeum vulgar* L.) با افزایش دمای جوانه‌زنی از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (Sung et al., 2005). گزارش شده که گیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron* Bunge.) در ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد بهترین جوانه‌زنی را داشت و با افزایش دما به ۳۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (Huang et al., 2003). دمای پایین سبب تأخیر در جوانه‌زدن بذر برنج شده و موجب تولید گیاهچه‌های ضعیف و یا حتی باعث از بین رفتن آنها می‌شود و در نهایت، قدرت رقابت گیاه با علف‌هرز کمتر شده و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. بهترین دما جهت جوانه‌زنی برنج ۲۵ تا ۳۵ درجه‌سانتی‌گراد گزارش شده است (Jiang et al., 2006).

آب یک نیاز اساسی برای جوانه‌زنی است و جهت فعالیت آنزیم‌ها، تجزیه، انتقال و استفاده از مواد ذخیره‌ای لازماسترطوبت مازاد یا حالت غرقاب جوانه‌زنی بذر چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) را به تأخیر می‌اندازد (Copeland & McDonald, 2001). حال آن‌که بر طبق تحقیقات جوانه‌زنیبارهنگ آبی (*Plantago major* L.) در عمق ۱ و ۱۲ سانتی‌متر آب بهتر از شاهد بود (Xiao et al., 2010).

برنج نیز گیاهی است که قادر به جوانه زنی در شرایط غرقاب می باشد. بنابراین مدیریت سطح آب در مزارع برنج یکی از موفق‌ترین روش‌های کنترل علف‌هرز است که توسط کشاورزان استفاده می‌شود. سن و همکاران (Sen et al., 2002) گزارش دادند که افزایش سطح آب به مقدار ۵ تا ۷ سانتی‌متر در مزارع برنج در کالیفرنیا از رشد علف های هرز مهم جلوگیری می‌کند. ایجاد شرایط غرقابی در مزرعه به عمق ۱۰ سانتی‌متر مانع از جوانه‌زنی بذر بسیاری از علف‌های هرز شده و گیاهچه‌های علف‌های هرز را نیز از بین می‌برد (Sen et al., 2002). میزان تنفس در طی جوانه‌زنی به سرعت افزایش می‌یابد و از آنجا که تنفس یک فرایند اکسیداسیونی می‌باشد، بنابراین بایستی اکسیژن کافی جهت این فرآیند مهیا باشد (Copeland & McDonald, 2001). با کاهش غلظت اکسیژن به پایین‌تر از میزان موجود در هوا جوانه‌زنی بذرهای ذرت کاهش یافت (Van Toai, 1988). بر طبق گزارشات حداکثر جوانه‌زنی بذر گونه‌هایی نظیر سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، ذرت و سویا (*Glycine max* L.) زمانی به وقوع می‌پیوندد که غلظت اکسیژن به مقدار موجود در هوا نزدیک باشد (Al-Ani et al., 1985). اگرچه در این زمینه استثناهایی وجود دارد. سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) گیاهی است که تا حدی به غرقاب مقاوم است، اما برنج در رقابت با سوروف به شرایط غرقاب مقاومت بیشتری نشان می‌دهد. لذا در عمق‌های زیاد آب، برنج قادر به جوانه‌زنی می‌باشد، در حالی‌که جوانه‌زنی سوروف کاهش می یابد (Sen et al., 2002). ارقام متعددی از برنج از جمله خزر، هاشمی و دمسیاه در سطح استان گیلان و مازندارن کشت می‌شوند. رقم خزر یکی از ارقام اصلاح شده است که از طریق دورگ‌گیری بین رقم TNAU 7456 و یکی از لاین‌های خواهری IR36 به نام IR2071-625-1-52 بدست آمد. رقم خزر به‌طور میانگین نه پنجه‌بارور تولید می‌کند و ارتفاع بوته در آن تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌رسد. تعداد روزهای تا ۵۰ درصد گلدهی در این رقم ۱۰۷ روز است. وزن هزار دانه ۲۵ گرم و عملکردی حدود ۴/۲ تن در هکتار دارد و بنابراین، از ارقام پرمحصول محسوب می‌شود. هاشمی یکی از ارقام بومی است که بعد از رقم خزر بیشترین سطح کشت را در ایران دارا می‌باشد. توانایی تولید ۱۱ پنجه بارور را دارد و ارتفاع آن تا ۱۴۰ سانتی‌متر می‌رسد. تعداد روزهای تا۵۰ درصد گلدهی در این رقم ۹۲ روز است و در رده ارقام متوسط رس می‌باشد وزن هزار دانه آن بطور متوسط ۲۵ گرم و دارای عملکردی معادل ۳/۵ تن در هکتار می‌باشد. دمسیاه نیز یکی از ارقام بومی ایران است و نه تنها در ایران، بلکه در جهان نیز یکی از با کیفیت‌ترین ارقام است، ولی به دلیل مشکلاتی از قبیل حساسیت به ورس این رقم سطح زیر کشت آن پایین است. تعداد پنجه بارور آن ۱۶ عدد و ارتفاع آن تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد، بنابراین، جز ارقام پابلند می‌باشد. تعداد روزهای تا ۵۰ درصد گلدهی در این رقم ۹۵ روز است. وزن هزار دانه‌ی دمسیاه ۲۳ گرم است و عملکرد آن در حدود ۳/۵ تن در هکتار می‌باشد. ارقام مذکور هرکدام بدلیل ویژگی‌های خاص خود احتمالاً قدرت رقابتی متفاوتی با علف‌های هرز از جمله سوروف را در مراحل مختلف رشدی از جمله رشد اولیه نشاء دارا می‌باشند و بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی تفاوت اثر عمق آب و دمای محیط بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه نشاء سه رقم برنج و نیز یک توده‌ی بذری سوروف در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش جهت بررسی توانایی جوانه‌زنی بذور برنج در اعماق مختلف آب و در دماهای مختلف در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. نمونه‌های بذری مورد

مطالعه عبارت بودند از سه رقم برنج شامل خزر، دمسیاه و هاشمی تولید سال ۱۳۸۷ در شهرستان لشت‌نشاء واقع در استان گیلان و بذر علف‌هرز سوروف که از همان مزارع جمع‌آوری شده بودند. طرح آماری مورد استفاده فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار بود. تیمارهای اعمال شده به ترتیب شامل: دما در هفت سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، عمق آب در شش سطح (۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ سانتی‌متر) و شامل ارقام برنج و علف‌هرز سوروف در چهار سطح (سوروف، خزر، دمسیاه و هاشمی) بودند. برای انجام آزمایش از ظروف استوانه‌ای با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر ۴/۵ سانتی‌متر استفاده شد. برای بررسی اثر هر تیمار، چهار تکرار هر یک شامل ۲۵ بذر در نظر گرفته شد. بذور برنج ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند و سپس به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزمایشگاه قرار داده شدند تا به رطوبت اولیه برسند (ISTA, 2008). پس از آن درون استوانه‌ای گذاشته شدند. سپس با اضافه نمودن آب مقطر به ظروف حاوی بذر عمق آب در تیمارهای مختلف تنظیم شد. در تیمار شاهد بذور فقط مرطوب بودند. در بذور سوروف ابتدا برای شکستن خواب بذر از اسیدسولفوریک استفاده شد. پس از هشت دقیقه بذور تیمار شده با اسیدسولفوریک (Haghighi Khah et al., 2012) با آب مقطر شستشو شدند تا اثری از اسید بر آنها باقی نماند بقیه‌ی مراحل مانند بذور برنج انجام شد. سپس ظروف مربوط به هر تیمار دمایی در ژرمیناتور با دمای مشخص قرار داده شدند. شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه طی ۱۴ روز (برنج) و ۱۰ روز (سوروف) انجام شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه‌ی دو میلی‌متر بود. در روز آخر آزمایشگیاهچه‌های نرمال شمارش شدند. گیاهچه‌های سالم و کامل با ریشه‌چه و ساقه‌چه طبیعی با اندازه متناسب و رنگ طبیعی به‌عنوان گیاهچه‌های نرمال در نظر گرفته شدند، طول ساقه‌چه نیز در روز آخر اندازه‌گیری شد و سرعت جوانه‌زنی بر حسب متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT[1]) محاسبه شد (KhajeHosseini & Matthewst, 2005).

جهت تجزیه آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و Excel استفاده شد (Saber et al., 2013). مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که عوامل دما، عمق و رقم روی درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی و اثرات متقابل بین آنها ($p\leq ۰/۰۱$) اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). براساس نتایج حاصله، با افزایش دما از ۱۰ به ۳۰ درجه سانتی‌گراد میانگین درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش محسوسی یافت و پس از آن با افزایش دما مقادیر فاکتورهای مورد اشاره کاهش یافت (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین درصد و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی در تیمار ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد با میانگین‌های ۹۶/۵ درصد و ۲ روز بدست آمد، با این وجود، در ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد هیچ گونه‌جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد. براساس مطالعات انجام شده بهترین دما جهت جوانه‌زنی برنج دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد است (Jiang et al., 2006). آکمن (Akman, 2009) گزارش کرد که افزایش دما از ۳۵ به ۴۱ درجه - سانتی‌گراد جوانه‌زنی برنج را کاهش داد. به نظر می‌رسد که افزایش دما به بیشتر از محدوده ۳۰ درجه سانتی‌گراد باعث ایجاد تغییر در ماهیت و مکانیسم عمل آنزیم‌های مورد نیاز جهت جوانه‌زنی شده باشد.

افزایش عمق آب تأثیر شدیدی بر درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی نداشت، به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین ۷۹/۴ مربوط به تیمار شاهد و پایین‌ترین آن با میانگین ۷۰/۷۵ مربوط به تیمار عمق آب۱۰ سانتی‌متر بود (جدول ۲). حالت غرقابی بر رشد، متابولیسم، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه اثر منفی دارد و این امر به دلیل محدودیت انتشار گازها در فاز آبی می‌باشد (Ito et al., 1999). سن و همکاران (Sen et al., 2002) گزارش دادند که با افزایش عمق آب از صفر به ۸ سانتی‌متر تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در عمق ۰ و ۲ سانتی‌متر آب بذور برنج صد در صد جوانه زدند، در حالی که با افزایش عمق آب در حد ۶ تا ۸ سانتی‌متر درصد جوانه‌زنی به ۷۰ در صد کاهش یافت (Sen et al., 2002).

در بین ارقام برنج بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین۸۱/۵۲ درصد مربوط به رقم هاشمی و پایین‌ترین آن مربوط به رقم خزر با میانگین ۶۸/۵ درصد بود. درصد جوانه‌زنی بذور علف‌هرز سوروف از درصد جوانه‌زنی هر سه رقم برنج مورد مطالعه کمتر و مقدار آن ۶۷/۲۱ درصد بود (جدول ۲). بررسی نتایج اثرات متقابل بین تیمارهای دما و عمق آب بر درصد جوانه زنی نشان داد، در دماهای کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش عمق آب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ۱)، حال آن‌که با افزایش دما به بیش از۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش عمق آب سبب بهبود در جوانه‌زنی بذور شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و عمق صفر (۹۹ درصد) بدست آمد. انجلینی و همکاران (Angelini et al., 1998) گزارش کردند که افزایش دما از۸ به۲۰ تا۳۰ درجه سانتی‌گراد متوسط زمان جوانه‌زنی گیاه کنف (*Hibiscus cannabinus* L.) را از ۱۴ به ۶ روز کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که با افزایش بیش از حد دما مواد مترشحه از بذر افزایش می‌یابند که این مواد خود سبب جلوگیری از جوانه‌زنی بذور می‌شوند، در این حالت افزایش عمق آب

1- Mean germination time

سبب کاهش غلظت این مواد شده و در نتیجه جوانه‌زنی بهبود می‌یابد. بررسی اثرات متقابل بین رقم و دما نشان می‌دهد که هر سه رقم برنج مورد مطالعه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر جوانه‌زنی خود رسیده‌اند. حال آن‌که جوانه‌زنی سوروف در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر میزان خود رسید (شکل ۲). بنابراین، سوروف دیرتر از ارقام برنج مورد مطالعه به دمای مطلوب خود برای جوانه‌زنی می‌رسد و این می‌تواند فرصتی برای جوانه‌زنی و استقرار سریع‌تر نشاءهای برنج نسبت به سوروف ایجاد کند.

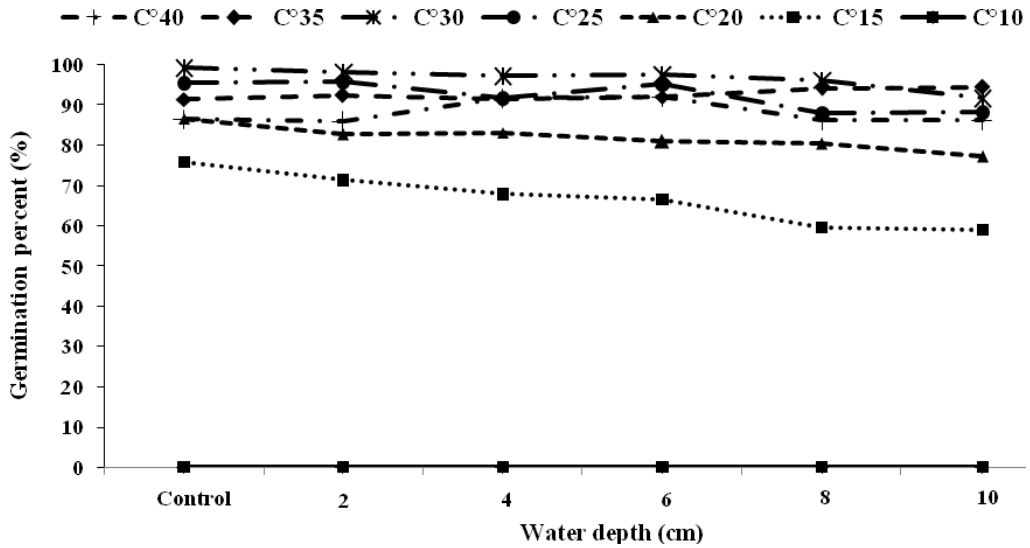
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای برنج و سوروف

Table 1- analysis of Variance of germination and seedling characteristics of rice and barnyard grass

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal seedling	طول گیاهچه Seedling length
دما (A) Temperature (A)	6	111312**	810**	91313**	64817**
عمق آب (B) Water depth (B)	5	5091**	0.65**	332**	2394**
رقم (C) Variety (C)	3	8515**	11**	22319**	4625**
A×B	30	141**	0.95**	386**	841**
A×C	18	1013**	4.07**	1428**	1103**
B×C	15	351**	0.67**	215**	728*
A×B×C	90	258	0.33**	514**	474*
اشتباه آزمایشی Experimental error	504	47.19	0.17	76.8	364

** و *: به ترتیب به معنای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: are significant at 1 and 5 % probability levels



شکل۱- اثر متقابل بین عمق آب و دما بر درصد جوانه‌زنی

Fig. 1- Interaction effect between water depth and temperature on the germination percentage

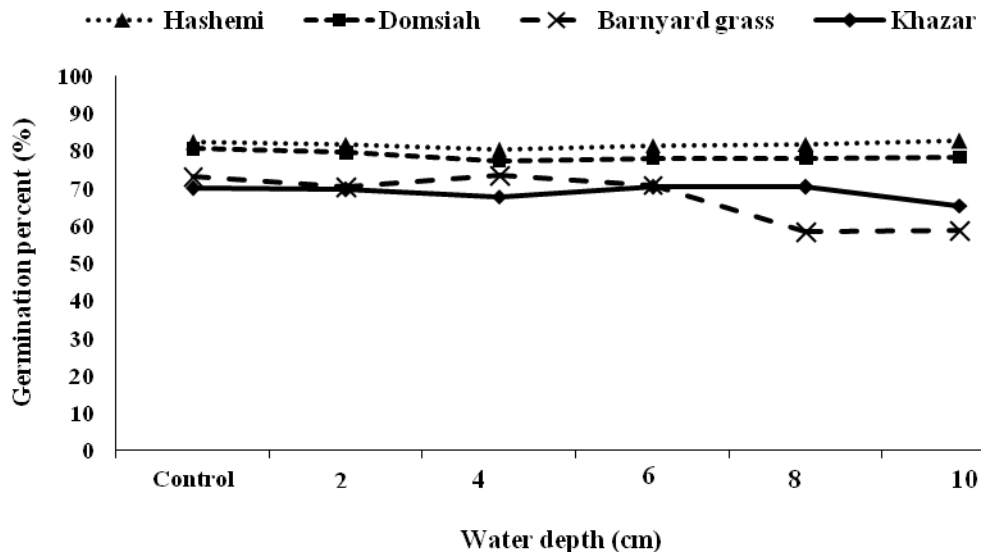
جدول ۲- مقایسات میانگین اثرات اصلی تیمارهای مختلف دمایی و عمق آب بر صفات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای برنج و سوروف

Table 2- Mean comparison of the effects of different treatments of temperature and water depth on germination and seedling characteristics of rice and barnyard grass

طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal seedling	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	تیمار Treatment	
0^{e}	0^{g}	0^{e}	0^{f}	10	
6.33^{d}	42.95^{f}	9.55^{a}	66.58^{e}	15	دما
28.95^{b}	66.79^{d}	4.84^{b}	81.91^{d}	20	(درجه سانتی‌گراد)
66.52^{a}	82.79^{b}	4.03^{c}	92.16^{b}	25	Temperature
67.73^{a}	89.16^{a}	2.98^{d}	96.45^{a}	30	(°C)
29.84^{b}	79.79^{c}	3^{d}	92.37^{b}	35	
16.42^{c}	63.5^{e}	2.95^{d}	87.83^{c}	40	
30.87^{b}	60.89^{ab}	3.81^{c}	79.35^{a}	0	
30.73^{b}	57.82^{c}	3.95^{ab}	74.92^{a}	2	عمق آب
25.14^{c}	59.67^{bc}	3.92^{ab}	74.6^{a}	4	(سانتی‌متر)
25.11^{c}	61.39^{ab}	4.02^{a}	74.92^{a}	6	Water depth
31.41^{b}	62.57^{a}	3.87^{bc}	71.85^{b}	8	(cm)
37.51^{a}	61.92^{ab}	3.85^{bc}	70.75^{b}	10	
23.37^{c}	49.78^{c}	4.26^{a}	68.5^{c}	Khazar خزر	رقم
34.72^{a}	69.83^{a}	3.87^{b}	78.38^{b}	Domsiah دمسیاه	Cultivar
33.8^{a}	71.47^{a}	3.65^{c}	81.52^{a}	Hashemi هاشمی	
28.56^{b}	51.76^{b}	3.83^{b}	67.21^{c}	Barnyard grass سوروف	

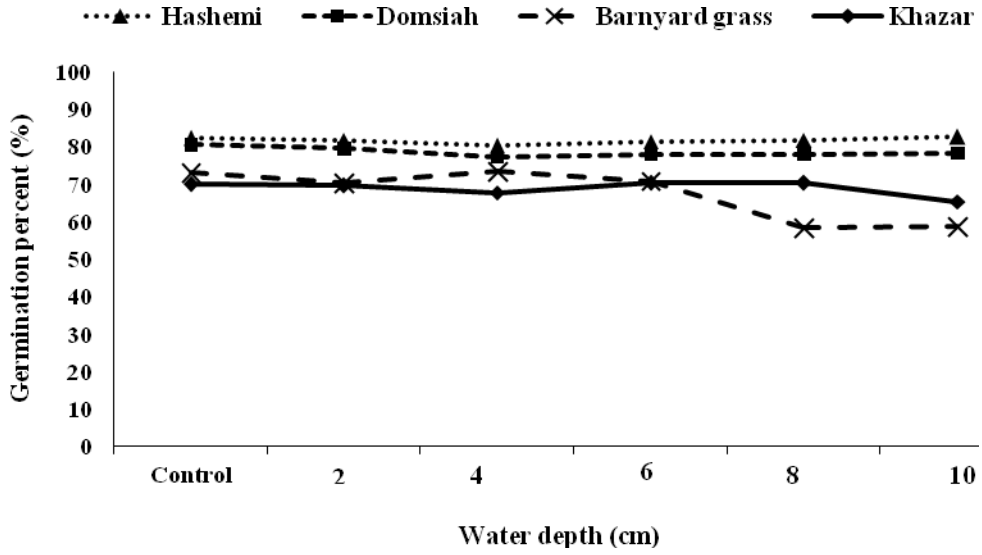
*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSDتفاوت معنی‌دارندارند(P≤۰/۰۵).

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$).



شکل ۲- اثر متقابل بین رقم و دما بر درصد جوانه‌زنی

Fig. 2- Interaction effect between temperature and cultivar on the germination percentage



شکل ۳- اثر متقابل رقم و عمق آب بر درصد جوانه‌زنی برنج

Fig. 3- Interaction effect between cultivar and water depth on the germination percentage of rice

بررسی اثرات موجود بین رقم و عمق آب نشان داد که درصد جوانه زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی علف هرز سوروف حساسیت بالاتری نسبت به افزایش عمق آب دارد، افزایش عمق آب در دو رقم هاشمی و دمسیاه درصد جوانه‌زنی را تغییر نداد، ولی در رقم خزر افزایش عمق آب به بالاتر از هشت سانتی‌متر درصد جوانه‌زنی را کاهش داد (شکل ۳). حال آن‌که افزایش عمق آب به بیش از شش سانتی‌متر جوانه‌زنی را کاهش داد و در هشت سانتی‌متر کاهش بیشتری یافت و در عمق ۱۰ سانتی‌متر آب، درصد جوانه‌زنی مشابه عمق هشت سانتی‌متر بود. بنابراین به نظر می‌رسد که برای کنترل سوروف توسط افزایش عمق آب می‌توان عمق هشت سانتی‌متر را برای هر سه رقم برنج پیشنهاد نمود.

درصد گیاهچه‌های نرمال و طول ساقه‌چه

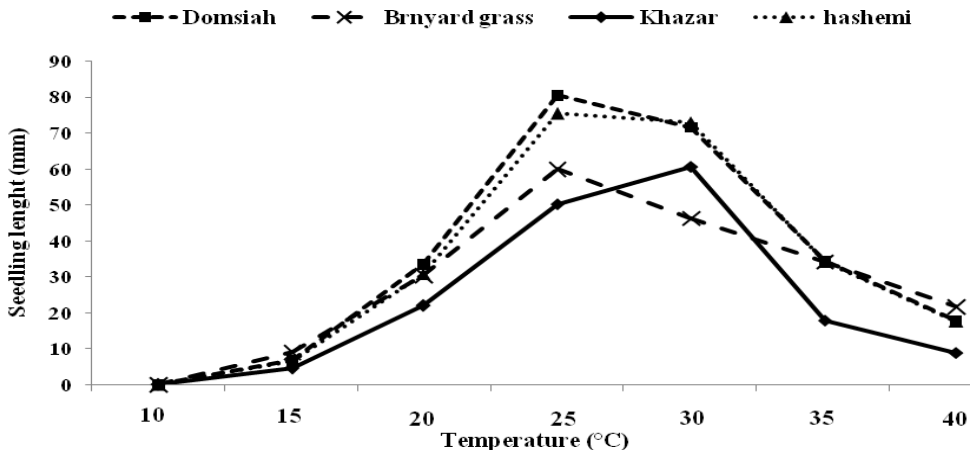
بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان از تأثیر معنی‌دار فاکتورهای

دما و عمق و رقم و اثرات متقابل آنها بر درصد گیاهچه‌ی نرمال و طول‌ساقه‌چه داشت (جدول ۱). درصد گیاهچه‌های نرمال با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، پس از آن با افزایش بیشتر دما تا حد ۴۰ درجه سانتی‌گراد درصد گیاهچه‌های نرمال کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین درصد گیاهچه‌ی طبیعی و طول ساقه‌چه با میانگین‌های ۸۹ درصد و ۶۷ میلی‌متر در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین درصد گیاهچه‌ی نرمال و طول ساقه‌چه در تیمارهای دمایی ۴۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (جدول ۲). دمای کم موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش گیاهچه‌های غیر نرمال در گیاه ذرت می‌شود (Khajeh Hosseini et al., 2009). به نظر می‌رسد که در دمای بالا پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تغییر می‌یابند و این باعث تاخیر در جوانه‌زنی و تولید گیاهچه‌های غیر طبیعی می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش دما از ۳۵ به ۴۱ درجه سانتی‌گراد مانع از طویل شدن ساقه‌چه و ریشه‌چه در برنج و ذرت شد (Akman., 2009). به نظر می‌رسد کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به دلیل کاهش هورمون‌های تحریک‌کننده و افزایش ترکیبات بازدارنده در دمای بالا می‌باشد (Kabar & Baltep, 1987). بالاترین و پایین‌ترین میانگین درصد نشاءهای طبیعی به ترتیب با ۷۸ و ۴۹ مربوط به ارقام هاشمی و دمسیاه بود (جدول ۲).

بررسی روند تغییرات اثرات متقابل بین تیمارهای دما و رقم مورد استفاده بر درصد گیاهچه‌های نرمال و طول ساقه‌چه نشان داد، تمام ارقام برنج و نیز سوروف در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بالاترین درصد گیاهچه‌های نرمال و نیز طول ساقه‌چه را دارا بودند (شکل‌های ۴ و ۵). هرچند طول گیاهچه در رقم خزر کمتر از دو رقم دیگر بود که شاید بتوان این را دلیلی بر تحمل کمتر افزایش عمق آب در این رقم دانست که به نظر می‌رسد ناشی از کوتاه بودن طول ساقه آن باشد. هر چند عمق آب تأثیر چندانی بر میانگین زمان جوانه‌زنی نداشت، افزایش عمق آب تأثیر شدیدی بر کاهش درصد گیاهچه‌های نرمال سوروف داشت و حساسیت به عمق آب در ارقام برنج به‌صورت محسوسی کمتر از سوروف بود (شکل ۶). با افزایش عمق آب مقدار اکسیژن کاهش می‌یابد. گیاه بالغ به دلیل دارا بودن سیستم تهویه‌ای توسعه یافته (آئرانشیم) به شرایط غرقاب مقاوم است که وجود این بافت در این گیاه منجر به رسیدن هوا به ریشه از طریق برگ و ساقه می‌شود. در مقایسه با گیاه کامل بذر برنج و گیاهچه هنوز فاقد این سیستم توسعه یافته می‌باشند و برای جوانه‌زنی و رشد در شرایط کمبود اکسیژن به انرژی و متابولیک مانند گلوکز و آمینواسید نیاز دارند (Jang et al., 2006).

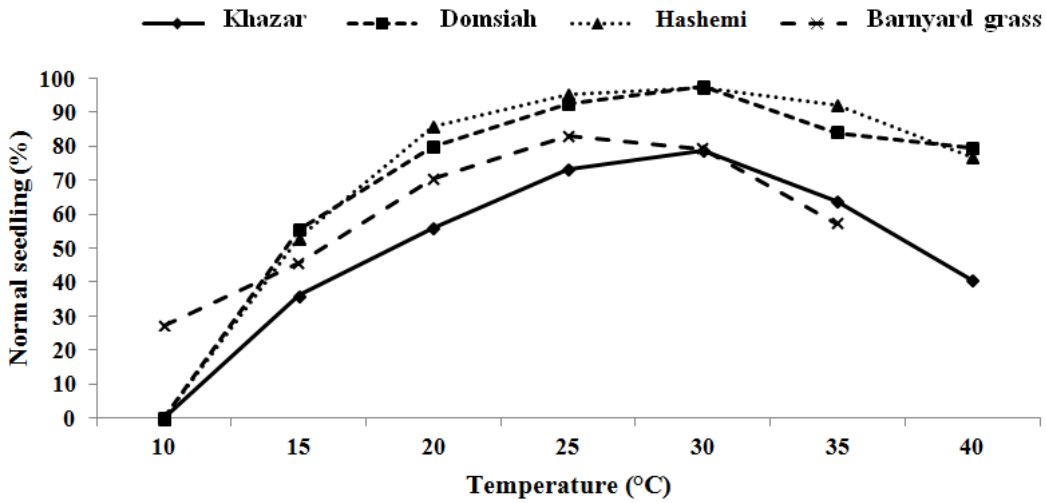
نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج کلی، این آزمایش دما و عمق آب تأثیر مستقیمی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و درصد گیاهچه‌های نرمال در ارقام مختلف برنج و علف‌هرز سوروف داشت. دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بهترین تیمار دمایی جهت حصول بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال بود. افزایش عمق آب باعث کاهش درصد و افزایش زمان لازم برای جوانه‌زنی تمام ارقام مورد استفاده شد. با این وجود بیشترین طول گیاهچه در عمق ۱۰ سانتی‌متری آب حاصل شد، حساسیت علف‌هرز سوروف به افزایش عمق آب بیش از ارقام مختلف برنج بود.



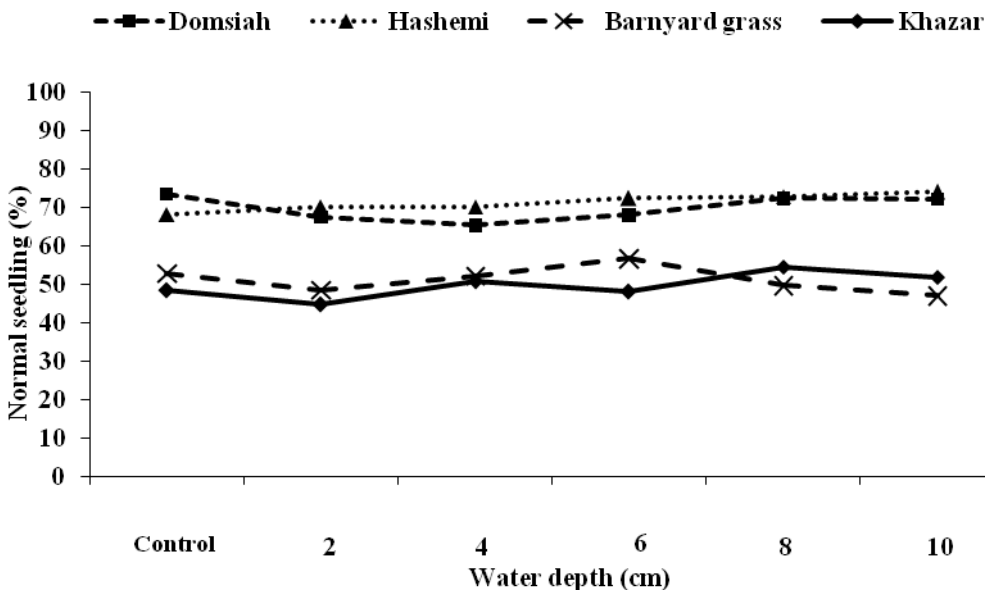
شکل ٤- اثر متقابل بین رقم و دما بر طول گیاهچه برنج

Fig. 4- Interaction effect between cultivar and temperature on the seedling length of rice



شکل ۵- اثرات متقابل بین رقم و دما بر درصد گیاهچه‌های نرمال برنج

Fig. 5- Interaction between cultivar and temperature on the percent of normal seedlings of rice



شکل ٦- اثرات متقابل بین عمق آب و رقم بر درصد گیاهچه‌های نرمال برنج

Fig. 6- Interaction between water depth and cultivar on the percent of normal seedlings of rice

بیشترین درصد جوانه‌زنی بین ارقام برنج مربوط به رقم هاشمی بود. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که افزایش عمق آب در مزرعه باعث کاهش ظهور و جوانه‌زنی علف هرز سوروف در مزرعه برنج می‌شود. تحمل به افزایش عمق آب در ارقام برنج متفاوت بود که به نظر می‌رسد ناشی از ویژگی‌های متفاوت ارقام است. با توجه به عدم تأثیر منفی عمق آب روی جوانه‌زنی ارقام برنج مورد استفاده تا عمق هشت سانتی‌متر و نیز کاهش قابل توجه جوانه‌زنی سوروف در این عمق به نظر می‌رسد که بتوان عمق هشت سانتی‌متر آب را در خزانه‌کاری‌ها برای کنترل علف‌هرز سوروف پیشنهاد نمود.

منابع

1. Akman, Z. 2009. Comparison of high temperature tolerance in maize, rice and sorghum seeds by plant growth regulators. Journal of Animal and Veterinary Advances 8(2): 358-361.
2. Al-Ani, A., Bruzau, F., Raymond, P., Saint-Ges, V., Leblanc, J.M., and Pradet, A. 1985. Germination, respiration and adenylate energy charge of seeds at various oxygen partial pressures. Plant Physiology 79: 885-890.
3. Angelini, L.G., Macchia, M.,Ceccarini, L., and Bonari, E. 1998. Screening of kenaf (*Hibiscus annabinus* L.) genotypes for low temperature requirements during germination and evaluation of feasibility of seed production in Italy. Field Crops Research 59: 73-79.
4. Chabra, D., Kashaninejad, M., and Rafiyee, S. 2006. Study and comparison of waste contents in different rice dryers. Proceeding of the First National Rice Symposium, Amol, Iran. (In Persian)
5. Copeland, L.O., and McDonald, M.B. 2001. Principles of Seed Science and Technology. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
6. Food and Agriculture Organization (FAO). 2005. The FAO STAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org.
7. Gay, C., Corbineau, F., and Come, D. 2003. Effects of temperature and oxygen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental and Experimental Botany 31: 193-200.
8. Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E. 2003. Crop traits related to weed suppression in water-seeded rice (*Oryza sativa* L.). Weed Science 51: 87-93.
9. Haghighi Khah, M., Khajeh Hosseini, M., and Bannayan, M. 2012. Effect of different treatment on breaking dormancy of various species of barnyard grass (*Echinochloa crus galli* and *Echinochloa orizy cola*). Protection of Plant 27(2): 255-257. (In PErsian with English summary)
10. Holm, L. 1969. Weed problems in developing countries. Weed Science 17: 113-118.
11. Huang, Z., Zhang, X., Zheng, G., and Gutterman, Y. 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron* L. Journal of Arid Environments 55: 453-464.
12. ISTA. 2008. International Rules for Seed Testing, Zurich, Suitzerland.
13. Ito, O., Ella, E., and Kawano, N. 1999. Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. Field Crops Research 64: 75-90.
14. Jiang, L., Liu, S., Hou, M., Tang, J., Chen, L., Zhai, H., and Wan, J. 2006. Analysis of QTLs for seed low temperature germinability and anoxia germinability in rice (*Oryza sativa* L.). Field Crops Research 98: 68-75.
15. Kabar, K., and Baltepe, B. 1987. Alleviation of salinity stress on germination of barley seeds by plant growth regulators. Doga Turkish Journal of Biology 3: 108-117.
16. Khajeh Hosseini, M., Lomholt, A., and Matthews, S. 2009. Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigor and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology 37: 446-456.
17. Lindquist, J.L., and Kropff M.J. 1996. Applications of an ecophysiologycal model for irrigated rice (*Oriza sativa* L.) and *Echinochloa* competition. Weed Science 44: 52-56.
18. Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2005. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology 34: 339-347.
19. Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Abasisan, A. 2013. 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. Agroecology 5(1): 39-49. (In Persian with English Summary)
20. Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K., and Waller J.E. 2002. Base growth temperatures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticumae aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crops Research 75: 47-52.
21. Sen, L.T.H., Ranamukhaarachchi, S.L., Zoebisch, M.A., Hasan, M.M., and Meskuntavon, W. 2002. Effects of early-inundation and water depth on weed competition and grain yield of rice in the Central Plains of Thailand. Conference on International Agricultural Research for Development.
22. Sung, H.G., Shin, H.T., Ha, J.K., Lai, H.L., Cheng, K.J., and Lee, J.H. 2005. Effect of germination temperature on characteristics of phytase production from barley. Bioresource Technology 96: 1297-1303.
23. Van Toai, T., Fausey, N., and McDonald, M.B. Jr. 1988. Oxygen requirements for germination and growth of flood tolerant corn lines. Crop Science 28: 79-83.
24. Xiao, C., Wang, X., Xia, J., and Liu, G. 2010. The effect of temperature, water level and burial depth on seed germination of *Myriophyllum spicatum* and *Potamogetonm alaianus*. Aquatic Botany 92: 28-32.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۵۰۱-۴۹۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 492-501

مصرف باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR)، نیتروژن و روی بر عملکرد دانه و جذب نیتروژن در کلزا (*Brassica napus* L.)

ناهید جعفری[۱]، مسعود اصفهانی[۲*] و علیرضا فلاح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای نیتروژن، سولفات روی و کود زیستی حاوی *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۳۰۸، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم) به‌عنوان عامل اصلی و دو عامل کود سولفات روی در دو سطح (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک در دو سطح (با و بدون کود بیولوژیک) به‌عنوان عوامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که بین سطوح نیتروژن، کود زیستی و کود سولفات روی از نظر تأثیر بر تجمع و جذب نیتروژن در کلزا اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکرد دانه (۲۵۶۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتارنیتروژن + کود زیستی + کود سولفات روی به‌دست آمد. بیشترین میزان نیتروژن گیاه (۴/۹ درصد) در مرحله رشدی روزت و بیشترین میزان نیتروژن دانه (۳/۶ درصد) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی به‌دست آمد. بیشترین کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی + کود سولفات روی (به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۲۹/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد. با توجه به معنی‌داربودن اثر متقابل کود زیستی و کود سولفات روی همراه با مقادیر کمتر کود نیتروژن و بیشترین کارایی جذب نیتروژن در این تیمارهای آزمایشی، به‌نظر می‌رسد که قابلیت جذب و استفاده از نیتروژن برای تشکیل دانه در حضور کودهای زیستی و کود سولفات روی برای گیاه کلزا بیشتربوده است. مهم‌ترین سازوکارهای تأثیر PGPRها عبارت است از افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی با تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم می‌باشد که موجب صرفه جویی در مصرف کود نیتروژن خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر*، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) با ۴۵-۴۰ درصد روغن، کمترین درصد اسیدهای چرب اشباع (۸- ۵ درصد) را در بین نباتات روغنی دارا بوده و به‌عنوان یک گیاه کاهش دهنده آبشویی عناصر[۲]، برای کاهش آبشویی نیترات، تولید روغن خوراکی، مصارف صنعتی و تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Daneshmand et al., 2006). افزایش مصرف نیتروژن موجب طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه و افزایش جذب نیتروژن در کلزا می‌شود. همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با میزان نیتروژن برگ (r=۰/۶۱**) گزارش شده است (Saeidi & Sedghi, 2008). در آزمایشی دیگر روی چهار رقم کلزا، همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه با تجمع نیتروژن در دانه به‌دست آمد و روند جذب نیتروژن با الگوی تجمع ماده خشک در گیاه مطابقت داشت (Svecnjak & Rengel, 2007). کلزا نیازمند ۷۰ تا ۸۰ گرم نیتروژن برای تولید یک کیلوگرم دانه می‌باشد (Zangani et al., 2006). با افزایش دسترسی گیاه کلزا به نیتروژن، میزان جذب آن به بیش از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌رسد (Soleimanzadeh et al., 2008). محتوای نیتروژن دانه در تک بوته‌های کلزا ۵/۱ – ۳/۳ درصد گزارش شده است (Adriana et al., 2002). غلظت نیتروژن در گیاه کلزا به‌عنوان درصدی از ماده خشک بیان می‌شود (Sidlauskas &

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور
(*- نویسنده مسئول: (Email: esfahani@guilan.ac.ir

2- Catch crop

(Tarakanovas, 2004). غلظت نیتروژن در برگ‌های کلزای پائیزه در مرحله روزت ۳ تا ۴/۸ درصد می‌باشد (Grewal & Graham, 2007). بین میزان روغن دانه با افزایش میزان نیتروژن همبستگی منفی وجود داشته و روغن دانه کلزا بازای مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حدود ۰/۸ تا ۲ درصد کاهش می‌یابد (Fathi et al., 2002). کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان کود نیتروژن، کاهش می‌یابد. در تحقیقی روی پنج رقم کلزا، کمترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Gan et al., 2008). در مقابل با افزایش نیتروژن مصرفی در گونه‌های کلزا و خردل، کارایی جذب نیتروژن در دانه افزایش یافت (Pathak et al., 2008). میزان جذب نیتروژن و گوگرد به ترتیب ۱۲/۴ و۵/۴ گرم بر کیلوگرم وزن گیاه و غلظت این دو عنصر در دانه به‌ترتیب ۴ و ۳/۸ گرم به ازای هرکیلوگرم دانه بود (Jackson, 2000). گزارش شده است که مصرف توأم نیتروژن و گوگرد در کلزا، به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز موجب افزایش تجمع نیتروژن در دانه در مقایسه با مصرف نیتروژن به تنهایی شد (Rathke, 2005). با افزایش مصرف نیتروژن، تشکیل پروتئین تولید شده از مواد فتوسنتزی افزایش و سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، از این‌رو، استفاده از گوگرد و نیتروژن به‌صورت جداگانه موجب کاهش عملکرد و میزان روغن دانه و مصرف همزمان آنها موجب افزایش این صفات درکلزا می‌شود (Jackson, 2000). کمبود گوگرد از طریق تجمع ترکیبات نیتروژنی آلی و غیرآلی، منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود (Pathak et al., 2008). در گیاه کلزا، نیاز به کودهای حاوی گوگرد، مربوط به میزان نیتروژن مصرفی بوده و این موضوع به دلیل نقش این دو نوع کود در بیوسنتز روغن و پروتئین در دانه است (Fazili et al., 2008). نتایج یک آزمایش نشان داد که در کلزا بین عملکرد دانه و گوگرد، همبستگی مثبت وجود دارد (Jackson, 2000). گزارش شده است که مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به همراه گوگرد موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن در کلزا شد (Yasari & Patwardhan, 2007). *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* با برخی از میکروارگانیسم‌های خاک دارای روابط سینرژیستی (هم‌افزایی) بوده و باعث بهبود عملکرد گیاهان می‌شوند (Tariq et al., 2009). گزارش شده است که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، باعث افزایش تعداد و طول ریشه‌های فرعی، ارتفاع بوته و میزان جذب عناصر غذایی شده و عملکرد محصول تا حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد افزایش می‌یابد (Bano, 2008). تلقیح توام بذر کلزا با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* باعث افزایش محصول تا حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). عنصر روی در فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل دخالت دارد و کمبود آن موجب کاهش کمیت و کیفیت کلزا می‌شود (Alloway, 2007). کمبود روی منجر به کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد دانه و محتوی روغن در کلزا می‌شود (Grewal & Graham, 2007). درآزمایشی روی کلزا، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، بیشترین میزان عملکرد دانه و روغن را به‌ترتیب ۴۱۷۸ و ۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار داشت (Galavi et al., 2007). در یک آزمایش گلخانه‌ای، مصرف روی باعث افزایش عملکرد دانه در کلزا شد، به‌طوری‌که در تیمار روی و شاهد عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۵/۶ و ۱۳/۵ گرم در هر بوته به‌دست آمد (Grewal & Graham, 2007). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تجمع نیتروژن دانه در کلزا ($r=۰/۶۶^{**}$) (Saeidi & Sedghi, 2008)، یافتن شاخص‌های مناسبی جهت افزایش کارایی جذب برای بهبود عملکرد، می‌تواند بسیار مفید باشد. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی رابطه بین غلظت نیتروژن در کلزا در مراحل مختلف رشد رویشی بر عملکرد دانه و همچنین اثر متقابل کود زیستی تثبیت کنندهٔ نیتروژن و سولفات روی در سطوح پایین‌تر کود نیتروژن برای به‌دست آوردن عملکرد مطلوب در گیاه کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) (از منبع اوره) و ترکیب فاکتوریل سطوح کود سولفات روی (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی در دو سطح (با و بدون کود زیستی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ۵۰۰ میلی‌لیتر از کود زیستی نیتروکسین (شرکت تولید کنندهٔ فناوری زیستی مهرآسیا) برای تلقیح یک کیلوگرم دانه کلزا استفاده شد (تعداد هر کدام از دو نوع باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلیوم برازیلنس* به‌صورت مساوی در هر میلی‌لیتر از محلول نیتروکسین $۱۰^{۸}$ سلول بودند). کودهای شیمیایی پایه فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (حاوی ۴۶ درصد فسفر) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (حاوی ۴۶ درصد پتاسیم و ۱۷ درصد گوگرد) به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت بذر مصرف شدند. کود سولفات روی (حاوی ۳۴ درصد روی و ۲۴ درصد گوگرد) در کرت‌های مورد نظر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت به‌صورت نواری مصرف شد. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical properties of soil of experimental field

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	مواد آلی Organic matter	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	گوگرد S
			(%)		($mg.kg^{-1}$)			
رسی – سیلتی Silty-Clay	1.5	7.1	1.94	0.183	14.6	228	0.74	0.53

بذور کلزا رقم هایولا ۳۰۸ از قبل به مدت یک ساعت با کود زیستی نیتروکسین کاملاً مخلوط و پس از خشکانیده شدن در سایه، بلافاصله کشت شدند. یک سوم از کود پایه نیتروژن یک ماه پس از کاشت به‌صورت شیاری به فاصله پنج سانتی‌متراز ردیف‌های کشت، در خاک جای‌گذاری شده و دو سوم باقیمانده آن به‌صورت سرک در دو مرحله، قبل از ساقه دهی و قبل از گلدهی در کرت‌های مورد نظر به خاک اضافه شد. فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف چهار سانتی‌متر بود. مساحت هر کرت ۱۰/۵ مترمربع و تراکم بوته‌ها ۸۳ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. تنک کردن بوته‌ها به‌طور مرتب همزمان با وجین علف‌های هرز، به‌صورت دستی انجام شد. برداشت محصول با میانگین رطوبت دانه حدود ۳۵ درصد، ۱۹۳روز پس از کاشت به‌صورت دستی دو مرحله‌ای انجام گرفت. بوته‌های موجود در دو مترمربع از ردیف‌های وسط هر کرت از کف بریده و سپس در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. عملکرد دانه (بر اساس محتوی رطوبت ۱۲ درصد) و عملکرد کاه و کلش اندازه‌گیری شدند. میزان روغن دانه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله (Soxtech System HT, Tecator, Sweden) با استفاده از استون اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن دانه و بافت‌های گیاهی در مراحل روزت، گلدهی، رسیدگی دانه و در انتهای دوره رویش در کاه و کلش در پنج بوته که از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت شده بودند، با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد (Svecnjak & Rengel, 2006). کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (Fan et al., 2004):

$$NUE = \frac{Wg}{Nf} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$UPE = \frac{Nt}{Nf} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادلات، UPE[1]: کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Nt: کل نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم) و Nf: مقدار نیتروژن مصرف شده به صورت کود (کیلوگرم) می‌باشند. NUE[2]: کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) و Wg: وزن محصول (دانه) بر حسب کیلوگرم می‌باشند. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها (Skewness, Kurposif)، تجزیه واریانس انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 استفاده شد (SAS, 2003). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن با کود زیستی و سطوح کود نیتروژن با کود سولفات روی بر عملکرد دانه معنی دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود زیستی + (با و بدون) کود سولفات روی، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود زیستی و با کود سولفات روی بیشترین و تیمار شاهد (بدون کود) کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، عملکرد دانه افزایش قابل توجهی نسبت به تیمارهای بدون کود زیستی داشت. در کلزا عملکرد بالا با تولید تعداد بیشتر خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (به‌دلیل فراهم شدن مخزن بزرگ‌تری برای مواد پرورده) همراه بوده و همبستگی مثبت بین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه ($r=۰/۸۲^{**}$) وجود دارد (Adrianaet al., 2002). بر اساس نتایج آزمایش حاضر، تیمارهای ذکر شده دارای بالاترین تعداد خورجین در بوته (به ترتیب ۱۶۶/۳، ۱۶۲/۴ و ۱۵۷/۴ خورجین در بوته) بودند.

که میانگین عملکرد دانه آنها نیز به ترتیب ۲۵۶۸، ۲۴۶۸ و ۲۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بودند. اگر در کلزا فقط به افزایش نیتروژن مبادرت شده و گوگرد اضافی در خاک مصرف نشود، عملکرد دانه کاهش می‌یابد، به‌عبارت دیگر، نیتروژن و گوگرد اثرات متقابل مثبتی بر یکدیگر دارند (Fan et al., 2004). در تحقیقی روی کلزا در تیمار حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، عملکرد دانه ۹۱۶ کیلوگرم در هکتار و در تیمارکود زیستی توام با کودهای پایه همراه با گوگرد و روی، میانگین عملکرد دانه به‌ترتیب ۳۲۸۲ و ۳۳۷۴ کیلوگرم در هکتار بوده است (Yasari et al., 2008).

1 - Nitrogen Uptake Efficiency
2 -Nitrogen Use Efficiency

جدول ۲- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا

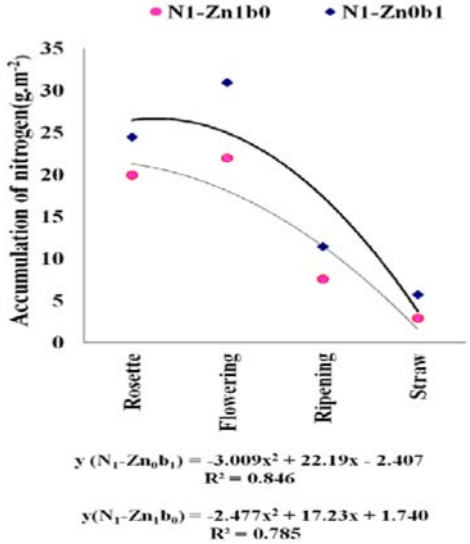
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of canola yield and some qualitative traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میزان نیتروژن Nitrogen content				نیتروژن جذب شده Nitrogen uptake					عملکرد دانه Grain yield	روغن دانه Grain Oil	درجه آزادی df	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency
		روزت Rosette	گلدهی Flowering	دانه Seed	کاه و کلش Straw	روزت Rosette	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening	دانه Seed	کاه وکلش Straw					
تکرار Replicetion	2	0.23	0.37	0.06	0.018	31.41	40.21	25.37	182.2	106.5	8834577	2.08	2	0.02	15.83
نیتروژن Nitrogen	3	9.41**	3.11**	2.78**	0.45**	888.96**	939**	6787**	754.2**	986.7**	616926.3**	12.25*	2	0.134**	371.04**
خطای اصلی Main error	6	0.003	0.001	0.06	0.002	0.76	0.75	0.76	18.7	34.9	8903.1	0.15	4	0.011	3.6
سولفات روی $Zn\ SO_4$	1	1.15**	0.34**	1.08**	0.047**	75.3**	130.5*	124.6**	461.5**	861.7**	65590.2**	1.23**	1	0.114**	66.30**
کود زیستی Biofertilizer	1	0.27**	0.08**	0.96**	0.031**	18.9**	30.1**	36.5**	362.6**	654.9*	32005.9**	0.76*	1	0.10*	70.02**
نیتروژن × کود سولفات روی $Zn\ SO_4 \times N$	2	0.08**	0.006*	0.74*	0.027**	2.4**	22.6**	2.7**	66.2**	5108.2*	21054.5**	0.38**	2	0.05*	39.4**
نیتروژن × کود زیستی Biofertilizer × N	3	0.07**	0.005*	0.71*	0.018**	3.5**	18.1**	2.9**	59.7**	490.2*	5135.5*	0.08*	2	0.062*	34.09*
سولفات روی × کود زیستی Biofertilizer × $Zn\ SO_4$	1	0.06**	0.004*	0.69*	0.017*	2.07*	17.02*	1.5*	40.7*	340.4*	462.9ns	0.11**	1	0.009 ns	30.17*
سولفات روی × کود زیستی × نیتروژن N × Biofertilizer × $Zn\ SO_4$	3	0.05**	0.003*	0.59*	0.01*	2.3**	14.8*	1.01*	34.4*	270*	6963.9*	4.2*	2	0.02*	25.23*
خطای فرعی Sub error	24	0.003	0.0007	0.043	0.0007	0.1	0.05	0.56	5.7	18.2	8866.1	1.7	18	0.003	1.8
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		0.44	1.35	6.92	5.07	1.86	1.18	4.90	5.8	8.6	19.1	3.2		.6	3.3

ns، * و**: به‌ترتیب عدم معن داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

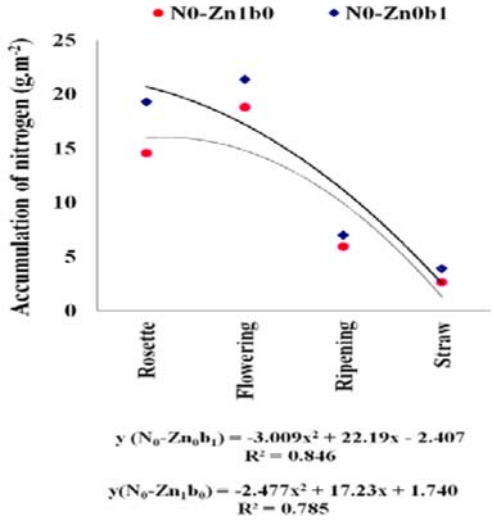
ns , * and **: are Nonsignificant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively

در تحقیق دیگری روی کلزا، بالاترین عملکرد دانه (۲۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۶۴ کیلوگرم نیتروژن و ۸۴ کیلوگرم فسفر و ۵۱ میلی‌لیتر در لیترکود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به‌دست آمد (Soomro, 2000).



شکل ۱- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای (N_0-Zn_0b_1) و (N_0-Zn_1b_0)

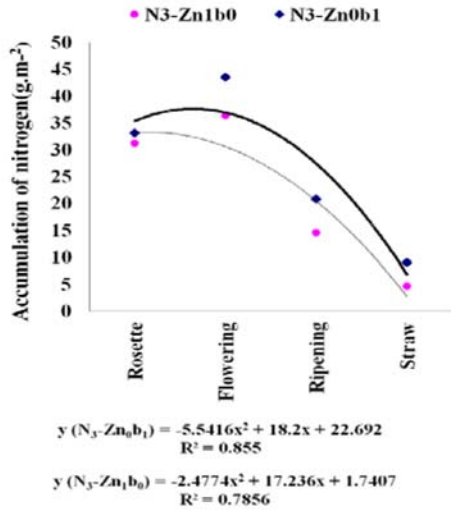
Fig. 1- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 (N_0-Zn_1b_0) and (N_0-Zn_0b_1) treatments



شکل ۲- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای (N_1-Zn_0b_1) و (N_1-Zn_1b_0)

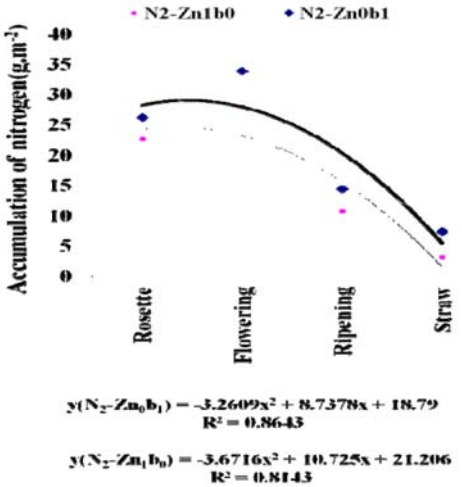
Fig. 2- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 (N_1-Zn_0b_1) and (N_1-Zn_1b_0) treatments

در آزمایشی، مصرف سطوح مختلف روی (صفر، ۲۵ و۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) باعث افزایش عملکرد دانه و روغن گردید و بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۴۱۷۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌دست آمد (Saeidi & Sedghi, 2008).



شکل ۳- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای (N_2-Zn_0b_1) و (N_2-Zn_1b_0)

Fig. 3- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 (N_2-Zn_1b_0) and (N_2-Zn_0b_1) treatments



شکل ٤- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای (N_3-Zn_0b_1) و (N_3-Zn_1b_0)

Fig. 4- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 (N_3-Zn_1b_0) and (N_3-Zn_0b_1) treatments

میزان و جذب نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱)

تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر میزان و جذب نیتروژن بود (جدول ۲). بالاترین و کمترین میزان و جذب نیتروژن در مراحل رشدی روزت، گلدهی، رسیدگی و همچنین دانه به‌ترتیب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی و شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). روند افزایشی تجمع نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن × کود سولفات روی وکود نیتروژن × کود زیستی در سطوح بالاتر کود نیتروژن و همچنین میزان و زمان جذب نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه از خاک و درتیمارهای مختلف در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

گزارش شده است که در حدود نیمی از جذب نیتروژن کلزای پاییزه، در مرحله روزت و بقیه طی یک دوره ۴۵ روزه بین اوایل ساقه-دهی و ظهور گلدهی انجام می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). در یک آزمایش تجمع نیتروژن دانه در تیمار کودهای پایه توأم با روی، با و بدون کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به‌ترتیب ۴/۳ و ۳/۹ درصد به‌دست آمد و افزایش معنی‌داری درکل نیتروژن گیاه در مراحل روزت، ساقه دهی و گلدهی در تیمارهای حاوی کود زیستی و کود نیتروژن مشاهده گردید (Yasari & Patwardhan, 2006).

کارایی مصرف نیتروژن

تجزیه واریانس اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود زیستی بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمارهای ۵۰ کیلوگرم + کود سولفات روی، ۵۰ کیلوگرم + کود زیستی تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن با کود زیستی با کود سولفات روی نداشتند. این موضوع ممکن است به توانایی کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* در تثبیت نیتروژن مربوط باشد. با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به‌صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد (Karimi et al., 2007). کارایی مصرف نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی کاهش می‌یابد (Jan et al., 2002). نتایج یک آزمایش نشان داد که میانگین کارایی مصرف نیتروژن به‌ترتیب برای پنج رقم کلزا در مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۲۸، ۲۶/۵، ۲۴/۶،۲۳/۲ و ۱۸/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۶۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۲۴/۷، ۲۳/۵، ۲۱، ۱۹/۲ و ۱۶/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۱۶/۷، ۱۶، ۱۴، ۱۱/۵ و ۱۰ کیلوگرم بر کیلوگرم بوده است (Gan et al., 2008). زمانی‌که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آنها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشترکودی کمتر می‌شود. بنابراین، کارآیی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه، کمتر می‌شود، به همین دلیل مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب می‌شود نیتروژن به مقدار مناسب در مراحل رشد در اختیار گیاه قرار بگیرد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر و در راستای حفظ محیط زیست می‌باشد. استفاده از مقدار کمتر نیتروژن باعث کاهش تلفات از طریق آبشویی (۲۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار در سال)، دنیتریفیکاسیون، تصعید و افزایش جذب نیتروژن و انتقال مناسب از بوته به دانه می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). کاهش مصرف گوگرد نیز منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود (Fismes et al., 2000).

کارایی جذب نیتروژن

کارایی جذب نیتروژن میزان توانایی گیاه برای جذب نیتروژن خاک را بیان می‌کند (Khavazi & Malakouti , 2002). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای نیتروژن و کود سولفات روی و کود زیستی از نظر کارایی جذب نیتروژن اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی +کود زیستی و تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود زیستی بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در آزمایشی روی کلزا با افزایش نیتروژن مصرفی (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کارایی جذب نیتروژن در سطوح کودی فوق (به‌ترتیب با صفر، ۰/۹۷، ۰/۶۸، ۰/۵۹، ۰/۵۲ و ۰/۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) کاهش یافت (Adriana et al., 2002). کارایی جذب نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در کلزا (به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۸۴و ۰/۴۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) و خردل (۰/۸۱، ۰/۷۳ و ۰/۵۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) کاهش یافت (Abdin et al., 2001). در تحقیقی مصرف *آزوسپیریلوم* به همراه دو سطح (۲۹۴ و ۱۱۷۶ میلی گرم نیتروژن در هر گلدان) در چهار رقم کلزا انجام شد، کارایی جذب نیتروژن ۰/۷۴ و ۰/۳۳ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که به‌دلیل افزایش وزن خشک گیاه و در نهایت افزایش نیتروژن گیاه بوده است. همچنین جذب نیتروژن به‌ترتیب با میانگین ۴۸ و ۱۶۶ میلی‌گرم در بوته مشاهده شد (Zahir et al., 2004). این نتایج نشان‌دهنده این است که تمام نیتروژن مصرفی در تیمار نیتروژن کم به‌وسیله گیاه جذب شده و سهم معنی‌داری از نیتروژن در تیمار نیتروژن بالا در خاک باقی می‌ماند.

میزان روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ میزان روغن دانه اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۱).

جدول۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا

Table 3- Means comparisons of canola grain yield and some qualitive

نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen ($Kg.ha^{-1}$)	کود زیستی Biofertilizer	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار) $ZnSO_4$ N ($Kg.ha^{-1}$)	میزان نیتروژن (درصد) Nitrnoge content (%)				نیتروژن جذب شده (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen uptake($kg.ha^{-1}$)					عملکرددانه Grain yield	کارایی جذب نیتروژن UPE	کارایی مصرف نیتروژن NUE
			روزت Rosette	گلدهی Flowering	دانه Seed	کاه و کلش Straw	روزت Rosette	گلدهی Flowering	رسیدگی Ripening	دانه Seed	کاه و کلش Straw	روغن دانه (درصد) Grain Oil (%)	کیلوگرم در هکتار ($kg.ha^{-1}$)	کیلوگرم بر کیلوگرم ($kg.kg^{-1}$)	
0	With Biofertilizer	With $ZnSO_4$	3.2 l	1.5l	2.3hi	0.4h	8.5k	10.5m	8.1ij	21.5i	15.5i	42.8a	931j	-	-
		Without $ZnSO_4$	2.4n	1.4n	2.6f-h	2.2j	5.6m	8.7n	6.9j	16.4ij	8.3jk	42.5a	628l	-	-
	Without Biofertilizer	With $ZnSO_4$	2.7m	1.5m	2.4g-i	0.3i	6.5l	9.8m	7.8ij	19.0ij	12.1ij	42.6a	758k	-	-
		Without $ZnSO_4$	2.3o	1.3o	2.2i	0.2j	5.3m	7.9o	5.1k	12.3j	5. 7k	41.8a	543m	-	-
50	With Biofertilizer	With $ZnSO_4$	3.6h	1.9h	2.6fg	0.5e	17.1g	16.4i	15.6g	39.2g	38.2f	41.6ab	1478f	0.86a	29. 6a
		Without $ZnSO_4$	3.4j	1.7j	2.8ef	0.4g	15.3i	14.1k	11.0h	38.5g	27.5g	41.1b	1340h	0.77b	26.8b
	Without Biofertilizer	With $ZnSO_4$	3.5i	1.81i	3.1e-c	0.5f	16.3h	15.1j	11.6h	43.4fg	31.4g	42.6a	1358g	0.78b	27.7b
		Without $ZnSO_4$	3.3k	1.6k	2.7fg	0.4h	14.6j	13.1l	8.6i	29.4h	21.2h	39.1c	1088i	0.58d	21. 6c
100	With Biofertilizer	With $ZnSO_4$	4.1e	2.4e	3.2ab	0.7bc	20.8e	23.5e	21.2d	60.9cd	59.2c	39.2c	2451ab	0.60cd	19.5d
		Without $ZnSO_4$	3.8f	2.3f	3.1de	0.6d	18.8f	21.4g	17.5f	54.4de	52.1d	38.3c-e	1900d	0.54de	17.0ef
	Without Biofertilizer	With $ZnSO_4$	4.1e	2.3f	3.2e-b	0.6cd	20.9e	22.6f	19.7e	66.9c	54.7d	38.8cd	2100c	0.66c	18.4de
		Without $ZnSO_4$	3.7g	2.1g	3.1e-c	0.6e	18.3f	18. 7h	15.9g	49.5ef	45.7e	37.6de	1793e	0.49e	15.9fg
150	With Biofertilizer	With $ZnSO_4$	4.9a	2.7a	3.6a	0.7a	31.2a	34.7a	26.6a	89.4a	72.3a	38.1c-e	2568a	0.58d	17.1ef
		Without $ZnSO_4$	4.6c	2.5c	3.5ab	0.7a	25.7c	27.4c	22. 9c	88.2a	68.6ab	37.9c-e	2468a	0.56de	16.0fg
	Without Biofertilizer	With $ZnSO_4$	4.7b	2.6b	3.4c-a	0.7ab	26.8b	31.0b	25.1b	84.1a	61.1c	38.0c-e	2490ab	0.59cd	16.4fg
		Without $ZnSO_4$	4.6d	2.5d	3.3d-a	0.6cd	24.7d	25.8d	21.7cd	75.9b	65.7b	37.3e	2240b	0.50e	14.9g
LSD			0.02	0.04	0.34	0.04	0.54	0.37	1.26	7.19	4.03	1.29	99.05	0.07	1.72

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significant at 5% probability level using LSD test.

تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی (با و بدون کود سولفات روی) و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی + کود زیستی، به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن دانه را دارا بودند (جدول ۲). در سطوح بالاتر نیتروژن میزان روغن دانه کاهش پیدا می‌کند (Azizi et al., 2000) و با افزایش مصرف گوگرد، محتوای روغن دانه افزایش پیدا می‌کند (Ahmad & Arif, 2006). در آزمایشی سه ساله روی چهار رقم کلزا، میزان روغن دانه در همه ارقام در سطح ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در بیشترین مقدار بود (Saeidi & Sedghi, 2008). مصرف کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* همراه با گوگرد و روی باعث افزایش معنی‌دار درصد روغن گردید (به‌ترتیب ۴۶/۱ و ۴۶/۳ درصد) (Yasari & Patwardhan, 2007). بنا به‌دلیل وجود عنصر گوگرد در کود سولفات روی و سولفات پتاس (۵۰ کیلوگرم کود سولفات روی حاوی ۲۵ کیلوگرم گوگرد و ۱۴۰ کیلوگرم سولفات پتاس حاوی ۲۴ کیلوگرم گوگرد است)، به‌نظر می‌رسد که گوگرد موجود در سولفات روی و سولفات پتاس باعث افزایش میزان روغن دانه شده است. اکسایش گوگرد در خاکو تولید اسید سولفوریک عمدتاً به صورت بیولوژیک و توسط باکتری‌های جنس *سودوموناس*، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* صورت می‌گیرد (Bano, 2006). شاید بتوان افزایش درصد روغن و همچنین عملکرد روغن را به فعالیت این باکتری‌ها در کنار کود سولفات روی نسبت داد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن، علی رغم افزایش عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری میان سطوح نیتروژن ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده پایین بودن کارایی گیاه در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی باشد. همچنین با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی مصرف کودها در تولید دانه و ماده خشک به‌صورت تجمعی کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که با افزایش مصرف نیتروژن، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط بوته افزایش یافت، ولی در مقادیر پایین‌تر نیتروژن، کارایی انتقال و نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است. گزارش شده است که در گیاه کلزا با افزایش اختصاص نیتروژن به خورجین‌ها و کاهش هدرروی نیتروژن در سطوح پایین‌تر نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن افزایش پیدا می‌کند (Malagoli et al., 2005). بالا بودن کارایی جذب نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کود سولفات روی و کود زیستی می‌تواند به‌دلیل معدنی شدن آهسته‌تر نیتروژن در مصرف توأم تیمارهای کود نیتروژن و کود زیستی در مراحل مختلف رشد گیاه در مقایسه با مصرف آن به تنهایی باشد که دلیل این موضوع به غیرمتحرک شدن[1] نیتروژن نسبت داده شده است (Lakshminarayana, 2003). براساس نتایج این آزمایش، به‌نظر می‌رسد که تحریک و افزایش رشد گیاه توسط تثبیت نیتروژن مولکولی هوا و کمک به آزاد شدن فسفر، پتاسیم، گوگرد، نیتروژن و عناصر کم مصرف خاک، باعث افزایش تأثیر توأم مصرف کودهای شیمیایی و کود زیستی می‌شود. ترشح هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها به‌وسیله *ازتو باکتر* *کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* به‌علت همیاری این باکتری با ریشه گیاهان زراعی مهم‌ترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی گزارش شده است. البته با توجه به تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک این باکتری‌ها و اندازه‌گیری مقدار نیتروژن دانه نمی‌توان افزایش عملکرد در اثر بهبود تغذیه کلزا را نادیده گرفت (Zahir et al., 2004).

منابع

1- Abdin, M.Z., Ahmad, A., Khan, I., Qureshi, M.I., and Abrol, Y.P. 2001. Effect of S and N nutrition on N-accumulation and N-harvest in rapeseed-mustard (*Brassica juncea* L. and *Brassica campestris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 92: 816-817.

2- Adriana, M., Chamorro, N., Tamagno, R., and Santiago, J. 2002. Nitrogen accumulation, partitioning and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Science and Plant Nutrition 33(3): 493–504.

3- Alloway, B.J. 2007. Zinc deficiency in crops: causes and correction. Journal of Plant Nutrition 34: 813-819.

4- Ahmad, G., and Arif, M. 2006. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. Journal of Agronomy and Crop Science 5(4): 555-562.

5- Azizi, M., Soltani, A., and Khavari Khorasani, S. 2000. (*Brassica napus* L.): Production and Utilization. Jihad-e-Daneshghahi Mashhad, Iran 230 pp. (In Persian)

6- Bano, A. 2008. Altitudinal variation in *Azospirillum* species collected from the rhizosphere and roots of (*Zea mays* L.). Asian Journal of Plant Sciences 5: 1051–1053.

1- Immobilization

7- Daneshmand, A.R., Shirani-Rad, A.H., Noormohamadi, Gh., Zarei, G., and Daneshian, J. 2006. Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake, water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 8(4): 323-342. (In Persian with English Summary)

8- Fathi, G., Banisaidy, A., and Ebrahimpour, F. 2002. Effect of different levels and plant density on grain yield of rapeseed, (cv. PF-7045) in Khuzestan conditions. Scientific Journal of Agriculture 25(1): 15-23. (In Persian with English Summary)

9- Fan, X., Lin, F., and Kumar, D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea: evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 853-865.

10- Fazili, I.S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, J.S., and Abdin, M.Z. 2008. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. Journal of Plant Nutrition 31(7): 1203–1220.

11- Fismes, J., Vong, P.C., Guckert, A., and Frossard, E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. European Journal of Agronomy 12(5): 127- 141.

12- Galavi, M., Heidari, M., and Zamani, M. 2007. Effect of zinc sulphate on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of Agriculture 5(3): 51-59. (In Persian with English Summary)

13- Gan, Y., Malhi, S., Brandt, F., Katepa-Mupondwa, S.S., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of (*Brassicajuncea* L.) under diverse environments. Agronomy Journal 100: 285- 295.

14- Grewal, H.S., and Graham, R.D. 2007. Seed zinc content influences early vegetative growth and zinc uptake in oilseed rape (*Brassica napus* L. and *Brassica juncea*L.) genotypes on zinc-deficient soil. Plant and Soil 193: 171-179.

15- Jackson, G.D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Journal of Agronomy and Crop Science 92: 644-649.

16- Jan, A., Naeem Khan, M., Ahmad Khan, J., and Khattak, B. 2002. Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulfur. Asian Journal of Plant Sciences 5: 519-521.

17- Karimi, A., Mazardalan, M., Homaeia, A.M., Liaghat, F., and Raissi, M. 2007. Fertilizer use efficiency for sunflower with fertigation system. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 65-76. (In Persian with English Summary)

18- Khavazi, K., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran. Soil and Water Research Institute (SWRI) 600 pp.

19- Lakshminarayana, K. 2003. Influence of *Azotobacter* on nutrition of plant and crop productivity. Proceedings of Indian National Science Academy 59: 303–308.

20- Malagoli, P., Laine, P., Rossato L., and Ourry, A. 2005**.** Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) from stem extension to harvest. II. An ^{15}N-labelling-based simulation model of N partitioning between vegetative and reproductive tissues. Annals of Botany 95: 1187-1198.

21- Pathak, R.R., Ahmad, A., Lochab, S., and Raghuram, N. 2008. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. Current Science 94: 1394-1403.

22- Rathke, G., Christen, O., and Diepenbrok, W. 2005. Effect of nitrogen source and sulfur on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research 94 (3):103- 113.

23- Saeidi, G., and Sedghi, A. 2008. Effect of some macro and micronutrients on seed yield, oil content and agronomic traits of two rapeseed *(Brassica napus* L.) cultivars in Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12(45): 77-88. (In Persian with English Summary)

24- SAS Institute. 2003. The SAS System for Windows. Release 9.1. SAS Inst., Cary, NC.

25- Sidlauskas, G., and Tarakanovas, P. 2004. Factors affecting nitrogen concentration in spring oilseed rape (*Brassica napus*L.). Plant Soil and Environment 5: 227-234.

26- Soleimanzadeh, H., Latifi, N., and Soltani, A. 2008. Relationship of phenology and physiological traits with grain yield in different cultivars of Rapeseed (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14 (5): 17-25. (In Persian with English Summary)

27- Soomro, N.S. 2000. Effect of different nitrogen, phosphorus and biofertilizer level on yield of canola. Journal of Plant Nutrition 170: 121-130.

28- Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2006. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest**.** Plant and Soil 283: 299- 307.

29- Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2007. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221- 226.

30- Tariq, M., Hameed, S., Malik, K.A., and Hafeez, F.Y. 2009. Plant root associated bacteria for zinc mobilization in rice. Pakistan Journal of Botany Science 39: 245-253.

31- Yasari, E., and Patwardhan, A. 2007. Effects of (*Azotobacter* and *Azosprillium*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6(1): 77-82.
32- Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2006. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizers application. Asian Journal of Plant Sciences 5(5): 745-752.
33- Yasari, E., Esmaeili, M., Pirdashti, H., and Mozafari, S. 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants as biofertilizer in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. Asian Journal of Plant Sciences 7(5): 490-494.
34- Zangani, E., Kashani, A., Fathi, G., and Mesgarbashi, M. 2006. Effect and efficiency of nitrogen levels on quality yield and yield component of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 37(1): 39-45. (In Persian with English Summary)
35- Zahir, A., and Frankenberger, W. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 502

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 502

Effects of irrigation intervals and nitrogen fertilizer levels on vegetative and reproductive yields of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Birjand conditions

M.H. Abedi[1], M.J. Seghatoleslami[2*] and S.G.R. Mousavi[3]

Submitted: 11-07-2011
Accepted: 20-11-2011

Abstract

In order to study the effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield of basil, an experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications in Birjand (Moud region) in 2010. Main plot factor was two irrigation levels (7 and 14 days interval) and nitrogen fertilizer (as urea) was considered as sub plot factor in four levels (0, 50, 100 and 150 $kg.ha^{-1}$). Results indicated that treatments affected on majority studied traits of basil. Seed yield was increased in 7 days irrigation interval by 18.4% in compared to 14 days irrigation interval. The highest seed yield was achieved in 100 and 150 $kg.ha^{-1}$ nitrogen fertilizers that were higher than control by 29.4 and 36.1%. Total biomass was 153.3 $g.m^{-2}$ in 7 days irrigation interval in compared to 133.8 $g.m^{-2}$ in 14 days irrigation treatment. The greatest total biomass was show in 150 $kg.ha^{-1}$ nitrogen fertilizer and the lowest was resulted from 0 and 50 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer levels. Ear number per plant was significantly affected by nitrogen fertilizer levels, but irrigation and fertilizer treatments had no significant effects on seed weight of basil. Increasing of irrigation intervals decreased the leaf yield of basil by 21.3%. Increasing of nitrogen application increased leaf and vegetative yields on basil.

Keywords: Leaf yield, Medicinal plant, Nutrition

1, 2 and 3- MSc in Agronomy, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mjseghat@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 503

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 503

Effects of biological fertilizer and vermicompost on vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Mashhad climatic conditions

A. Rezaee Moadab[1], S.M. Nabavi Kalat[2]* and R. Sadrabadi Haghaghi[3]

Submitted: 28-06-2011
Accepted: 20-11-2011

Abstract

In order to study the effects of vermicompost and biological fertilizers on vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.), an experiment was conducted based on a complete randomized block design with nine treatments and three replications at Mashhad during growing season of 2009-2010. The treatments were: 1) vermicompost, 2) Nitroxin (included: *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.), 3) biophosphorus (Included: *Pseudomonas* sp and *Bacillus* sp), 4) Vermicompost+ Nitroxin, 5) vermicompost+ biophosphorus, 6) Nitroxin+ biophosphorus, 7) vermicompost+ Nitroxin+ biophosphorus, 8) chemical fertilizer (N.P.K), 9) control (no fertilizer). Two harvests were cut at similar phonological stage during growing season. The results showed that at both cutting of basil, biological fertilizer combined with vermicompost were better compared to chemical fertilizer and control. In the first harvest, the highest fresh (11377.8 $kg.ha^{-1}$) and dry yields (1895.6 $kg.ha^{-1}$) obtained in vermicompost+ Nitroxin+ Biophosphorus treatment. Also, vermicompost+ Nitroxin and vermicompost+ biophosphorus produced the highest leaf dry yield (1164.7 and 1166.8 $kg.ha^{-1}$ respectively). In second cutting, the highest fresh yield (11333.3 $kg.ha^{-1}$) obtained in vermicompost+ Nitroxin+ biophosphorus and the highest dry yield (2017.8 $kg.ha^{-1}$) and leaf dry weight (1103.4 $kg.ha^{-1}$) obtained in vermicompost+ Nitroxin treatments. In both cuttings, the highest essential oil percentage obtained in control. The results of this study showed that vermicompost and bio fertilizers alone or in combination had no effect on essential oil but increased vegetative yield.

Keywords: Biophosphorus, Dry yield, Nitroxin, Essential oil percentage, Sustainable agriculture

1 and 2- Graduated MSc Student in Agronomy, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: sm_nabavikalat@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 504

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 504

Effects of various organic and chemical fertilizers on growth indices of basil (*Ocimum basilicum* L.)

S.M.K. Tahami[1], P. Rezvani Moghaddam[2]* and M. Jahan[3]

Submitted: 29-02-2012
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to develop the high intensive agriculture, more chemical fertilizers are applied to the soil that resulting in soil degradation and environment deterioration. Application of organic manure is an important approach for maintaining and improving the soil fertility and increasing fertilizer use efficiency. Therefore, in order to evaluate the effect of organic manures and chemical fertilizer on growth indices and biological yield of basil (*Ocimum basilicum* L.), an experiment was conducted at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2008-2009. A complete randomized block design with six treatments and three replications was used. The treatments were: cow manure, sheep manure, chicken manure, vermicompost, chemical NPK fertilizers and control (no fertilizer). The results showed that the use of organic fertilizers significantly increased seed and biological yield of basil compared with chemical fertilizer and control. The maximum and the minimum dry weights were observed at 105 days after planting, in sheep and cow manures, respectively. Gradually during the period of plant growth and development to reproduction phase percent of stem decreased and dry weight of inflorescence increased. The highest and the lowest leaf area index were observed at 90 days after planting, in cow manure and control, respectively, and then decreased in all treatments. The maximum crop growth rate in most of treatments at 90 days after planting was obtained, except the control which plant growth rate was lowest. Net assimilation rate (NAR) in most treatments increased until 75 days after planting and then declined. While the highest and the lowest NAR were observed at 75 days after planting in chicken manure and chemical treatment, respectively.

Keywords: Growth trend, Net assimilation rate, Organic fertilizers, Relative growth

1, 2 and 3- Postgraduate Student in Agroecology, Professor and Assistant Professor in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 505

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 505

Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.)

G.A. Asadi[1], A. Momen[2], M. Nurzadeh Namaghi[3] and S. Khorramdel[1*]

Submitted: 19-03-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

Enhancing nitrogen use efficiency is one of the most important strategies for improving productivity in agriculture and reducing risk of environmental pollutions in sustainable agriculture. In order to study the effects of different levels of organic manure and chemical fertilizer on nitrogen uptake efficiency (NupE), nitrogen utilization efficiency (NutE) and nitrogen use efficiency (NUE) of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.), a field experiment was performed based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, during growing season of 2011-2012. Treatments included three levels of nitrogen fertilizer (25, 50 and 75 $kg.ha^{-1}$), three levels of cow manure (5, 10 and 15 $t.ha^{-1}$), three levels of vermicompost (2, 4 and 6 $t.ha^{-1}$) and control. Seed yield, biological yield and nitrogen content of biomass of isabgol were measured and then NupE, NutE and NUE based on seed yield and biological yield were calculated accordingly. The results showed that the different fertilizers had significant effects on all studied traits of isabgol. The highest seed yield and biological yield of isabgol were observed in 6 $t.ha^{-1}$ vermicopmpost with 98.2 and 54.8 $g.m^{-2}$, respectively. By increasing fertilizer rate, nitrogen percentage and content of biomass were increased. The maximum NutE and NupE were achieved in control plots. Also, the highest and the lowest NupE of isabgol were obtained in 5 $t.ha^{-1}$ cow manure and 75 $kg.ha^{-1}$ N with 8.9 and 7.0 gN per g^{-1} Ns, respectively. Organic manures improved NupE and NUE more than chemical fertilizer. So, organic manure application enhanced yield, NupE and NUE of isabgol compared to chemical fertilizer. So, it seems that organic input application could be considered as a sustainable approach for improving growth and yield of medicinal plants such as isabgol in agroecosystems that will increase nitrogen efficiency and reduce environmental pollutions due to slow release of nutrients.

Keywords: Medicinal plant, Nitrogen uptake ratio, Nitrogen use, Sustainable agriculture

1, 2 and 3- Assistant Professor and MSc Student in Agroecology, Agronomy and Plant Breeding Department and MSc student in Horticulture Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 506

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص.506

30 Years of agronomic research in Iran: I. Evaluation of trends, gaps and setting priorities

M. Nassiri Mahallati[1], A. Koocheki[1], R. Ghorbani[1] and S. Khorramdel[2*]

Submitted: 19-03-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

During the last few decades scientific researches in different fields of agricultural sciences have been grown drastically. However, there is no published study, if any, on structural analysis of the national agricultural research system of Iran and setting priorities for the future. In the present study 2361 scientific papers published during the three decades in the domestic journals were surveyed to analyze the research structure, gaps and priorities. The papers were categorized based on crop species, temporal and spatial scale of experiments, subject and type of the researches and the results were subjected to the statistical analysis. Number of published papers followed a sigmoid growth further with a long lag period of 10 years and leveled off at 240 papers per year. Cereals and industrial crops had the highest frequency in the surveyed papers while forage, medicinal and pulse crops were the next abundant species, respectively. Annual experiments (83% of total papers) were the most frequent for all crops however, less than 10% of papers were the result of biannual experiments (> 2 years). In addition frequency of experiments conducted in research stations and protected environments (laboratory and greenhouse) were 58 and 30%, respectively indicating the small contribution of studies at regional/national scale. Management practices were the most prevalent topics among the papers (35% of total). However, sustainability of agroecosystems, agricultural climatology and crop modeling were less frequent subjects (<5% of total) and the other subjects covered 5-10% of total papers. Such a research gap was almost the same for all crop species. Overall, 64% of total papers were related to applied studies while contribution of strategic and basic studies was 10 and 1%, respectively. Based on the results it was concluded that despite quantitative growth of the published papers, national agricultural research system is not highly efficient. While applied researches and testing agronomic practices in short duration studies are widespread, long term strategic studies on the sustainability of production systems and conservation of resource base, impacts of climate change on national food security and protection of agrobiodiversity at national/regional scales are almost overlooked.

Keywords: National agricultural research system, Reseach periorities, Research scale, Research subject

1 and 2- Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 507

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 507

30 Years of agronomic research in Iran: II. Evaluation of research ethics

A. Koocheki[1], M. Nassiri Mahallati[1], R. Ghorbani[1] and S. Khorramdel[2]*

Submitted: 19-03-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

During the last three decades publication of papers in different fields of agronomic sciences have been increased drastically in Iran. However, there is growing warnings about research misconducts. To get a quantitative insight into the commitment to the research ethics, 1269 papers published during the last 3 decades in the refereed domestic journals were surveyed using human tools. The frequency of different type of misconducts were calculated and compared statistically. The results indicated that overlap in title, the target crop, experimental factors (treatments) and the measured traits was occurred with frequency of 26% among the surveyed papers which was categorized as unauthorized adoption of ideas. Falsification and fabrication was distinguished based on the coefficient of variation (CV), probability of type I error and discrepancy between the results of ANOVA and regression analysis. This type of misconducts had frequency of 6%. However, plagiarism had a significantly higher frequency and was detected in up to 12% of the papers. The frequency of all type of misconducts was significantly higher in the papers where the corresponding authors were students compared to the papers published by scientific staffs of universities/research institutes. Overall research misconducts were distinguished in 16% of papers and were most frequent in the 1380 decade compared to 60's and 70's. It seems that lack of awareness about the principles of research ethics is the main cause of the prevalence of the observed misconducts. Therefore, development of a national code of ethics is of high priority for the national agricultural research system in the country.

Keywords: Agronomic sciences, Plagiarism, Professional ethics, Research ethics

1 and 2- Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 508

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 508

Effect of green manure crops and nitrogen fertilizer levels on dry matter remobilization efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) internodes

F. Gerami[1*] A. Aynehband[2], and E. Fateh[3]

Submitted: 17-06-2012
Accepted: 22-09-2012

Abstract

In order to evaluate the effect of nitrogen rates and green manure crops on dry matter mobilization and mobilization efficiency indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) a field experiment was conducted in Agricultural Faculty of Shahid Chamran University, Ahvaz during growing season of 2010-2011. The experimental design was split-plot based on randomized complete block with three replications. Main plot included four nitrogen rates (i.e. 0, 50, 100 and 150 kgN.ha^{-1}) and sub-plot included six green manure crops containing millet (*Pennisetum* sp.), amaranth (*Amaranthus* sp.), sesbania (*Sesbania* sp.), cowpea (*Vigna unguiculata* L.), mung bean (*Vigna radiata* L.) and fallow. This experiment was done at two stages. First, planting and turn down of green manure crops and then planting of wheat. The results showed that the maximum weight and specific weight of all stem internodes obtained from 0 to 20 days after wheat anthesis. Then, this trend decreased from 20 to 50 days after wheat anthesis due to remobilization of dry matter to grain. Mobilized dry matter was more in control (0 kg.N.h^{-1}) than in high N application for peduncle (219 vs. 181 mg) and penultimate (203 vs. 165 mg), while, was less in the lower internodes (403 vs. 407 mg). Generally, with increasing of nitrogen levels, dry matter mobilization efficiency was decreased by. So, the effect of green manure crops not limited only by soil properties, while influences the relationship between physiological sources and sink.

Keywords: Extent, Peduncle, Penultimate, Specific rate, Specific weight

1, 2 and 3- MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor in Agronomy and Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: gerami.farzad@gmail.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 509

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 509

Effects of sowing time and plant density on yield and essential oil production of medicinal plant, peppermint (*Mentha piperita* L.)

S. Jabarpour[1*], S. Zehtab –Salmasi[2], H. Alyari[2], A. Javanshir[2] and M.R. Shakiba[2]

Submitted: 17-06-2012
Accepted: 22-09-2012

Abstract

In order to investigate the effects of two sowing time (middle of May and early June) and four plant density (8, 12, 16 and 20 plants.m^{-2}) on yield and essential oil content of peppermint at two cutting stages, an experiment was conducted at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, University of Tabriz during growing season of 2003-2004. These treatments were performed as factorial based of randomized complete block design with three replications. The result of the first cutting showed that plant sowing at the early June and eight plants.m^{-2}densities had the highest leaf (4.47%) and plant (2.92%) essential oil percentage, but these factors and their interaction effects did not effect on the essential oil yield. In the second cutting, the highest plant essential oil was observed in plant sowing at early June and 12 plants/m^2 densities. The highest essential oil yield in second cutting produced in middle of May sowing time. The results of two cutting stages showed that the fresh and dry yield decreased by delaying in sowing time.

Keywords: First cutting, Leaf essential oil percentage, Plant essential oil percentage, Second cutting

1 and 2- Assistant Professor of Islamic Azad University, Maku Branch, Maku and Professor of University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: sakinehjabarpoor@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 510

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 510

Effect of mycorrhizal inoculation on seedlings establishment and morphological parameters of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in rangeland of Bahar Kish Quchan

R. Azimi[1]*, M. Jankju[2] and H. Asghari[3]

Submitted: 25-06-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

Plant establishment is the most critical stage in biological renovation of rangelands. The processes which normally fails, due to the harsh conditions in the arid and semiarid environments. New technologies may be used to overcome this problem. The purpose of the present study was to investigate the possibility of enhancing seedling establishment and growth rate of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under natural habitats by inoculation with mycorrhiza species. Seeds of alfalfa were sown under greenhouse for 20 days and inculcated with two species of *Glomus intraradices* and *G. mosseae*. After 30 days seedlings were transplanted the rangeland as sub plots as split plot based on RCBD (Randomized complete block design) were evaluated with three replication. Root colonization percent with *G. mosseae* was 62/7 % and with of *G. intraradices* was 72%. Mycorrhozal inoculation increased establishment of alfalfa at the early and late growth stages, with stronger effects of *G. intraradices* than *G. mosseae*. Furthermore leaf and root dry matter, total dry matter and the shoot/root, was increased as a result of *G. intraradices*, compared with *G. mosseae* inoculation. In conclusions, *G. intraradices* can be used as a biological fertilizer for establishment of alfalfa in semiarid rangeland of Bahar Kish, Quchan.

Keywords: Biofertilizer, Colonization, Seedling transplantation

1, 2 and 3- MSc Student in Range Management, Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor, Faculty Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Reyhaneazimi90@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 511

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 511

Effect of silicon application on physiological characteristics and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress condition

A. Karmollachaab[1]*, M.H. Gharineg[2], A. Bakhshandeh[3], M. Moradi Telvat[4] and G. Fathi[3]

Submitted: 02-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to investigate the effect of silicon application on some physiological characteristics and growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under late drought stress condition, an experiment was conducted at the Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Khuzestan during year 2012. The experiment was conducted in the open environment as factorial randomized complete block design with three levels of drought stress (irrigation after 25, 50 and 75% depletion of available water content) as the first factor and four levels of silicon (0, 10, 20 and 30 mg $Si.kg^{-1}$ soil) as the second factor with three replications. The results showed that drought stress imposed a negative significant effect on all traits. The drought stress led to increased electrolyte leakage and proline content, cuticular wax, leaf silicon concentration, superoxide dismutase activity (SOD) and grain potassium were decreased. The severe drought stress has most effect on electrolyte leakage (up to 53%). The application of silicon except the shoot/root parameter, on all characters have been affected so that application of 30 mg $Si.kg^{-1}$ soil led to decrease electrolyte leakage up to 22.5% and increased SOD activity, proline content, cuticular wax grain K and flag leaf Si concentration, 25, 12.8, 21, 17 and 30% compared to control, respectively. In general, the results showed a positive effect of silicon on wheat plant under stress conditions that were higher than no stress condition.

Keywords: Electrolyte leakage, Silicon k concentration, Superoxide dismutase activity

1, 2, 3 and 4- PhD Student, Associate Professor, Professor and Assistance Professor Department of Agronomy, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: azizchaab@gmail.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 512

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 512

Evaluating of irrigation levels on weed diversity on corn (*Zea mays* L.) field

A. Ghanbari[1] , Z. Ghavidel [3], R. Ghorbani[2] and G. Mahmoudi[4*]

Submitted: 02-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to study the different levels of irrigation on diversity, density and compound of weed species in corn field, experiment was conducted at Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2008-2009. The experiment was with four levels of irrigation (6130, 7290, 8800 and 12330 m^3) and four levels of weed control (complete control, broad-leaves control, grasses control and without control). Weed sampling was done at four stages including first, meddle and end of critical period weed control and harvest then all species counted species separate. The results showed that in different levels of irrigation the weed species were different. At the first time of critical period, the most diversity was in 8800 and 7290 m^3 and the minimum diversity was in 12330 and 6130 m^3 irrigation levels. At the harvest time, the most diversity was in 12330 and 6130 and 8800 m^3 irrigation levels and least diversity within different indexes were in 7290, 8800 and 6130 m^3 irrigation levels, respectively. Stability index changed at different levels of irrigation. In addition, maximum when the irrigation level was in minimum level, however, highest level of irrigation caused the maximum unstability of species but levels of irrigation had no significant on dominance index.

Keywords: Minhinik index, Simpson index, Shanon index, Stability

1 , 2, 3 and 4- Associate Professor, MSc graduate, Professor and PhD student in weed Science, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gh.mahmoudi@stu-um.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 513

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 513

Introduction of an index for drought evaluation using principle components analysis

S. Farhangfar[1], J. Kambouzia[2*], R. Deihimfard[2], S. Soufizadeh[2] and B. Mirbagheri[3]

Submitted: 05-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

Isfahan province is located in the center of Iran and has arid and semi-arid climate. In recent years, water shortage has increased in this region and has affected crop production. Wheat is one of the most important crops of the province. In the present research, an index (DEI) has been developed for drought evaluation using long term climatic data through application of principle components analysis (PCA). The counties of the province were classified and evaluated according to drought intensity. In addition to DEI for quantifying drought, Aridity index (AI) was also calculated at different time scales in each county. The climatic and grain yield data were collected from the Iranian Meteorological Organization and Isfahan Agricultural Organization, respectively. In order to remove the positive effects of genetic improvement and progress in agronomic management on long-term wheat grain yield, double exponential smoothing technique was used. According to DEI, Isfahan, Shahreza, Golpaygan and Natanz had semi-arid climate and Ardestan, Khoorobiabanak, Kashan and Naein could be classified as arid, while according to AI studied counties had arid climate. AI had the greatest amount only in Golpaygan while DEI had the greatest value in Isfahan, Shahreza, Golpaygan, Kashan and Natanz. PCA results showed that maximum temperature (coefficient of 3.51) followed by mean wind speed (coefficient of 2.27) were the main climatic variable influencing counties weather. Calculated drought indices showed poor correlation with wheat yield, indicating that other meteorological indices should still be examined to capture wheat yield variability in this province.

Keywords: Aridity index, Wheat, Double exponential smoothing

1, 2 and 3- PhD student in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute and Lecturer of Remote Sensing and GIS Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: J_kambouzia@sbu.ac.ir)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 514

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 514

Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop

E. Rezaei- chiyaneh[1*], M. Tajbakhsh[2], O. Valizadegan[3] and F. Banaei- Asl

Submitted: 15-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to evaluate the comparison of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop, a field experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications and eight treatment at the farm located in West Azerbaijan province - city Nagadeh, Iran during growing reason of 2011-2012. Treatments included intra- row intercropping (50% cumin + 50% lentil), row intercropping (one row of lentil + one row of cumin) and strip intercropping (two rows of lentil + one rows of cumin, three rows of lentil + one rows of cumin, four rows of lentil + four two of cumin, six rows of lentil + two rows of cumin and pure lentil and cumin. Intercropping patterns had significant effect on all of mentioned traits. Results showed that the highest and the lowest economic yield of lentil were achieved in monoculture with 600 and 1600 kg.ha^{-1}and six rows of lentil + two rows of cumin with 273 and 676 kg.ha^{-1}, respectively. Grain yield and biological yield were no significant differences at monoculture with row intercropping and intra- row intercropping. But with increasing strip widths of grain yield and biological yield decreased by 50 and 54 %, respectively. The essential oil percentage of all treatments was higher than monoculture. The highest essential oil yield was obtained of intra- row intercropping (20 kg.ha^{-1}). Results indicated that maximum (1.8) and minimum (0.94) LER values were obtained of row intercropping and strip intercropping (six rows of lentil + two rows of cumin), respectively. By changing row intercropping patterns to strip intercropping, LER was decreased due to complementary and facilitative effects in intercropping.

Keywords: Essential oil, Land equivalent ratio, Replacement intercropping, Row intercropping, Strip intercropping

1, 2, 3 and 4- Assistant Prof. of Department of Medicinal plant, Shaid Bakeri Higher Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia-Iran, Prof. of Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia-Iran, Assistant Prof. of Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia- Iran and Payamenoor University of Nagadeh,West- Azarbayjan, Iran, respectively.
(* - Corresponding author E-mail: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 515

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 515

Evaluation of relation between weed population and nitrogen use efficiency in wheat as affected by integrated fertilizer management

S. Ghalambaz[1]* A. Aynehband[2], and A.A. Moezzi[3]

Submitted: 15-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to evaluation of relation between weed dynamic and utilization of nitrogen in weed as influence of integrated fertilizer management in different weed densities, a field experiment was carried out in experimental farm of Agricultural Faculty of Shahid Chamran university of ahvaz at 2011-2012 growing season. Experimental design was based on a split-plot with three replications. Main plot was 5 integrated fertilizer managements and sub plot was 3 weed densities. Our results showed that the treatment 75% chemical fertilizer whit Biological fertilizer in lower weed density had the highest weed density and dry weight. Narrow leaf and broad leaf weeds was dominant species in 100% chemical fertilizer and 100% biological fertilizer Treatments, respective. Also, weed diversely was reduced by reduction. So, Treatment 100% biological fertilizer had the highest weed density nitrogen fertilizer utilization efficiency was increased by reduction of nitrogen chemical fertilizer. In addition, all nitrogen useefficiency. Indices were more affected by nitrogen chemical fertilizer, than weed density. Based on our results,increasing dependence to biological fertilizer, will reduce is the compatibility of wheat plant, in early growth period, which caused increasing in density and decreasing of weed at the wheat growth period.

Keywords: Biological fertilizer, Competition, Wild mustard

1, 2 and 3- MSc in Agroecology Department, Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Shahid Chamran Department of Soil Science, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Email: Sima_gh24@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 516

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 516

Effect of water depth and temperature on germination characteristics of rice and barnyard grass in the laboratory conditions

M. HaghighiKhah[1*], M. Khajeh Hosseini[2] and M. Bannayan[3]

Submitted: 11-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

Response of seed germination of a crop to different environmental conditions is one of the most important determination factors to indicate its ability in competition with weeds. In order to evaluate the effects of water depth and temperature on the germination of different varieties of rice and barnyard grass, an experiment was conducted in the Seed Laboratory, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, as a factorial design based on a Complete Randomized Blocks in four replications of 25 seeds. First factor was water depth in six levels (0, 2, 4, 6, 8, and 10 cm), second factor was temperature in seven levels (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 ^{o}C), and third one was different cultivars (Khazar, Hashemi and Domsiah) and barnyard grass. According to the results the best germination characteristics of all rice varieties and barnyard grass obtained at 30 ^{o}C. With increasing temperature up to 30^{o}C germination increased. However, temperatures above 30^{o}C reduced the germination. Increasing water depth lead to reduce the speed and percentage of germination in all varieties, But the effect of water depth on the germination of rice varieties was lower than the barnyard grass.

Keywords: Competition, Germination, Oxygen, Temperature, Weed

1, 2 and 3- PhD student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively
(*- Corresponding author Email: m_haghighi_646@yahoo.com)

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 517

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 4، زمستان 1392، ص. 517

Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application, nitrogen and zinc sulphate fertilizer on yield and nitrogen uptake in rapeseed (*Brassica napus* L.)

N. Jafari[1], M. Esfahani[2*] and A. Fallah[3]

Submitted: 11-07-2012
Accepted: 29-10-2012

Abstract

In order to study the effects of simultaneous application of $ZnSO_4$ and biological fertilizer, *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense*, on grain yield and nitrogen uptake efficiency in rapeseed (*Brassica napus* L.), cv. Hyola308, a field experiment was conducted as split plot factorial based on randomized complete block design at research field of Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran, during growing season of 2007-2008. Results showed that urea fertilizer, $ZnSO_4$ fertilizer and biological fertilizer had significant effects on nitrogen uptake and accumulation. Maximum grain yield (2568 $kg.ha^{-1}$) were obtained in 150kgN + $ZnSO_4$+ bio treatment. Maximum accumulation of nitrogen in rosette stage (4.9%) and nitrogen content of grain (3.6%) was obtained in 150 kg $N.ha^{-1}N$ + $ZnSO_4$ + bio. Maximum Nitrogen uptake efficiency and nitrogen use efficiency (0.86 and 29.56 $kg.kg^{-1}$, respectively) were obtained in 50 $kgN.ha^{-1}N$ + $ZnSO_4$ + bio. In regard to significant effects of $ZnSO_4$ and biological fertilizer with lower N rate and high nitrogen uptake efficiency of rapeseed, it seems that the ability of uptake and use of nitrogen fertilizers was greater for seed formation in the presence of $ZnSO_4$ and biological fertilizer in rapeseed, cv. Hyola308. The most important of mechanisms of PGPRs is increase the bioavailability of mineral nutrients with biological nitrogen fixation and soluble phosphorus and potassium that lead to economize nitrogen fertilizer in rapeseed production and minimizing environmental pollution risk.

Key words: *Azotobacter*, *Azospirillum*, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen use efficiency

1, 2 and 3- Former MSc. Student and Associate Professor Faculty of Agriculture, University of Guilanand Assistant Professor Soil and Water Research Institute (SWRI), Iran.

(*- Corresponding author Email: esfahani@guilan.ac.ir)