

اثرات کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

پرویز رضوانی مقدم^{۱*} - سید محمد سیدی^۲ - مسعود آزاد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۸

چکیده

به منظور بررسی اثرات کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارتند بودند از ۱- شاهد، ۲- نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، ۳- میکوریزا، ۴- بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس)، ۵- کمپوست، ۶- ورمی کمپوست، ۷- نیتروکسین + کمپوست، ۸- نیتروکسین + ورمی کمپوست، ۹- میکوریزا + کمپوست، ۱۰- میکوریزا + ورمی کمپوست، ۱۱- بیوسولفور + کمپوست، ۱۲- بیوسولفور + ورمی کمپوست، ۱۳- نیتروکسین + میکوریزا، ۱۴- نیتروکسین + میکوریزا + کمپوست و ۱۵- نیتروکسین + میکوریزا + ورمی کمپوست. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بجز تعداد و وزن دانه در فولیکول و نیز وزن هزار دانه، سایر شاخص‌های مورد مطالعه سیاهدانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد بجز تیمار بیوسولفور، سایر کودهای بیولوژیک اثر معنی داری بر عملکرد دانه سیاهدانه نداشتند. در بین تیمارهای آزمایشی نیز تیمارهای کمپوست + بیوسولفور و ورمی کمپوست + بیوسولفور دارای بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ۷۹۰/۸۳ و ۷۹۰/۸۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد (۳۳۸/۸۳ کیلوگرم در هکتار) بودند. به نظر می‌رسد در خاک‌های با pH قلیایی، استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور به همراه مصرف گوگرد با کاهش اسیدیته خاک می‌تواند در افزایش عملکرد سیاهدانه نقش ویژه ای داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، میکوریزا، تیوباسیلوس، گوگرد، گیاه دارویی

مقدمه

افزایش تقاضا در تولید غذای سالم تر، تامین و فراهمی عناصر غذایی از منابع آلی و زیستی می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد پایدار گیاهان زراعی داشته باشد (۱۵ و ۱۸).

نیتروژن نقش ویژه ای را در بهبود عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی ایفا می‌کند (۱۳). بر این اساس تامین و فراهمی نیتروژن از منابعی که فاقد اثرات زیست محیطی هستند، به عنوان جایگزینی جهت منابع شیمیایی تامین کننده این عنصر شناخته می‌شود (۱۸ و ۲۲). در این راستا، استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست و ورمی کمپوست، علاوه بر تامین این عنصر و نیز سایر عناصر کم مصرف و پر مصرف جهت بهبود رشد و عملکرد گیاهان، در بهبود ساختار خاک نیز نقش ویژه ای را ایفا می‌کنند. خندان و آستارایی (۲) گزارش کردند که استفاده از کمپوست با کاهش چگالی ظاهری، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و نیز افزایش درصد تخلخل خاک، در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک نقش مثبتی را ایفا می‌کنند. درزی و همکاران (۳ و ۴) بیان کردند که استفاده از ورمی-کمپوست تاثیر مثبتی بر عملکرد دانه و نیز غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) داشت. عزیزی و

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یکساله و علفی است که به خانواده آلاله (Ranunculaceae) تعلق دارد (۱۷). کاربردهای وسیع این گیاه در پزشکی و در درمان بیماری‌هایی مانند برونشیت، روماتیسم، فشار خون بالا و نیز دیابت به وضوح شناخته شده است (۱۹). این گیاه همچنین به عنوان گیاهی روغنی و ادویه ای و نیز به عنوان گیاهی که دارای مواد آنتی اکسیدانت و نیز مواد معدنی مانند آهن و کلسیم است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶ و ۲۳).

در کشاورزی مدرن، حصول عملکرد بالای محصولات زراعی مستلزم مصرف عناصر غذایی به شکل نهاده‌های ورودی آلی و یا شیمیایی است. با توجه به مشکلات و نگرانی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی جهت تامین عناصر غذایی و نیز با توجه به افزایش هزینه‌های مرتبط با استفاده از این نهاده‌ها و نیز

۱، ۲ و ۳- 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)

فسفات و باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد در افزایش جذب فسفر و نیز عملکرد روغن کلزا (*Brassica napus* L.) اشاره کردند.

این آزمایش با هدف بررسی اثرات کودهای بیولوژیک نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) و میکوریزا و نیز کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۲۸°۵۹' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶°۱۵' شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ۱- شاهد، ۲- نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، ۳- میکوریزا، ۴- بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس)، ۵- کمپوست، ۶- ورمی کمپوست، ۷- نیتروکسین + کمپوست، ۸- نیتروکسین + ورمی کمپوست، ۹- میکوریزا + کمپوست، ۱۰- میکوریزا + ورمی کمپوست، ۱۱- بیوسولفور + کمپوست، ۱۲- بیوسولفور + ورمی کمپوست، ۱۳- نیتروکسین + میکوریزا، ۱۴- نیتروکسین + میکوریزا + کمپوست و ۱۵- نیتروکسین + میکوریزا + ورمی کمپوست.

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش بصورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک این زمین نمونه برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج آنالیز این خاک در جدول ۲ آمده است.

همکاران (۵) نیز به اثرات مثبت ورمی کمپوست در بهبود ارتفاع، عملکرد گل و نیز عملکرد اسانس بابونه (*Matricaria recutita*) اشاره کردند.

استفاده از کودهای زیستی نیز به عنوان یکی دیگر از راه‌های تامین عناصری مانند نیتروژن و جایگزینی برای کودهای شیمیایی شناخته می‌شود (۱۸). در این راستا استفاده از باکتری‌های آزادزی و هوازی در خاک مانند ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.) و آزوسپیریلوم (*Azospirillum* sp.) و نیز استفاده از ارتباط میکوریزایی به شکل کودهای بیولوژیک می‌تواند بطور ویژه مورد توجه باشد (۱۸، ۲۰ و ۲۵). خرم دل و همکاران (۱) بیان کردند کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و نیز میکوریزا می‌توانند منجر به بهبود سرعت رشد محصول و نیز تجمع ماده خشک سیاهدانه شوند. درزی و همکاران (۳) و (۴) نیز به اثرات مثبت میکوریزا در افزایش عملکرد دانه و نیز میزان اسانس رازیانه اشاره کردند.

علاوه بر نیتروژن، گوگرد نیز جزء عناصر ضروری و پر مصرف برای رشد گیاهان به شمار می‌رود (۱۴). از سویی با توجه به اینکه اکثر خاک‌های ایران جزء خاک‌های قلیایی به شمار می‌روند و نیز با توجه به این که با قلیایی شدن اسیدیته خاک، جذب عناصری مانند فسفر، آهن، منگنز، روی و دیگر عناصر کم مصرف توسط گیاه به شدت کاهش یافته و در مقابل مولیبدن آزاد در حد سمیت افزایش می‌یابد، استفاده از باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus* sp.) علاوه بر آنکه می‌تواند با اکسید کردن گوگرد عنصری، منجر به افزایش جذب این عنصر توسط گیاه شود، با تولید اسید سولفوریک و در نتیجه کاهش اسیدیته خاک‌های قلیایی می‌تواند در افزایش جذب عناصر یاد شده توسط گیاه در این خاکها نقش ویژه ای را ایفا کند (۶). محمدی آریا و همکاران (۱۰) گزارش کردند که ریز جانداران اکسید کننده گوگرد می‌توانند منجر به افزایش قابلیت جذب فسفر در اندام‌های ذرت شوند. سلیم پور و همکاران (۲۴) نیز به اثرات مثبت باکتری‌های حل کننده

جدول ۱- داده‌های هواشناسی محل مورد آزمایش در طول فصل رشد سیاهدانه از اسفند ۱۳۸۸ تا خرداد ۱۳۸۹ (سازمان هواشناسی کشور)

ماه	دما (C°)		بارندگی (mm)	رطوبت (%)	
	میانگین	حداقل		میانگین	حداقل
اسفند	۶/۴	۱۷/۴	۵۲/۲	۴۵/۳	۸۹/۱
فروردین	۸/۳	۲۲/۲	۲۷/۹	۳۷/۵	۸۱/۷
اردیبهشت	۱۳/۴	۲۶/۹	۳۷/۲	۳۲/۰	۷۳/۹
خرداد	۱۸/۹	۳۵/۲	۶/۲	۱۵/۰	۴۶/۶

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی شیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

بافت	نیتروژن (%)	کربن آلی (%)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	اسیدیته
لومی-سیلتی	۰/۰۹۵	۰/۱۹۵	۵/۷۶۲	۰/۳۷۷۷	۳/۷۲	۸/۳۶

نظر (۲۰۰ بوته در متر مربع) با فاصله روی ردیف ۲ سانتی متر تنک شدند (۱۲). اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری ها هر ۷ روز یکبار انجام شد. آخرین آبیاری نیز ۲ هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. نیمی از ابعاد هر کرت به نمونه برداری تخریبی در طی دوره رشد و نیمه دوم به اندازه گیری های آخر فصل اختصاص داده شد. عملیات برداشت با زرد شدن بوته ها و فولیکول ها در هفته اول تیر ماه ۱۳۸۹ انجام شد. قبل از برداشت تعداد ۸ بوته بطور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه 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 در ۵۰ درصد مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه گیری شد. در طول مراحل انجام این آزمایش نیز از هیچگونه کود شیمیایی، علف کش و آفت کش استفاده نشد.

تجزیه و تحلیل داده های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، میکوریزا، نیتروکسین + میکوریزا و بیوسولفور) بر تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته معنی دار نبود (جدول ۵). فلاحی و همکاران (۷) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین + باکتری های حل کننده فسفات تاثیری در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) نداشت. با این وجود کوچکی و همکاران (۸) به اثرات مثبت کودهای بیولوژیک مانند نیتروکسین و میکوریزا در افزایش ارتفاع، قطر بوته و نیز وزن خشک بوته در گیاه چند ساله زوفا (*Hyssopus officinalis*) اشاره کردند. این محققین همچنین گزارش کردند که در سال دوم ویژگی های مورفولوژیک و وزن خشک اندام های هوایی این گیاه در مقایسه با سال اول مقادیر بیشتری را دارا بودند. بر این اساس، با توجه به این که سیاهدانه گیاهی یکساله با دوره رویشی کوتاه و نیز عادت رشدی محدود است، در ارتباط با اثرات این کودهای بیولوژیک، چنین نتایج متفاوتی ممکن است در ارتباط با طول دوره رویشی و یا عادت رشدی گیاه مورد آزمایش باشد. با وجود عدم تاثیر کودهای بیولوژیک، نتایج حاکی از آن بود که استفاده از تیمارهای کمپوست و ورمی کمپوست منجر به افزایش معنی دار تعداد شاخه

مراحل آماده سازی 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 کرت های آزمایش با ابعاد ۴×۲ (۸ مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت ها از یکدیگر ۰/۵ متر، فاصله پشته ها از یکدیگر ۰/۵ متر و فاصله بلوک ها از یکدیگر ۱ متر بود. کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست هر یک به مقدار ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس تیمارهای تعریف شده و در یک مرحله قبل از کاشت استفاده شد. به طوری که بر حسب تیمارهای مورد نظر، در هر یک از کرت های آزمایش میزان نیترژن مساوی از منابع متفاوت اعمال شد. نتایج حاصل از آنالیز این کودهای آلی در جدول ۳ آمده است.

جهت تلقیح بذره های 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 کود نیتروکسین (حاوی باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلوم) در سه مرحله بصورت تلقیح با بذور قبل از کاشت (۴ لیتر در هکتار) و بصورت سرک در مراحل ۴ برگی (همزمان با تنک کردن) و نیز قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله به میزان ۵ لیتر در هکتار) انجام شد (بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)). همچنین اعمال کود بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) به همراه مصرف گوگرد آلی بنتونیت دار (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله بصورت تلقیح با بذور انجام گرفت (بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)). عملیات کاشت در هجدهم اسفند ماه ۱۳۸۸ انجام شد.

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی شیمیایی کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

شاخص های مورد اندازه گیری	کمپوست ورمی	کمپوست
رطوبت (%)	۲۷/۵	۱۵
اسیدیته	۶/۹	۷/۲۵
هدایت الکتریکی	۵	۶
کربن آلی (%)	۱۹/۵	۲۰/۵
نیترژن (%)	۱/۶	۱/۴۵
نسبت کربن به نیترژن	۱۲/۱۹	۱۴/۱۴
مواد آلی (%)	۳۷/۵	۳۷/۵
فسفر (%)	۱/۱	۱/۱۱

بذور مورد استفاده به منظور کاشت در این آزمایش، توده بذور محلی اصفهان بود. بذره های سیاه دانه روی ۸ ردیف (بر روی هرپشته دو ردیف در طرفین پشته ها) به طول ۴ متر در هر کرت کشت شد. گیاهچه های سیاهدانه در مرحله ۴ برگی برای رسیدن به تراکم مورد

می‌رسد اثرات مثبت کود بیولوژیک بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) در ارتباط با کاهش اسیدیته خاک و در نتیجه افزایش فراهمی عناصری مانند فسفر، آهن و نیز روی باشد (۶). از سویی با وجود اثرات مثبت کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست در افزایش معنی دار تعداد دانه در بوته، نتایج حاکی از آن بود که بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کودهای آلی با تیمارهای مربوط به کودهای آلی به تنهایی (بدون کودهای بیولوژیک) اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تحت شرایط آب و هوایی نیمه خشک، تلقیح بذرها گیاهان زراعی با این کودهای بیولوژیک زمانی می‌تواند مفید باشد که علاوه بر شناسایی نژاد موثر جهت بهبود عملکرد، شرایط خاک نیز مناسب باشد (۲۱).

وزن دانه در فولیکول و در بوته

همانند تعداد دانه در فولیکول، تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک تاثیر معنی داری را بر وزن دانه در فولیکول سیاهدانه نداشتند (جدول ۴ و ۵). از سویی با وجود عدم اثرات تیمارهای آزمایش بر وزن دانه در فولیکول، وزن دانه در بوته همانند تعداد دانه در بوته تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۵).

وزن هزار دانه

همانند صفات تعداد دانه و وزن دانه در فولیکول، وزن هزار دانه سیاهدانه نیز تحت تاثیر اعمال تیمارهای آزمایش قرار نرفت (جدول ۵). به نظر می‌رسد صفات مذکور تحت تاثیر شرایط محیطی نبوده و وابسته به ژنوتیپ رقم مورد نظر می‌باشند. مرادی و همکاران (۱۱) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک تاثیری در افزایش وزن دانه در چتر و نیز وزن هزار دانه رازیانه نداشت.

جانبی و تعداد فولیکول در بوته در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۵). مرادی و همکاران (۱۱) نیز به اثرات مثبت کودهای کمپوست و ورمی کمپوست در افزایش معنی دار تعداد شاخه اصلی و فرعی در رازیانه (*Foeniculum vulgare*) اشاره کردند. اثرات مثبت کودهای کمپوست و ورمی کمپوست ممکن است بدلیل افزایش مواد آلی در خاک و نیز فراهمی متعادلی از مجموعه عناصر پر مصرف و کم مصرف در خاک باشد که می‌تواند رشد رویشی و نیز زایشی سیاهدانه را مستقیماً تحت تاثیر قرار دهد. نتایج آزمایش همچنین نشان داد که بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کمپوست با تیمار کمپوست اختلاف معنی داری وجود ندارد. همچنین اختلاف معنی داری بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + ورمی کمپوست با تیمار ورمی کمپوست وجود نداشت (جدول ۵). کاهش کارایی کودهای بیولوژیک به همراه مصرف کودهای آلی ممکن است به دلیل فراهمی کافی عناصر غذایی از منابع آلی باشد که می‌تواند منجر به تامین کافی این عناصر جهت تکمیل رشد سیاهدانه شود. این امر از آنجایی که سیاهدانه گیاهی با زیست توده کم است، قابل توجیه می‌باشد. از تورک و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند کاهش کارایی آروسپیریوم در خاک با افزایش میزان نیتروژن در تیمارهای کودی ممکن است به دلیل حساسیت آنزیم نیتروژناز به مقدار آمونیوم در خاک باشد که می‌تواند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را تحت تاثیر قرار دهد.

تعداد دانه در فولیکول و در بوته

با وجود آنکه تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار نرفت (جدول ۴)، بین تیمارهای آزمایش از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۵). بجز تیمار بیوسولفور، سایر تیمارهای مربوط به کودهای بیولوژیک تاثیری در افزایش این شاخص نسبت به شاهد نداشتند. به نظر

جدول ۴- میانگین مربعات مربوط به اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه جانبی در بوته	تعداد فولیکول در بوته	تعداد دانه در فولیکول	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در فولیکول	وزن دانه در بوته	عملکرد دانه	عملکرد	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۱۳/۰۷ ^{ns}	۱۲۵۵۱/۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۳۵/۳ ^{ns}	۹۳۹/۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
تیمار	۱۴	۱/۷۹ ^{**}	۲۰/۹۳ ^{**}	۴۳/۲۱ ^{ns}	۱۸۵۲۵۳/۸ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱/۵۷ ^{**}	۷۹۵۹۴/۱ ^{**}	۲۰۵۴۱۵۶/۹ ^{**}	۳۱/۵۳ ^{**}
خطا	۲۸	۰/۰۹	۱/۸۰	۵۲/۸۸	۷۹۰۹/۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱	۱۱۱۲/۶	۳۲۵۵۵/۷	۱/۱۲

** و ns - به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و عدم اختلاف معنی دار

جدول ۵- اثر کودهای بیولوژیک (نیتروکسین (حاوی از توباکتر و آزوسپیریلوم)، بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) و میکوریزا) و آلی (کمپوست و ورمی کمپوست) بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه

تیمار	تعداد شاخه جانبی در بوته	تعداد فولیکول در بوته	تعداد دانه در فولیکول	وزن دانه در فولیکول (g)	وزن دانه در بوته (g)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)
شاهد (بدون اعمال هیچ کودی)	۲/۵۰b	۵/۶۱bc	۸۶/۷۰a	۰/۲۷a	۱/۵۳c	۳/۱۷a	۳۳۸/۸۳d	۱۱۵۴/۵e	۲۹/۳۶a
نیتروکسین (Ni)	۲/۴۴b	۵/۶۷bc	۹۰/۹۰a	۰/۲۶a	۱/۴۸c	۲/۹۱a	۳۱۳/۶۷d	۱۰۴۲/۳e	۳۰/۰۱a
میکوریزا (My)	۲/۴۴b	۵/۲۸c	۹۲/۲۹a	۰/۲۸a	۱/۵۰c	۳/۱۰a	۳۰۵/۶۷d	۱۰۳۱/۳e	۲۹/۶۴a
بیوسولفور (Bios)	۳/۰۰b	۷/۸۳b	۸۹/۰۴a	۰/۲۸a	۲/۱۷b	۳/۱۱a	۴۷۳/۳۳c	۱۷۳۲/۷d	۲۷/۳۲b
کمپوست (Com)	۴/۱۷a	۱۱/۴۴a	۸۷/۳۲a	۰/۲۶a	۳/۰۱a	۳/۰۳a	۶۲۴/۱۷b	۲۷۵۸/۵bc	۲۲/۶۶c
ورمی کمپوست (Ver)	۴/۰۵a	۱۱/۰۶a	۹۳/۵۶a	۰/۲۸a	۳/۰۴a	۲/۹۹a	۶۲۹/۵۰b	۲۷۲۰/۵bc	۲۳/۱۳c
Ni + Com	۴/۰۶a	۱۰/۳۹a	۹۳/۵۲a	۰/۲۹a	۳/۰۳a	۳/۱۳a	۶۱۸/۳۳b	۲۷۷۷/۰bc	۲۲/۲۸c
Ni + Ver	۴/۱۷a	۱۰/۹۵a	۹۳/۸۰a	۰/۲۸a	۳/۰۸a	۳/۰۰a	۶۲۲/۱۷b	۲۷۶۸/۲bc	۲۲/۴۸c
My + Com	۴/۰۶a	۱۰/۷۸a	۹۳/۱۵a	۰/۲۸a	۳/۰۱a	۳/۰۱a	۵۹۸/۳۳b	۲۷۱۰/۰c	۲۲/۰۸c
My + Ver	۴/۲۲a	۱۲/۰۵a	۸۴/۸۰a	۰/۲۶a	۳/۰۹a	۳/۰۸a	۶۳۵/۱۷b	۲۸۵۲/۲bc	۲۲/۲۶c
Bios + Com	۴/۱۱a	۱۱/۰۶a	۹۸/۰۶a	۰/۲۹a	۳/۱۱a	۲/۹۱a	۷۹۰/۸۳a	۳۰۵۷/۵ab	۲۵/۹۷b
Bios + Ver	۴/۲۸a	۱۱/۰۵a	۹۵/۴۲a	۰/۲۹a	۳/۱۱a	۳/۱۱a	۷۹۰/۸۰a	۳۳۴۲/۲a	۲۳/۷۶c
Ni + My	۲/۵۰b	۵/۰۰c	۸۹/۰۸a	۰/۲۹a	۱/۴۳c	۳/۲۷a	۳۲۹/۳۷d	۱۰۹۳/۰e	۳۰/۱۹a
Ni + My + Com	۴/۰۰a	۱۰/۳۹a	۹۶/۲۲a	۰/۲۹a	۳/۰۰a	۳/۰۱a	۶۰۳/۸۳b	۲۵۴۲/۰c	۲۳/۸۳c
Ni + My + Ver	۴/۱۷a	۱۱/۶۱a	۹۰/۶۲a	۰/۲۷a	۳/۱۳a	۲/۹۹a	۶۳۲/۳۳b	۲۸۲۶/۲bc	۲۲/۳۷c

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

عملکرد دانه و بیولوژیک

اثر تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد دانه سیاهدانه معنی دار بود (جدول ۵). در بین تیمارهای مربوط به کودهای بیولوژیک، تنها اعمال بیوسولفور در مقایسه با تیمار شاهد منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه شد. عدم کارایی استفاده از این کودها ممکن است علاوه بر عدم شرایط مناسب در خاک بویژه از نظر اسیدیته، در ارتباط با کمبود مواد آلی در خاک باشد. همچنین با وجود آنکه تیمارهای کمپوست و ورمی کمپوست منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شدند، در بین تیمارهای آزمایش دو تیمار کمپوست + بیوسولفور و ورمی کمپوست + بیوسولفور با عملکردی معادل ۷۹۰/۸ کیلوگرم در هکتار، علاوه بر آنکه در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین عملکرد را داشتند، منجر به افزایش عملکرد دانه به

بیش از دو برابر در مقایسه با تیمار شاهد (عملکرد دانه معادل ۳۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار) شدند. اثرات تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک سیاهدانه نیز مشابه اثرات این تیمارهای کودی بر عملکرد دانه این گیاه بود. گودرزی (۹) نیز بیان کرد که مصرف توام گوگرد و کمپوست منجر به افزایش چشمگیر و قابل توجه غلظت فسفر (۷۴ درصد)، پتاسیم (۷۳ درصد)، آهن (۶۸ درصد)، منگنز (۴۲ درصد)، روی (۶۴ درصد) و مس (۵۴ درصد) در دانه گندم نسبت به تیمار شاهد شد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت سیاهدانه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. با این وجود روند تغییرات شاخص برداشت سیاهدانه در نتیجه

کمپوست + بیوسولفور در مقایسه با تیمار کمپوست + بیوسولفور نیز می‌تواند ناشی از افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی موجود در کود آلی ورمی کمپوست به دلیل کاهش اسیدیته خاک (در نتیجه فعالیت باکتری‌های اکسید کننده گوگرد) در مقایسه با تیمار کمپوست باشد.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاکی از عدم تاثیر کودهای نیتروکسین و میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه بود. با این وجود نتایج آزمایش این نکته را مورد تایید قرار داد که در خاک‌های با اسیدیته قلیایی استفاده از باکتری‌های اکسید کننده گوگرد با کاهش اسیدیته خاک می‌تواند در بهبود عملکرد گیاه موثر باشند. با این وجود استفاده از کودهای زیستی در بهبود عملکرد سیاهدانه نیازمند شناخت دقیق مجموعه عواملی است که می‌تواند فعالیت ریز موجودات موثر در این کودهای زیستی را تحت تاثیر قرار دهند.

قدردانی

هزینه‌های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه گرانت با کد ۱۶۰۵۹تامین شده لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

اعمال تیمارهای آزمایش عکس عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۵). بطوریکه اعمال کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست منجر به کاهش معنی دار شاخص برداشت سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. به عبارتی با افزایش فراهمی عناصر غذایی بدلیل اعمال تیمارهای کودی و در نتیجه افزایش رشد سیاهدانه، نسبت تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه کاهش یافت. مرادی و همکاران (۱۱) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به کاهش معنی دار 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. از سویی با وجود کاهش این شاخص در نتیجه اعمال کود بیولوژیک بیوسولفور در مقایسه با شاهد، سایر تیمارهای مربوط به کودهای بیولوژیک تاثیری در کاهش این شاخص نداشتند. با توجه به این که در شرایط کمبود عناصر غذایی در خاک (همانند شرایط ایجاد شده ناشی از اعمال تیمار شاهد) به دلیل افزایش تخصیص عناصر غذایی به اندام‌های زایشی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد، عدم تفاوت معنی دار بین تیمارهای نیتروکسین، میکوریزا و نیتروکسین + میکوریزا با تیمار شاهد (بدون اعمال هیچگونه کودی) می‌تواند حاکی از آن باشد که این تیمارها نقشی در تامین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد سیاهدانه نداشتند. پایین بودن معنی دار شاخص برداشت سیاهدانه در تیمار ورمی

منابع

- ۱- خرم دل، س.، ع. کوچکی، م. نصیری محلاتی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶(۲): ۲۸۵-۲۹۴.
- ۲- خندان، ا. و ع. آستارایی. ۱۳۸۴. تاثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. بیابان ۱۰(۲): ۳۶۱-۳۶۸.
- ۳- درزی، م. ت.، ا. قلاوند، و ف. رجالی. ۱۳۸۸. تاثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر K، P، N و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۵(۱): ۱-۱۹.
- ۴- درزی، م. ت.، ا. قلاوند، ف. سفید کن، و ف. رجالی. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۴): ۳۹۶-۴۱۳.
- ۵- عزیزی، م.، ف. رضوانی، م. حسن زاده خیاط، ا. لکزیان، و ح. نعمتی. ۱۳۸۷. تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* رقم Goral). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴(۱): ۹۳-۸۲.
- ۶- فروغی، ف. و م. ا. پورکاسمانی. ۱۳۸۱. علوم و مدیریت خاک (جلد اول) (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۷- فلاحی، ج. ع. کوچکی، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷(۱): ۱۲۷-۱۳۵.
- ۸- کوچکی، ع.، ل. تبریزی، و ر. قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶(۱): ۱۲۷-۱۳۷.
- ۹- گودرزی، ک. ۱۳۸۰. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. علوم خاک و آب ۱۵(۴): ۱۶۶-۱۵۴.

- ۱۰- محمدی آریا، م.، ا. لکزبان، و غ. حق نیا. ۱۳۸۹. تاثیر مایه تلقیحی حاوی باکتری تیوباسیلوس و قارچ اسپریژیلوس بر رشد گیاه ذرت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۸(۱):۸۲-۸۹.
- ۱۱- مرادی، ر.، پ. رضوانی مقدم، م. نصیری محلاتی، و ا. لکزبان. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷(۲):۶۲۵-۶۳۵.
- ۱۲- نوروز پور، ق.، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۴. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد روغن و اسانس دانه سیاه دانه (*Nigella sativa*). پژوهش و سازندگی ۱۹(۴):۱۳۸-۱۳۳.
- 13-Ankumah, R. O., V. Khan, K. Mwamba, and K. A. Kpombekou. 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100:201-207.
- 14-Altat, A., I. Khan, N. A. Anjum, I. Diva, M. Z. Abdin, and M. Iqbal. 2005. Effect of timing of sulfur fertilizer application on growth and yield of rapeseed. *Journal of Plant Nutrition*, 28:1049-1059.
- 15-Guarda, G., S. Padovan, and G. Delogu. 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.
- 16-Hussain, A., A. Nadeem, I. Ashraf, and M. Awan. 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.
- 17-Khattak, K. F., T. J. Simpson, and I. Hasnullah. 2008. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. *Food Chemistry*, 110:967-972.
- 18-Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering*, 33:150-156.
- 19-Mehta, B. K., V. Pandit, and M. Gupta. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. *Natural Product Research*, 23:138-148.
- 20-Ozturk, A., O. Caglar, and F. Sahin. 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.
- 21-Rodríguez Cáceres, E. A., G. González Anta, J. R. López, C. A. Di Ciocco, J. C. Pacheco Basurco, and J. L. Parada. 1996. Response of field-grown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10:13-20.
- 22-Rodrigues, M. A., A. Pereira, J. E. Cabanas, L. Dias, J. Pires, and M. Arrobas. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 25:328-335.
- 23-Salem, M. L. 2005. Immunomodulatory and therapeutic properties of the *Nigella sativa* L. seed. *International Immunopharmacology*, 5:1749-1770.
- 24-Salimpour, S., K. Khavazi, H. Nadian, H. Besharati, and M. Miransari. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Australian Journal of Crop Science*, 4:330-334.
- 25-Turk, M. A., T. A. Assaf, K. M. Hameed, and A. M. Al-Tawaha. 2006. Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2:16-20.