

بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

پرویز رضوانی مقدم^{1*}، سید محمد سیدی² و مسعود آزاد²

تاریخ دریافت: 1390/11/08

تاریخ پذیرش: 1391/06/19

رضوانی مقدم، پ.، سیدی، س.م.، و آزاد م. 1395. بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 598-611.

چکیده

به منظور بررسی اثرات منابع آلی و غیر آلی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 11 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 1388-89 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کود شیمیایی اوره، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود شیمیایی اوره + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک بیوسولفور، کود گاوی، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود گاوی + میکوریزا، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک بیوسولفور و شاهد بودند. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که اعمال تیمارهای مربوط به کود گاوی و نیز کود اوره در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه معنی‌دار بود. با این وجود، کود گاوی در مقایسه با کود اوره به طور معنی‌دار تأثیر بیشتری در افزایش شاخص‌های ذکر شده داشت. همچنین به جز کود بیولوژیک بیوسولفور، سایر کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری در افزایش این شاخص‌ها نداشتند. با توجه به این‌که در راستای توسعه کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌های طبیعی و زیستی به عنوان یک اصل شناخته می‌شود، در مناطق دارای خاک‌های آهکی، کاربرد کودهای آلی (مانند کود گاوی) به همراه استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور می‌تواند در کاهش مشکلات ناشی از استفاده زیاد از کودهای شیمیایی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، تیوباسیلوس، سولفور، کود گاوی، میکوریزا

مقدمه

چرخه‌ها و نیز استراتژی‌های مدیریتی این عنصر در مقایسه با سیستم‌های رایجی دارند که از کودهای شیمیایی جهت تأمین این عنصر استفاده می‌کنند. در سیستم‌های ارگانیک، وابستگی بیشتری به تناوب‌های گیاهان، منابع آلی تأمین‌کننده نیتروژن و نیز چرخه‌های بسته این عنصر وجود دارد که برگرفته شده از اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشند (Dawson et al., 2008). با در نظر گرفتن اهمیت نیتروژن در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی (Rodrigues et al., 2006) و ضرورت کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی مدرن جهت کسب حداکثر عملکرد (Guarda et al., 2004)، یکی از چالش‌های اساسی در گذار از کشاورزی رایج به ارگانیک، تأمین نیتروژن به میزان کافی، در زمان مناسب و از منابع مجاز در کشاورزی ارگانیک جهت

در طول چند دهه اخیر جهان شاهد گسترش سریع کشاورزی ارگانیک³ بود. سیستم‌های کشاورزی زیستی با ایجاد محدودیت‌های شدید در استفاده از نهاده‌های شیمیایی و یا سنتزی، علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، در گسترش امنیت غذایی نقش مؤثری را ایفا نموده‌اند (Rodrigues et al., 2006). سیستم‌های کشاورزی زیستی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای از نظر منابع تأمین‌کننده نیتروژن،

1، 2 و 3- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول:
(Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v8i4.51327

3- Organic agriculture

تواند در تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مانند جیبرلین و اکسین و نیز افزایش حلالیت و فراهمی عناصری مانند پتاسیم، فسفر و آهن مؤثر باشد (Dordipour et al., 2010; Ozturk et al., 2003). در این ارتباط دست برهان و همکاران (Dastborhan et al., 2010) گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم* به طور معنی‌داری سبب بهبود ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، برگ، ساقه و وزن خشک بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گردید. اثرات مثبت میکوریزا نیز می‌تواند در ارتباط با نقش مؤثر این قارچ در حفظ و بهبود ساختار خاک، جذب نسبی عناصر غیر متحرک پر مصرف (مانند فسفر) و کم مصرف (مانند روی)، کاهش سمیت عناصری مانند آلومینیوم و منگنز، اثرات متقابل و مفید با میکروارگانیسم‌های خاک (مانند ریزوباکتری-های تثبیت‌کننده نیتروژن) و نیز کاهش اثرات نامطلوب پاتوژن‌ها باشد (Cardoso & Kuyper, 2006). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) به نقش مثبت کودهای بیولوژیک *ازتوباکتر*، *آزوسپیریوم* و نیز میکوریزا در بهبود سرعت رشد محصول و نیز تجمع ماده خشک سیاهدانه اشاره کردند. درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) نیز در دو آزمایش جداگانه نقش میکوریزا را در افزایش عملکرد دانه و نیز افزایش میزان اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مثبت ارزیابی کردند. علاوه بر این، استفاده از باکتری *تیوباسیلوس* (*Thiobacillus* sp.) به شکل کود بیولوژیک، با اکسید کردن گوگرد عنصری، علاوه بر آن که می‌تواند منجر به افزایش جذب این عنصر توسط گیاه شود، با تولید اسید سولفوریک و در نتیجه کاهش pH خاک‌های قلیایی می‌تواند در افزایش حلالیت عناصری مانند فسفر، آهن، منگنز و روی و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه در این خاک‌ها مؤثر باشد (Foroughifar & Kasmani, 2002). سلیم پور و همکاران (Salimpour et al., 2010) گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری-های اکسیدکننده گوگرد می‌توانند در افزایش جذب فسفر و نیز عملکرد روغن کلزا (*Brassica napus* L.) نقش موثری داشته باشند. محمدی آریا و همکاران (Mohammdi Aria et al., 2010) نیز گزارش کردند میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد می‌توانند نقش مثبتی را در افزایش قابلیت جذب فسفر در اندام‌های ذرت (*Zea mays* L.) ایفا کنند.

استفاده از کودها یا بقایای آلی نیز به عنوان جایگزینی جهت

کسب عملکرد قابل قبول از گیاهان زراعی می‌باشد (Rodrigues et al., 2006).

از نقطه نظر مدیریت نیتروژن، بازسازی و احیای اکوسیستم‌های زراعی نیازمند کاهش آلودگی ناشی از تلفات نیتروژن از طریق تصعید، فرسایش و یا آبشویی است. برای کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و نیز احیای اکوسیستم‌های زراعی در کنار کاهش وابستگی به منابع غیرقابل تجدیدی که در تولید کودهای شیمیایی استفاده می‌شوند، استفاده از کودهایی که منشأ طبیعی دارند، به عنوان یک راه قابل جایگزین شناخته می‌شود (Kizilkaya, 2008). کودهای بیولوژیک می‌توانند در احیای اکوسیستم‌های زراعی و نیز توسعه کشاورزی پایدار و در نتیجه در احیای مهندسی اکولوژیک مفید باشند (Kizilkaya, 2008). با توجه به تعریف میتش (Mitsch, 1998) از مهندسی اکولوژیک؛ "طراحی یک اکوسیستم به شکل پایدار؛ می‌باید بر پایه تلفیق جوامع انسانی با محیط طبیعی در جهت افزایش سودمندی به جوامع انسانی و نیز محیط زیست باشد"، استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین و مؤثرترین نژادهای میکروارگانیسم‌ها، می‌تواند در این راه مفید باشد (Kizilkaya, 2008). استفاده از کودهای زیستی با در نظر گرفتن مؤثرترین نژادهای میکروارگانیسم‌ها در کنار فراهمی مواد آلی در خاک، می‌تواند در این راه مفید باشد (Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2012; Kizilkaya, 2008). به عبارتی، کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی از طریق فرآیندهای بیولوژیکی تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط میکروارگانیسم‌هایی که می‌توانند به شکل کودهای بیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند، می‌تواند در توسعه کشاورزی پایدار، کم‌نهاد و یا کشاورزی ارگانیک مؤثر باشد (Kizilkaya, 2008; Ozturk et al., 2003). در این راستا، استفاده از باکتری‌های آزادزی و هوازی در خاک مانند *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.) و *آزوسپیریوم* (*Azospirillum* sp.) و نیز استفاده از ارتباط میکوریزایی به شکل کودهای بیولوژیک می‌تواند به طور ویژه مورد توجه باشد (Kizilkaya, 2008; Turk et al., 2006; Ozturk et al., 2003). کومار و نارولا (Kumar & Narula, 1999) به نقش مؤثر *ازتوباکتر* در حل کردن فسفات و نیز تولید هورمون ایندول استیک اسید توسط این باکتری در ناحیه ریزوسفر گندم (*Triticum aestivum* L.) اشاره کردند. *آزوسپیریوم* نیز که همانند *ازتوباکتر* به عنوان یک دیازوتروف فیزیولوژیکی و هوازی شناخته می‌شود، علاوه بر تثبیت نیتروژن، می-

نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج آنالیز این خاک در جدول 2 آمده است.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذر ماه و عملیات خاکورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لولر و همچنین ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت در اسفند ماه بود. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد 2x4 (هشت مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر نیم متر، فاصله پشته‌ها از یکدیگر نیم متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر بود.

اعمال 150 کیلوگرم کود شیمیایی اوره (حاوی 46 درصد نیتروژن خالص) به عنوان معیار کودی در نظر گرفته شد. اعمال کود اوره در سه مرحله قبل از کاشت (50 کیلوگرم در هکتار) و به صورت سرک در مراحل چهار برگی (همزمان با تنک کردن) و نیز قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله 50 کیلوگرم در هکتار) انجام شد. همچنین با توجه به این که در حدود نیمی از نیتروژن موجود در کود گاوی در سال اول در خاک آزاد نمی‌شود، معادل 15/34 تن در هکتار کود گاوی (حاوی 0/9 درصد نیتروژن خالص) بر اساس تیمارهای آزمایش، در یک مرحله (قبل از کاشت) به هر یک از کرت‌ها اعمال شد. به طوری که بر حسب تیمارهای مورد نظر و نیز با دانستن شرایط متفاوت آزاد شدن نیتروژن از منابع آلی و شیمیایی، در هر یک از کرت‌های آزمایش تقریباً میزان نیتروژن مساوی از منابع متفاوت آلی و شیمیایی اعمال شد. نتایج حاصل از آنالیز این کود گاوی نیز در جدول یک آمده است. جهت تلقیح بذرهای سیاهدانه با میکوریزا از نژاد *Glomus mosseae* استفاده شد که همزمان با کاشت به صورت دو لایه تلقیح با خاک در بالا و پایین بذرها صورت پذیرفت. اعمال باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* (با جمعیتی معادل 10^8 سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر²) در سه مرحله به صورت تلقیح با بذر قبل از کاشت (چهار لیتر در هکتار) و به صورت سرک (تلقیح با خاک بستر کاشت) در مراحل چهار برگی (همزمان با تنک کردن) و نیز قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله به میزان پنج لیتر در هکتار) انجام شد.³

کودهای شیمیایی در کشت گیاهان دارویی مانند سیاهدانه شناخته می‌شود (Akbarnejad et al., 2010). این کودها از نظر اقتصادی با صرفه بوده و بر گرفته شده از محیط زیست می‌باشند. کودهای حیوانی نقش ویژه‌ای را در باز چرخش عناصر غذایی و نیز مواد آلی در اکوسیستم‌های زراعی ایفا می‌کنند که می‌توانند علاوه بر افزایش تولید و بهره‌وری گیاهان زراعی، منجر به پایداری سیستم‌های کشاورزی شوند (Limon-Ortega et al., 2008; Mando et al., 2005).

با توجه به اهمیت سیاهدانه در پزشکی، به دلیل نقش ترکیبات مؤثر آن به ویژه کوئین¹ در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مانند برونشیت، روماتیسم، فشار خون، دیابت، آنفولانزا و حتی ایدز (Mehta et al., 2009; Hussain et al., 2009; Erkan et al., 2008)، و نیز با توجه به نقش ویژه آن به عنوان گیاهی روغنی در تغذیه انسان (Ramadan & Morsel, 2003) این آزمایش با هدف مطالعه و بررسی اثرات منابع آلی (کود گاوی) و غیر آلی (کود اوره) تأمین‌کننده نیتروژن در کنار استفاده از کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی 59° 28' شرقی و عرض جغرافیایی 36° 15' شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا) در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و 11 تیمار به اجرا در آمد.

تیمارهای آزمایش شامل کود شیمیایی اوره، تلقیح کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلقیح کود شیمیایی اوره + میکوریزا، تلقیح کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلقیح کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک بیوسولفور، کود گاوی، تلقیح کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلقیح کود گاوی + میکوریزا، تلقیح کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلقیح کود گاوی + کود بیولوژیک بیوسولفور و شاهد بودند. زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک این زمین

2- Colony forming unit (CFU)

3- بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)

1- Quinone

جدول 1- تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

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

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (ppm)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
خاک Soil	لومی - سیلتی Silty-loam	0.095	0.195	5.762	0.3777	3.72	8.36
کود دامی Manure	-	0.89	20	1.2	1	6.1	6.7

9.1 انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد ($p \leq 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته و نیز تعداد فولیکول در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p \leq 0.01$) (جدول 2).

نتایج نشان داد که اعمال کود اوره (150 کیلوگرم در هکتار) منجر به افزایش معنی‌دار این دو شاخص در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول 3). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به سطوح نیتروژن منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایشی و نیز تعداد فولیکول در سیاهدانه شد. عزیززی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2004) نیز به اثرات مثبت نیتروژن در افزایش تعداد چتر در بوته زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) اشاره کردند. رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2010) با مشاهده اثرات معنی‌دار تیمار نیتروژن بر ارتفاع بوته، ارتفاع ساقه اصلی و تعداد ساقه فرعی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، افزایش رشد رویشی همیشه‌بهار را به نقش مؤثر نیتروژن در ساختمان کلروفیل و سنتز پروتئین‌ها نسبت داده و عنوان کردند که نیتروژن مهمترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها بوده و افزایش آن در شرایط مطلوب و تا حدی معین منجر به توسعه رشد رویشی گیاه مانند سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع و قطر ساقه می‌شود. تیمارهای ترکیبی دو گانه و سه گانه کود شیمیایی با کودهای بیولوژیک تفاوت معنی‌داری را با کود شیمیایی به تنهایی در تعداد شاخه جانبی در بوته دارا نبودند. (جدول 3). همچنین با وجود آن که اعمال کود گاوی (15/34 تن در هکتار) در مقایسه با تیمار

همچنین اعمال تیوباسیلوس (با جمعیتی معادل 10^9 سلول زنده در هر گرم) به همراه مصرف گوگرد آلی بنتونیت دار (250 کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله به صورت تلقیح با بذور انجام گرفت¹. به منظور جلوگیری از کاهش فعالیت باکتری‌ها در مایه تلقیح (حاوی چسب گیاهی)، حداقل فاصله زمانی ممکن بین فرآیند تلقیح تا کاشت بذر در نظر گرفته شد. همچنین خشک کردن بذور تلقیح یافته در سایه و تلقیح خاک همزمان با طلوع آفتاب صورت گرفت.

عملیات کاشت در هجدهم اسفند ماه انجام شد. بذور مورد استفاده به منظور کاشت در این آزمایش، توده بذر محلی اصفهان بود. بذرها سیاه دانه روی هشت ردیف (بر روی هر پشته دو ردیف در طرفین پشته‌ها) به طول چهار متر در هر کرت کشت شد. گیاهچه‌های سیاهدانه در مرحله چهار برگی برای رسیدن به تراکم مورد نظر (200 بوته در مترمربع) با فاصله روی ردیف دو سانتی متر تک شدند (Norozpoor & Rezvani Moghaddam, 2007).

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یکبار انجام شد. آخرین آبیاری نیز دو هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها و فولیکول‌ها در هفته اول تیر ماه انجام شد. قبل از برداشت تعداد هشت بوته به طور تصادفی برداشت شد و بر اساس آن اجزای عملکرد که شامل تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در فولیکول، وزن دانه در بوته و در نهایت وزن هزار دانه بود، تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) و نیز شاخص برداشت با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. در طول مراحل انجام آزمایش نیز از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کش استفاده نشد.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS

1- بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)

شاهد منجر به افزایش این دو شاخص شد، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی (نیتروکسین + کود گاوی، میکوریزا + کود گاوی، نیتروکسین + میکوریزا + کود گاوی، بیوسولفور + کود گاوی) با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعدادی از شاخص‌های مورد مطالعه سیاهدانه در آزمایش
Table 2- Variance analysis (mean of squares) of some studied traits of black seed in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branch per plant	تعداد فولیکول در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در فولیکول Number of seed per follicle	تعداد دانه در بوته Number of seed per Plant	وزن دانه در فولیکول Seed weight per follicle	وزن دانه در بوته Seed Weight per plant	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.13 ^{ns}	1.09 ^{ns}	112.78 [*]	484.58 ^{ns}	0.00017 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.045 ^{ns}	1245.37 ^{ns}	6631.95 ^{ns}	0.23 ^{ns}
تیمار Treatment	10	2.41 ^{**}	15.39 ^{**}	28.22 ^{ns}	135353.69 ^{**}	0.00007 ^{ns}	0.97 ^{**}	0.038 ^{ns}	26706.83 ^{**}	953909.66 ^{**}	23.50 ^{**}
خطا Error	20	0.06	0.46	26.19	3825.68	0.00021	0.01	0.025	1072.86	6861.45	1.94
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.58	6.53	5.87	6.79	5.57	3.87	5.25	5.95	3.82	5.35

*, **, ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار
*, **, and ns: Are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

ارتفاع، قطر بوته و نیز وزن خشک بوته در گیاه چند ساله زوفرا (*Hyssopus officinalis* L.) را مثبت ارزیابی کردند. این محققین همچنین گزارش کردند که در سال دوم ویژگی‌های مورفولوژیک و وزن خشک اندام‌های هوایی این گیاه در مقایسه با سال اول مقادیر بیشتری را دارا بود.

بر این اساس، با توجه به این که سیاهدانه گیاهی یک‌ساله با دوره رویشی کوتاه و نیز عادت رشدی محدود است (D'Antuono et al., 2002)، تأثیر و یا عدم تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و یا اجزای عملکرد گیاهان زراعی، ممکن است در ارتباط با طول دوره رویشی و یا عادت رشدی گیاه مورد آزمایش باشد. افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گاوی در مقایسه با اعمال کود اوره نیز ممکن است به دلیل فراهمی متعادل از عناصر کم مصرف و پر مصرف بجز نیتروژن توسط این کود آلی باشد که می‌تواند رشد و عملکرد سیاهدانه را تحت تأثیر قرار دهد.

عدم کارایی کودهای بیولوژیک به همراه مصرف کود گاوی ممکن است به دلیل فراهمی کافی عناصر غذایی از منبع آلی باشد که می‌تواند منجر به تأمین کافی این عناصر جهت تکمیل رشد رویشی و زایشی سیاهدانه شود. عدم کارایی کودهای بیولوژیک در کنار مصرف کود اوره نیز ممکن است به دلیل تأمین نیتروژن از منبع غیر آلی اوره و به مقدار کافی برای تکمیل رشد سیاهدانه باشد. از تورک و همکاران (Ozturk et al., 2003) گزارش کردند کاهش کارایی آزوسپیریوم در خاک با افزایش میزان نیتروژن در نتیجه اعمال تیمارهای کودی ممکن است به دلیل حساسیت آنزیم نیتروژناز به مقدار آمونیوم در خاک باشد که می‌تواند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را تحت تأثیر قرار دهد. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین + باکتری‌های حل‌کننده فسفات تأثیر در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی بایونه آلمانی نداشت. با این وجود کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) اثرات کودهای بیولوژیک مانند نیتروکسین و میکوریزا در افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین تعدادی از شاخص‌های مورد مطالعه سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای کودی
Table 3- Means comparisons of some studied traits of black seed affecting by fertilizer treatments

تیمار Treatment	تعداد شاخه جانبی Number of branch per plant	تعداد فولیкул در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در فولیкул Number of seed per follicle	تعداد دانه Number of seed per plant	وزن دانه در فولیкул (گرم) Seed weight per follicle (g)	وزن دانه (گرم) Seed weight (g)	وزن هزار دانه 1000-Seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک کیلوگرم در هکتار Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
اوره Urea	3.28 ^{b*}	9.28 ^b	83.83 ^a	777.00 ^b	0.26 ^a	2.46 ^b	3.16 ^a	479.50 ^c	1671.27 ^e	28.65 ^a
اوره + نیتروکسین Urea + Nitroxin	3.33 ^b	8.78 ^b	83.07 ^a	708.00 ^b	0.26 ^a	2.82 ^b	3.14 ^a	510.67 ^c	1766.73 ^{de}	28.92 ^a
اوره + میکوریزا Urea + Mycorrhizae	3.17 ^b	8.94 ^b	90.01 ^a	801.67 ^b	0.26 ^a	2.33 ^b	2.91 ^a	483.33 ^c	1705.33 ^{de}	28.35 ^a
اوره + نیتروکسین + میکوریزا Urea + Nitroxin + Mycorrhizae	3.05 ^b	8.94 ^b	83.05 ^a	741.33 ^b	0.26 ^a	2.31 ^b	3.13 ^a	530.67 ^c	1831.80 ^d	29.07 ^a
اوره + بیوسولفور Urea + Biosulfur	3.11 ^b	12.06 ^a	89.89 ^a	1085.33 ^a	0.26 ^a	3.16 ^a	2.92 ^a	595.00 ^b	2542.67 ^{bc}	23.41 ^b
کود گاوی Manure	4.56 ^a	12.28 ^a	86.96 ^a	1064.00 ^a	0.26 ^a	3.17 ^a	2.98 ^a	600.00 ^b	2461.73 ^c	24.38 ^b
کود گاوی + نیتروکسین Manure + Nitroxin	4.66 ^a	11.72 ^a	89.76 ^a	1052.67 ^a	0.26 ^a	3.10 ^a	2.95 ^a	605.17 ^b	2570.27 ^{bc}	23.53 ^b
کود گاوی + میکوریزا Manure + Mycorrhizae	4.78 ^a	11.78 ^a	92.07 ^a	1082.33 ^a	0.27 ^a	3.15 ^a	2.91 ^a	614.17 ^b	2492.97 ^c	24.63 ^b
کود گاوی + نیتروکسین + میکوریزا Manure + Nitroxin + Mycorrhizae	4.89 ^a	12.88 ^a	85.95 ^a	1079.00 ^a	0.26 ^a	3.23 ^a	3.00 ^a	613.83 ^b	2662.37 ^b	23.02 ^b
کود گاوی + بیوسولفور Manure + Biosulfur	4.78 ^a	12.78 ^a	88.27 ^a	1122.67 ^a	0.26 ^a	3.23 ^a	2.88 ^a	681.67 ^a	2990.90 ^a	22.79 ^b
شاهد Control	2.50 ^c	5.61 ^c	86.70 ^a	482.67 ^c	0.27 ^a	1.53 ^c	3.17 ^a	338.83 ^d	1153.50 ^f	29.36 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang test.

جدول 4- ضرایب همبستگی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه
Table 4- Correlation coefficients of yield and yield components of black seed

	تعداد شاخه Number of branch per plant	تعداد فولیول Number of follicle per plant	تعداد دانه Number of seed per follicle	تعداد دانه Number of Seed per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تعداد شاخه جایی در بوته Number of branch per plant	1								
تعداد فولیول در بوته Number of follicle per plant	0.77 **	1							
تعداد دانه در فولیول Number of seed per follicle	0.23 ns	0.09 ns	1						
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.79 **	0.97 **	0.35 *	1					
وزن دانه در فولیول Seed weight per follicle	-0.03 ns	-0.41 *	0.50 **	-0.27 ns	1				
وزن دانه در بوته Seed weight per plant	0.81 **	0.98 **	0.21 ns	0.98 **	1				
وزن هزار دانه 1000- Seed weight	-0.34 ns	-0.47 **	-0.66 **	-0.62 **	-0.44 *	1			
عملکرد دانه Seed yield	0.74 **	0.92 **	0.09 ns	0.89 **	0.90 **	-0.44 *	1		
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.81 **	0.95 **	0.21 ns	0.95 **	0.95 **	-0.47 **	0.95 **	1	
شاخص برداشت Harvest index	-0.76 **	-0.82 **	-0.33 ns	-0.86 **	-0.87 **	0.41 *	-0.69 **	-0.88 **	1

*, **, and ns: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی دار
* **, and ns: Are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

تعداد دانه در فولیکول و در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه وجود نداشت (جدول 2). با این وجود نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به کود اوره و کود گاوی بر تعداد دانه در بوته سیاهدانه معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول 3). موسی زاده و همکاران (Moosazadeh et al., 2010) نیز گزارش کردند که اثر زمان محلول‌پاشی اوره بر تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه معنی‌دار بود. با وجود اثر معنی‌دار کود گاوی در افزایش تعداد دانه در بوته، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از سویی با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین + کود اوره، میکوریزا + کود اوره، نیتروکسین + میکوریزا + کود اوره با تیمار کود اوره، اعمال بیوسولفور + کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته در مقایسه با تیمار کود اوره شد (جدول 3). با توجه به قلیایی بودن pH زمین محل انجام آزمایش (جدول 1) به نظر می‌رسد که اثرات مثبت کود بیولوژیک بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) در ارتباط با کاهش pH خاک و در نتیجه افزایش فراهمی عناصری مانند فسفر، آهن و نیز روی باشد (Foroughifar & Kasmani, 2002).

وزن دانه در فولیکول و در بوته

همانند تعداد دانه در فولیکول، اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر معنی‌داری را بر وزن دانه در فولیکول سیاهدانه منجر نشدند. با این وجود وزن دانه در بوته همانند تعداد دانه در بوته سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول 3). با وجود اثر معنی‌دار کود گاوی در افزایش وزن دانه در بوته، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از سویی با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین + کود اوره، میکوریزا + کود اوره، نیتروکسین + میکوریزا + کود اوره با تیمار کود اوره، اعمال بیوسولفور + کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار وزن دانه در بوته در مقایسه با تیمار کود اوره شد (جدول 3). همان‌طور که پیشتر ذکر شد، اثرات مثبت کود بیوسولفور می‌تواند در ارتباط با کاهش pH خاک باشد.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزار دانه سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول 2). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به سطوح نیتروژن تأثیری بر وزن هزار دانه سیاهدانه نداشت. جوادی (Javadi, 2008) گزارش کرد که اثر تاریخ کاشت، مقادیر مختلف کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه و نیز تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه معنی‌دار نبود. موسی زاده و همکاران (Moosazadeh et al., 2010) بیان کردند که اثر تیمارهای مربوط به عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اوره در مراحل مختلف رشد سیاهدانه و نیز تراکم مختلف کاشت بر وزن هزار دانه سیاهدانه معنی‌دار نبود. این محققین همچنین گزارش کردند که شاخص تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت سیاهدانه قرار نگرفت. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به افزایش وزن دانه در چتر و نیز وزن هزار دانه رازیانه نشد. به نظر می‌رسد که صفات تعداد دانه در فولیکول، وزن دانه در فولیکول و وزن هزار دانه سیاهدانه از جمله شاخص‌هایی است که تحت کنترل ژنتیکی بوده و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است؛ به طوری که کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Javadi, 2008).

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p \leq 0.01$) (جدول 2). نتایج نشانگر آن بود که اعمال کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد (بدون اعمال هیچ گونه کودی) شد (جدول 3). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال سطوح مربوط به نیتروژن تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه داشت. عزیزی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2008) نیز به اثرات مثبت کود اوره در افزایش عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک زیره‌سبز اشاره کردند. نتایج نشان داد که به جز

هکنار) با شاخص برداشت سیاهدانه همبستگی منفی وجود داشت. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت رازیانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. این محققین همچنین بیان کردند که روند تغییرات شاخص برداشت در رازیانه در نتیجه اعمال تیمارهای کودی، عکس عملکرد اقتصادی و بیولوژیک بود. با این وجود نتایج نشان داد که بین تیمار کود اوره و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص برداشت سیاهدانه وجود نداشت (جدول 3). به نظر می‌رسد استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور و کود گاوی از طریق کاهش pH خاک شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم کرده که خود باعث تحریک رشد رویشی بیشتر در تیمارهایی که کود سولفور و کود گاوی در آن‌ها استفاده شده بود گردید. به طوری که نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها حاکی از پایین بودن شاخص برداشت در این تیمارها بود. در بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک با کود اوره نیز، به جز تیمار کود بیوسولفور + کود اوره که به طور معنی‌دار منجر به کاهش شاخص برداشت سیاهدانه شد، اثر سایر تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود اوره در مقایسه با تیمار شاهد بر شاخص برداشت سیاهدانه معنی‌دار نبود (جدول 3). همچنین با وجود کاهش معنی‌دار شاخص برداشت سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گاوی، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کود بیولوژیک + کود گاوی و تیمار مربوط به کود گاوی به تنهایی، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد (جدول 3). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک میکروبی و نیتروکسین، نقشی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد سیاهدانه نداشتند.

همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از همبستگی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه حاکی از آن بود که به جز شاخص‌های تعداد فولیکول در بوته و تعداد دانه در فولیکول، سایر صفات دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه بودند (جدول 4). از طرفی همبستگی معنی‌دار و منفی شاخص برداشت با عملکرد دانه نشانگر آن است که با افزایش عملکرد دانه در نتیجه اعمال تیمارهای کودی، شاخص برداشت در سیاهدانه رو به کاهش گذاشت. همچنین وجود همبستگی مثبت عملکرد دانه با تعداد و وزن دانه در بوته و نیز

تیمار کود بیولوژیک بیوسولفور + کود اوره، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مربوط به ترکیب سایر کودهای بیولوژیک + کود اوره، با تیمار کود اوره به تنهایی مشاهده نشد (جدول 3). همچنین با وجود افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گاوی، به جز تیمار بیوسولفور + کود گاوی، اثر سایر تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی در مقایسه با تیمار کود گاوی به تنهایی معنی‌دار نبود (جدول 3). از سویی در بین تیمارهای آزمایش، اعمال تیمار کود گاوی + بیوسولفور، علاوه بر آن - که به طوری معنی‌دار، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک را باعث شد، در مقایسه با تیمار شاهد، عملکرد دانه و بیولوژیک را تا حدود دو برابر افزایش داد (جدول 3). گودرزی (Goodarzi, 2001) نیز گزارش کرد که در مقایسه با تیمار شاهد، مصرف توام گوگرد و کمپوست منجر به افزایش قابل توجه غلظت فسفر (78 درصد)، پتاسیم (73 درصد)، آهن (68 درصد)، منگنز (42 درصد)، روی (64 درصد) و مس (54 درصد) در دانه گندم شد. این محقق همچنین به اثرات مثبت افزایش عملکرد گندم در نتیجه اعمال گوگرد به همراه کمپوست اشاره کرد. افزایش معنی‌دار عملکرد سیاهدانه در تیمار مربوط به اعمال کود گاوی در مقایسه با تیمار کود اوره، ممکن است به دلیل فراهمی متعادلی از عناصر غذایی در کود گاوی (به عنوان منبع آلی نیتروژن)، آزاد شدن تدریجی نیتروژن و سایر عناصر از منبع آلی در طول دوره رشد و افزایش آبشویی و تلفات نیتروژن در کود اوره (به عنوان منبع غیر آلی نیتروژن) باشد (جدول 3).

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایش از نظر شاخص برداشت سیاهدانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p \leq 0.01$) (جدول 2). نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای مربوط به کود گاوی منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد شد؛ به طوری که با افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک در نتیجه اعمال این تیمار، شاخص برداشت سیاهدانه رو به کاهش گذاشت (جدول 3). به عبارتی با افزایش فراهمی عناصر غذایی به دلیل اعمال این تیمار کودی و در نتیجه افزایش رشد سیاهدانه، نسبت تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه کاهش یافت. ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که بین سطوح مختلف نیتروژن (صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم در

داد که نبود شرایط مطلوب در خاک به ویژه از نظر فراهمی مواد آلی و نیز pH مناسب می‌تواند منجر به کاهش و یا عدم کارایی استفاده از کودهای بیولوژیک شود. با در نظر گرفتن نقش ویژه نهاده‌های طبیعی مانند کودهای بیولوژیک در توسعه کشاورزی پایدار، به نظر می‌رسد که در مناطق دارای خاک‌های آهکی، کاربرد کودهای آلی (مانند کود گاوی) در کنار استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور می‌تواند در کاهش مشکلات ناشی از کودهای شیمیایی مفید باشد.

سپاسگزاری

هزینه‌های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه گرانت با کد 16059 تأمین شده است، لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

همبستگی منفی وزن هزار دانه با عملکرد دانه می‌تواند نشانگر آن باشد که وزن هزار دانه سیاهدانه نقش چندانی در تعیین عملکرد نهایی سیاهدانه نداشته است. به عبارتی دیگر با اعمال تیمارهای کودی و در نتیجه افزایش عملکرد، افزایش در تعداد و وزن دانه در بوته سیاهدانه نه تنها می‌تواند کاهش وزن هزار دانه را جبران کند، بلکه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود.

نتیجه‌گیری

با وجود اثرات مثبت کودهای بیولوژیک بر عملکرد گیاهان زراعی، نتایج این آزمایش نشان داد که به طور کلی، به جز کود بیولوژیک بیوسولفور، سایر کودهای بیولوژیک نقشی در افزایش عملکرد سیاهدانه نداشتند. نتایج آزمایش این نکته را مورد تأکید قرار

منابع

- Akbarnejad, F., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and heavy metal accumulation in soil and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology* 2: 600-608. (In Persian with English Summary)
- Azizi, K., and Kahrizi, D. 2008. Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences* 7: 710-716.
- Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
- D'Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, A.F.S. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops and Product* 15: 59-69.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant* 25: 1-19. (In Persian with English Summary)
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2009. The effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oli in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24: 396-413. (In Persian with English Summary)
- Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., and Tavassoli, A.R. 2010. Effect of some plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on morphological characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Agroecology* 2: 565-573. (In Persian with English Summary)
- Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research* 107: 89-101.
- Dordipour, E., Farshadirad, A., and Arzanesh, M.H. 2010. Effect of *Azotobacter chroococum* and *Azospirillum lipoferum* on the release of soil potassium in pot culture of soybean (*Glycine max* var. Williams). *Journal of Agroecology* 2: 593-599. (In Persian with English Summary)
- Erkan, N., Ayranci, G., and Ayranci, E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmaric acid and sesamol. *Food Chemistry* 110: 76-82.
- Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 127-135. (In Persian with English Summary)
- Foroughifar, H., and Kasmani, M.E. 2002. *Soil Science and Management*. Ferdowsi University of Mashhad Press,

- Mashhad, Iran 340 pp. (In Persian)
- Goodarzi, K. 2001. Enhancing effects of sulfur and compost on nutrient availability and wheat yield. *Soil and Water Sciences* 15: 154-166. (In Persian with English Summary)
- Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy* 21: 181-192.
- Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I., and Awan, M. 2009. Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). *Pakistan Journal of Weed Science Research* 15: 71-81.
- Javadi, H. 2008. Effect of planting dates and nitrogen rates on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 59-66. (In Persian with English Summary)
- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2009. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 285-294. (In Persian with English Summary)
- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33: 150-156.
- Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 127-137. (In Persian with English Summary)
- Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. *Biology and Fertility of Soils* 28: 301-305.
- Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy* 29: 21-28.
- Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. *Soil and Tillage Research* 80: 95-101.
- Mehta, B.K., Pandit, V., and Gupta, M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. *Natural Product Research* 23: 138-148.
- Mitsch, W.J. 1998. Ecological engineering-the 7 year itch. *Ecological Engineering* 10: 119-138.
- Mohammdi Aria, M., Lakzian, A., and Haghnia, G. 2010. The effect of inoculants of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on corn growth. *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 82-89. (In Persian with English Summary)
- Mollafilabi, A., Rashed, M.H., Moodi, H., and Kafi, M. 2010. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Acta Horticulturae* 85: 115-126.
- Moosazadeh, M., Baradaran, R., and Seghatol Eslami, M.J. 2010. Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) canopy, leaf chlorophyll and yield to nitrogen fertilizer application methods. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 42-48. (In Persian with English Summary)
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 625-635. (In Persian with English Summary)
- Norozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). *Pajouhesh and Sazandegi* 73: 133-138. (In Persian with English Summary)
- Ozturk, A., Caglar, O., and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166: 262-266.
- Rahmani, N., Daneshian, J., Valadabadi, S.A.R., and Bigdeli, M. 2010. Effects of water deficit stress and application of nitrogen on yield and growth characteristics of calendula (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 443-450. (In Persian with English Summary)
- Ramadan, F.M., and Morsel, J.T. 2003. Analysis of glycolipids from black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) oilseeds. *Food Chemistry* 80: 197-204.
- Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy* 25: 328-335.
- Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H., and Miransari, M. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Australian Journal of Crop Science* 4:

330-334.

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. *Journal of Agroecology* 3: 309-319. (In Persian with English Summary)

Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Al-Tawaha, A.M. 2006. Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences* 2: 16-20.

The Effect of Different Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.)

P. Rezvani Moghaddam^{1*}, S.M. Seyedi² and M. Azad³

Submitted: 00-00-00

Accepted: 00-00-00

Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S.M., and Azad, M. 2017. The effect of different fertilizer management on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 8(4): 598-611.

Introduction

Given the importance of nitrogen for improving the quantitative and qualitative yield of crops (Rodrigues et al., 2006) and the need for application of chemical fertilizers in intensive agriculture to get the maximum production, nitrogen supply in adequate amounts by ecologically avowed resources is known as one of the main challenges during transition from conventional to organic farming (Rodrigues et al., 2006).

Considering the sustainable nitrogen management, reconstruction and rehabilitation of agroecosystems depends on reduction the nitrogen losses due to leaching, soil erosion and volatilization (Kizilkaya, 2008). For this purpose, the use of eco-friendly bio based fertilizers that are derived from natural origin, known as effective and enforceable approaches. In this regards, the proper use of manure and free-living aerobic bacteria of soils, such as *Azotobacter* and *Azospirillum* as well as mycorrhizal inoculation which can be used as a biological fertilizers, can particularly be considered (Kizilkaya, 2008).

With regard to all mentioned above, the current study was aimed to evaluate the effects of biological, organic and inorganic resources of nitrogen on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.).

Materials and methods

The field experiment was conducted at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in years of 2009-2010. Experimental site was located in a semi-arid region, Khorasan Province, Northeast of Iran. The soil texture was silty loam, pH 8.36, electrical conductivity 3.72 dS.m^{-1} , total N 0.095% and 0.195% organic carbon. The available P and K contents were 5.76 and 0.378 ppm, respectively.

Experimental design was arranged by using a completely randomized block design with three replications. Experimental treatments included chemical fertilizer (urea), urea + nitroxin, urea + mycorrhizae, urea + nitroxin + mycorrhizae, urea + biosulfur, manure, manure + nitroxin, manure + mycorrhizae, manure + nitroxin + mycorrhizae, manure + biosulfur and control.

Plots were designed with 4 m long and 2 m width (8 m^2), 0.5 m apart each other. Seed sowing was done at 18th March on both sides of the furrows. Final plant density was determined equal to $200 \text{ plants m}^{-2}$. At maturity stage, number of branch per plant, number of follicle per plant, seed weight per follicle and 1000- seed weight were determined based on randomly selection of eight plant. Moreover, grain and biological yields as well as harvest index of black seed were measured by considering the side effects.

For statistical analysis, Duncan multiple range test ($p \leq 0.05$) was used to separate the experimental means using SAS 9.1 software.

Results and discussion

According to the results, effects of urea and cow manure treatments on grain and biological yields of black seed were significant. However, cow manure, in comparison with urea fertilizer, had more significant effects in increasing mentioned traits of black seed. For instance, cow manure treatment increased grain yield by 25%, compared with urea treatment.

Generally, advantages of manure in comparison with chemical fertilizer can be related to the slow and more balanced release of nutrient contents as well as improving the physical and chemical soil characteristics over

1, 2 and 3- Professor, PhD student and MSc student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v8i4.51327

growing season. On the other hand, the results showed that biological fertilizers had no effects in increasing grain and biological yields of black seed, except biosulfur treatment.

From the results, there was a positive correlation between 1000- seed weight with grain yield. Moreover, similar correlations were found between number of branch per plant and grain yield, number of follicle per plant and grain yield as well as seed weight per follicle and grain yield. Nonetheless, relationship between harvest index and grain yield was determined as a negative correlation. These results are in agreement with those of Moradi et al. (2010) who found a significant decrease in harvest index of Fennel (*Foeniculum Vulgare* L.) affected by organic and biological fertilizers. It seem that under no application of organic or chemical fertilizers, black seed mother plants prefer to allocate more assimilation materials to the reproductive growth; therefore, plant harvest index can be increased possibly.

Conclusion

In sustainable agriculture, applying eco-friendly input can be considered as a principle approach for increasing plant production. Therefore, in regions with alkaline soils, applying the organic fertilizer (such as cow manure) and biological biofertilizer (e.g. biosulfure) can be suitable in reducing the problems caused by consecutive and excessive using of chemical fertilizers.

Keywords: *Azotobacter*, *Azospirillum*, Cow manure, Mycorrhizae, Sulfur, *Thiobacillus*

References

- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33: 150-156.
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 625-635. (In Persian with English Summary)
- Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy* 25: 328-335.