



ارزیابی تاثیر کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر عملکرد دو رقم سیاه‌دانه در استان گلستان

سیده مینو میرعرب رضی^{۱*}، زهره امدادی^۲، مصطفی حمیدی^۳، سعید سطلانی^۴ و صادق واله آزادی^۵

۱- دانش آموخته دکترا بیوتکنولوژی کشاورزی-گیاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. ۲- دانش آموخته دکترا زراعت، دانشگاه تهران، ایران. ۳- دانش آموخته دکترا ژنتیک و بهنژادی گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. ۴- دانش آموخته دکترا اکولوژی زراعی، محقق موسسه تحقیقات کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. ۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، کارشناس موسسه تحقیقات کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

چکیده

سیاه‌دانه یکی از گیاهان دارویی و دانه روغنی با ارزش اقتصادی بالا است که مدیریت صحیح تغذیه آن نقش مهمی در افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید دارد. به منظور بررسی تاثیر کودهای شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پابلند و پاکوتاه سیاه‌دانه، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس، در سال زراعی ۱۴۰۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم پابلند و پاکوتاه سیاه‌دانه به عنوان عامل اصلی و ۵ نوع کود شامل شاهد (بدون اعمال هیچ گونه کود)، کود شیمیایی (اوره ۴۶ درصد)، کود بیولوژیک باسیلوس سوبتیلیس، کود آلی کمپوست قارچ و ورمی کمپوست به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد استفاده از کودهای آلی و زیستی، به‌ویژه کمپوست قارچ و ورمی کمپوست، موجب بهبود رشد گیاه، افزایش تعداد کپسول و دانه و در نهایت افزایش عملکرد سیاه‌دانه شد. عملکرد حاصل از مصرف کود زیستی مشابه کود شیمیایی بود که این موضوع نشان‌دهنده امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی است. با توجه به اختلاف اندک عملکرد بین دو رقم با توجه به دوره رشد کوتاهتر رقم پاکوتاه که امکان فرار از تنش گرمای انتهای فصل را فراهم می‌کند، این رقم نیز به‌عنوان گزینه‌ای مناسب و اقتصادی برای کشت در شرایط دیم استان گلستان معرفی می‌شود. بر اساس نتایج، استفاده از کودهای آلی و زیستی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش عملکرد سیاه‌دانه، کاهش هزینه‌های تولید و حرکت به سمت کشاورزی پایدار در استان گلستان مورد توصیه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: باسیلوس سوبتیلیس، کمپوست قارچ، کود شیمیایی، گیاه دارویی، ورمی کمپوست، سیاه‌دانه

* نویسنده مسئول: minoos123@yahoo.com

بیان مسئله

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) از خانواده آلاله‌ایان، یکی از گیاهان دارویی و دانه‌روغنی با ارزش اقتصادی و درمانی بالا به شمار می‌رود که از گذشته در طب سنتی و صنایع غذایی و دارویی کاربرد گسترده داشته است (شاننامورتی و احمد، ۲۰۲۲). این گیاه یک‌ساله با منشأ مدیترانه و خاورمیانه، به دلیل وجود ترکیبات زیست‌فعال ویژه در دانه و روغن، به عنوان یک محصول استراتژیک در کشاورزی پایدار اهمیت دارد (حسن و همکاران، ۲۰۲۰؛ روسیس و همکاران، ۲۰۲۲).

دانه‌های سیاه‌دانه حاوی حدود ۲۸ تا ۳۶ درصد روغن ثابت و ۰/۴ تا ۲/۵ درصد روغن فرار هستند که ترکیبات فعال و ارزشمندی مانند تیموکینون، نیجلون و تیموهیدروکینون را شامل می‌شوند (الفراحت و همکاران، ۲۰۲۴). تیموکینون به‌ویژه به خاطر خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و محافظت‌کننده از کبد و قلب مورد توجه پژوهشگران است (شاننامورتی و احمد، ۲۰۲۲؛ کومار و همکاران، ۲۰۲۱). روغن ثابت سیاه‌دانه نیز سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع مفید برای سلامتی مانند اسید لینولئیک، اولئیک و آلفا-لینولئیک است که این ویژگی، ارزش غذایی و دارویی آن را افزایش می‌دهد (روسیس و همکاران، ۲۰۲۲؛ الفراحت و همکاران، ۲۰۲۴). از نظر تغذیه‌ای، دانه سیاه‌دانه حاوی ۲۰ تا ۲۲ درصد پروتئین، ۳۵ تا ۳۸ درصد کربوهیدرات، ۵ تا ۶ درصد فیبر و مقادیر قابل توجهی از مواد معدنی است که آن را به یک محصول چندمنظوره و با ارزش افزوده بالا تبدیل می‌کند (کومار و همکاران، ۲۰۲۱). در استان گلستان، سیاه‌دانه می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای تنوع‌بخشی به الگوی کشت و افزایش درآمد کشاورزان باشد. با این حال، عملکرد دانه و کیفیت روغن آن به نوع و میزان کود مصرفی وابسته است. استفاده صرف از کودهای شیمیایی اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدت عملکرد را افزایش دهد، اما در بلندمدت هزینه تولید را بالا برده و می‌تواند باعث کاهش حاصلخیزی خاک و آلودگی منابع آب شود. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که کاربرد کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و کمپوست قارچ و همچنین کودهای زیستی حاوی باکتری‌های مفید مانند *Bacillus subtilis*، علاوه بر کاهش نیاز به کودهای شیمیایی، رشد گیاه، عملکرد دانه و کیفیت روغن را بهبود می‌بخشد (حسن و همکاران، ۲۰۲۰؛ جامیر و همکاران، ۲۰۲۱؛ الفراحت و همکاران، ۲۰۲۴).

همچنین، ارقام مختلف سیاه‌دانه از نظر ارتفاع بوته، تعداد شاخه و ظرفیت تولید روغن متفاوت هستند و ممکن است واکنش آن‌ها به انواع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی یکسان نباشد (رامرودی و همکاران، ۲۰۱۲؛ روسیس و همکاران، ۲۰۲۲). بیشتر مطالعات موجود یا روی یک رقم خاص انجام شده یا در شرایط اقلیمی متفاوت از استان گلستان صورت گرفته‌اند و اطلاعات کافی برای ارائه توصیه‌های کاربردی به کشاورزان منطقه در دسترس نیست. بنابراین، بررسی هم‌زمان دو رقم پابلند و پاکوتاه سیاه‌دانه کنار چند نوع کود شیمیایی، آلی (ورمی‌کمپوست و کمپوست قارچ) و زیستی (*Bacillus subtilis*) در شرایط واقعی مزرعه‌ای استان گلستان ضروری است. نتایج چنین مطالعه‌ای می‌تواند توصیه‌های عملی ساده و قابل فهمی در اختیار کشاورزان قرار دهد تا با انتخاب رقم

مناسب و مدیریت تلفیقی کود، عملکرد دانه و کیفیت روغن را افزایش داده و هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی منفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی را کاهش دهند.

معرفی دستاورد (راهکار)

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبد (با طول جغرافیایی ۵۵.۱۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷.۲۶ دقیقه با ارتفاع ۴۱ متر از سطح دریای آزاد) زیر نظر بخش پژوهش جهاد دانشگاهی استان گلستان به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم پابلند و پاکوتاه سیاه‌دانه به عنوان عامل اصلی و ۵ نوع کود شامل شاهد (بدون اعمال هیچ گونه کود)، کود شیمیایی اوره، کود بیولوژیک باسیلوس سوبتیلیس، کود آلی کمپوست قارچ و ورمی کمپوست به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. پیش از شروع کشت، آزمایش خاک (جدول شماره ۱) به‌عنوان پایه علمی تحقیق انجام گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی-سیلتی (۳۱ درصد رس و ۵۶ درصد سیلت) است که در شرایط دیم می‌تواند رطوبت را به خوبی حفظ کند. همچنین خاک از نظر شوری (dS/m ۰/۹۶) و اسیدیته ($PH=7/6$) محدودیتی برای کشت سیاهدانه نداشت. اما نکته مهم، میزان کم تا متوسط عناصر غذایی بود: نیتروژن کل (۰/۰۸ درصد)، فسفر قابل دسترس (۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ریز مغذی‌هایی مانند آهن، روی و منگنز در حد پایین بودند. این یافته، دلیل علمی انتخاب تیمارهای کودی مختلف را توجیه کرد. عملیات آماده‌سازی زمین در مهرماه انجام شد به این صورت که کرت‌هایی دارای ۵ خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از هم در نظر گرفته شد. شرایط کشت به صورت دیم بوده و وجین دستی در دو مرحله انجام و در نهایت فاصله بوته‌ها از هم با تنک کردن ۳ سانتی‌متر روی خط در نظر گرفته شد. عملیات کنترل آفات و بیماری‌ها به صورت یکسان انجام شد. اعمال تیمارها به این صورت انجام گرفت که ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر به صورت پیش کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی (اوره ۴۶ درصد) در دو مرحله مرحله قبل از کاشت و سپس در مرحله چهار برگی اعمال شد. کود بیولوژیک مایع باسیلوس سوبتیلیس (با جمعیتی معادل ۱۰۸ سلول زنده از هریک از جنس‌های باکتری در هر میلی لیتر) به میزان ۳ لیتر در هکتار به صورت تلقیح با بذور قبل از کاشت و در مرحله چهار برگی (تلقیح با آب آبیاری) همزمان با تنک کردن استفاده شد. کود آلی ورمیکمپوست نیز به میزان ۱۰ تن در هکتار بر اساس مساحت کرت محاسبه و اعمال شد. کود آلی کمپوست مصرف شده قارچ نیز بر مبنای ۸ تن در هکتار اعمال شد. پس از رسیدگی و با حذف اثر حاشیه، ده بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و میانگین آن برای بررسی صفات ارتفاع و میزان سبزی‌نگی و وزن خشک ثبت شد. همچنین، برای ارزیابی تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه نیز به منظور تعیین اجزای عملکرد، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتها و حاشیه هر کرت، بوته‌های باقی‌مانده مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های هواشناسی (جدول شماره ۲) نیز در طی ماه‌های کشت سیاهدانه از اداره هواشناسی گنبد کاووس گرفته شد.

نتایج بررسی اثرات ساده (جدول شماره ۳) روی سایر صفات نشان داد که اثر کود بر روی تعداد کپسول در بوته و کلروفیل و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بالاترین تعداد کپسول در بوته ابتدا در تیمارهای کمپوست قارچ (۲۷ کپسول در بوته) و بعد از آن ورمی‌کمپوست بدست آمد و مقادیر بدست آمده در کودهای شیمیایی و زیستی تفاوت معنی‌دار با همدیگر نداشتند. کم‌ترین تعداد کپسول در بوته نیز در تیمار شاهد (۱۲ عدد) بدست آمد. همچنین، مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم بر روی تعداد کپسول در بوته و میزان کلروفیل نشان داد که رقم پابلند دارای میانگین کلروفیل و تعداد کپسول در بوته بالاتری (۲۰ کپسول در بوته) نسبت به رقم پا کوتاه بود که احتمالا به علت تشکیل تعداد شاخه فرعی بیش‌تر در رقم دیررس پابلند می‌باشد. بررسی اثرات اصلی همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل بدست آمده در اثر مصرف کود شیمیایی نسبت به سایر کودها بیش‌تر بوده (۹۶ میکروگرم بر لیتر) و بعد از آن به ترتیب کمپوست قارچ و ورمی‌کمپوست و کود زیستی به ترتیب میزان کلروفیل به مراتب پایین‌تری را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین میزان کلروفیل نیز در حالت شاهد بدون اعمال کود و بعد از آن کود زیستی بدست آمد.

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته گل اشباع PH	درصد سیلت (%)	درصد رس (%)	بافت خاک	درصد کربن آلی (%)
۰/۹۶	۷/۶	۵۶	۳۱	لوم رسی-سیلتی	۰/۷۸
درصد نیتروژن کل (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)
۰/۰۸	۱۳	۳۴۰	۲/۸	۱۶	۰/۶

جدول (۲) آمار داده‌های هواشناسی منطقه گنبد کاووس در طی ماه‌های کاشت سیاهدانه

ماه	میانگین دما (سانتی گراد)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	مجموع میزان بارندگی (میلی متر)
اسفند	۱۱/۷۰	۷۱	۶۱/۷۰
فروردین	۱۵/۶۰	۷۵	۴۹/۹۰
اردیبهشت	۲۰/۳۰	۶۸	۴۰/۴
خرداد	۲۶/۶۰	۵۹	۷/۸۰
تیر	۳۰/۹۰	۴۹	۳/۰

جدول (۳) اثر ساده کود و رقم بر صفات سیاه دانه

میانگین صفات مورد ارزیابی			تیمارها
کلوپیل	عملکرد دانه (گرم در بوته)	تعداد کپسول در بوته	شاهد
۰/۶۹	۱/۲۷	۱۲/۰۰	شیمیایی
۰/۹۶	۲/۶۴	۱۷/۵۰	زیستی
۰/۷۰	۲/۹۴	۲۰/۰۰	ورمی کمپوست
۰/۷۲	۳/۹۳	۲۳/۰۰	کمپوست قارچ
۰/۷۳	۴/۵۳	۲۷/۰۰	پاکوتاه
۰/۷۴	۳/۰۳۷	۱۹/۰۰	پا بلند

تاثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه ارقام سیاه دانه

همان طور که در شکل (۱) مشاهده می شود بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کمپوست قارچ در رقم پابلند و پا کوتاه سیاه دانه بود و بعد از آن ورمی کمپوست و کود زیستی به ترتیب میزان عملکرد بالاتری داشتند. این نتیجه نشان می دهد کودهای آلی و زیستی به خوبی توانستند جایگزین کود شیمیایی شوند و کشاورزان می توانند با اطمینان، از این منابع کودی برای کاهش هزینه و حفظ سلامت خاک استفاده کنند.

تاثیر تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته ارقام سیاه دانه

بررسی ارتفاع بوته نیز نشان داد کودهای آلی (کمپوست قارچ و ورمی کمپوست) بیشترین تاثیر را بر افزایش ارتفاع بوته، به خصوص در رقم پابلند داشتند. رقم پاکوتاه به طور طبیعی کوتاه تر بود و واکنش کمتری به کود نشان داد زیرا رقم پابلند پتانسیل رشد رویشی بیشتری دارد و با مصرف کودهای آلی مثل کمپوست قارچ، این پتانسیل به خوبی تحقق یافت. از آنجا که ارتفاع بوته می تواند با جذب بهتر نور و عملکرد نهایی مرتبط باشد، این نتیجه اهمیت تغذیه مناسب را برای رقم پابلند تأیید می کند.

تاثیر تیمارهای کودی بر وزن خشک بوته ارقام سیاه دانه

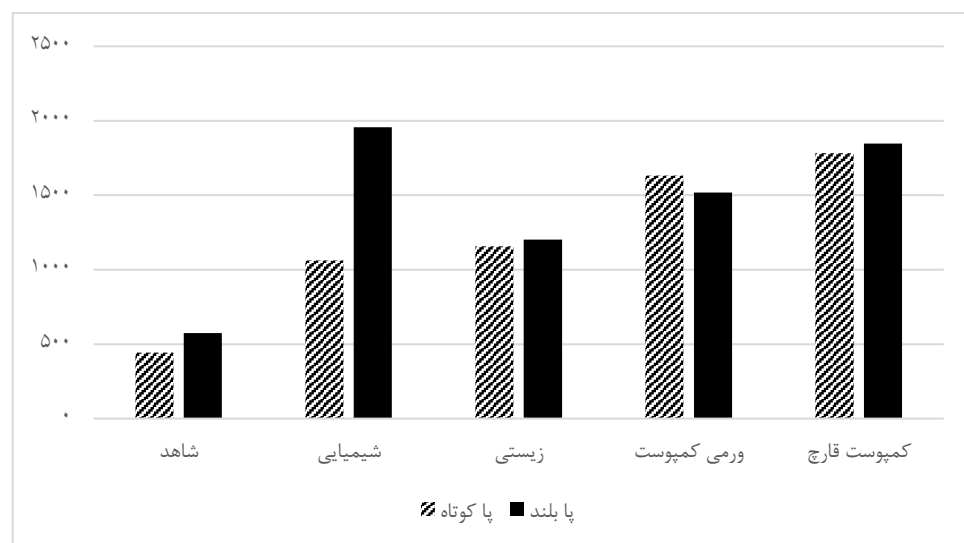
افزایش وزن خشک بوته در پاسخ به مصرف کود در شکل بیانگر جذب بهتر عناصر غذایی و بهبود رشد کلی گیاه است. افزودن هر نوع کودی نسبت به تیمار شاهد (بدون کود)، وزن خشک بوته را افزایش داد از آنجایی که وزن خشک معیاری از سلامت و قدرت گیاه است، نتایج این بخش نیز برتری نسبی کودهای آلی و رقم پابلند را نشان می دهد.

تأثیر تیمارهای کودی بر تعداد دانه در کپسول در ارقام سیاه‌دانه

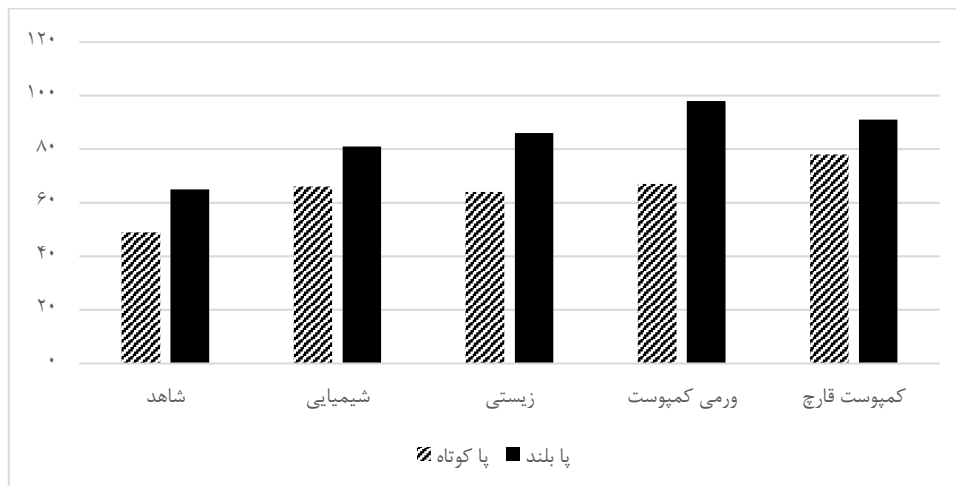
با توجه به شکل شماره (۲) کودهای آلی به‌ویژه ورمی‌کمپوست، تأثیر چشمگیری بر افزایش تعداد دانه در هر کپسول در رقم پابلند داشتند. کم‌ترین میانگین تعداد دانه در کپسول نیز در رقم پاکوتاه و در تیمار عدم مصرف کود مشاهده شد (۴۹ عدد) که با کاربرد کود زیستی و شیمیایی افزایش یافت. از آنجاکه این صفت مستقیماً بر میزان محصول نهایی تأثیرگذار است، می‌توان از ورمی‌کمپوست به عنوان گزینه‌ای موثر برای پرکردن بهتر کپسول‌ها نام برد.

تأثیر تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه در ارقام سیاه‌دانه

رقم پاکوتاه نسبت به رقم پابلند دانه‌های درشت‌تر و سنگین‌تری در تیمار با کود ورمی‌کمپوست (۲/۶۲ گرم) تولید کرد. در بین کودها، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن دانه داشتند. کم‌ترین مقدار آن نیز در رقم پابلند و به میزان ۱/۶۳ گرم در تیمار شاهد بدون کود بدست آمد. گرچه با مصرف کود شیمیایی این میزان افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد در رقم پابلند با افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول، از میزان انرژی و مواد رسیده به دانه‌ها و در نتیجه از وزن کپسول و دانه کاسته می‌شود.



شکل ۱: اثر منابع مختلف کودی بر عملکرد دانه در ارقام سیاه‌دانه



شکل ۴: اثر منابع مختلف کودی بر تعداد دانه در کپسول در ارقام سیاه دانه



شکل شماره ۴، رویش گیاهان در مزرعه



شکل شماره ۳، تقسیم بندی زمین و اعمال کود ها



شکل شماره ۶، اعماد کود مجدد در مرحله چهار برگگی



شکل شماره ۵، وجین و تنک سازی گیاهان

توصیه ترویجی

نتایج این تحقیق نشان داد که نوع کود مصرفی نقش مهمی در رشد و عملکرد سیاه‌دانه دارد و می‌تواند بسیاری از صفات مهم گیاه، از جمله ارتفاع بوته، سبزیگی، وزن خشک، تعداد کپسول و در نهایت عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط استان گلستان، رقم پابلند سیاه‌دانه به‌طور میانگین عملکرد بیشتری نسبت به رقم پاکوتاه داشت؛ اما با توجه به اختلاف کم بین دو رقم و کوتاه‌تر بودن دوره رشد رقم پاکوتاه، این رقم برای کشت در منطقه مناسب‌تر ارزیابی می‌شود. بررسی تیمارهای کودی نشان داد که استفاده از کمپوست قارچ بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد دانه در هر دو رقم سیاه‌دانه داشت و پس از آن ورمی‌کمپوست و کود زیستی قرار گرفتند. نکته قابل توجه این است که عملکرد حاصل از مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری با کود شیمیایی نداشت. اگرچه بیشترین سبزیگی برگ‌ها با مصرف کود شیمیایی به‌دست آمد، اما در مجموع استفاده از کودهای آلی و زیستی باعث بهبود بهتر رشد گیاه و افزایش اجزای عملکرد شد. در این تیمارها ارتفاع بوته، تعداد کپسول و دانه، وزن هزار دانه و عملکرد نهایی در سطحی مشابه کود شیمیایی و حتی در برخی موارد بالاتر مشاهده شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای دستیابی به عملکرد مناسب سیاه‌دانه و در عین حال حفظ پایداری خاک و محیط‌زیست، استفاده از کودهای آلی و زیستی گزینه‌ای مناسب و قابل توصیه برای کشاورزان است.

منابع

- Al-Fraihat, A. H., Zatimeh, A., Alhrout, H., et al. 2024. The interaction impact of compost and biostimulants on growth, yield and oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.) plants. *Brazilian Journal of Biology*, 84: e272957.
- Hassan, E. A., Mohamed, N. H., Hamad, E. H., et al. 2020. Response of black cumin (*Nigella sativa* L.) plants to the addition of natural fertilizers and the inoculation by bacteria mix and seaweed liquid extract. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2): 215–222.
- Jamir, A. R., Chattopadhyay, N., and Momin, M. Ch. 2021. Effect of biofertilizers with various levels of inorganic nutrients on growth and yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) var. Azad Kalonji. *Environment Conservation Journal*, 22(1&2): 103–110.
- Kumar, A., Singh, S., and Verma, R. 2021. *Bacillus subtilis*: A boon to agriculture and human health. *Microbial Pathogenesis*, 157: 104981.
- Ramroudi, M., Galavi, M., Zeinali, H., and Kalantar, M. 2012. Effect of different nitrogen and biofertilizers on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(11): 2151–2156.
- Roussis, I., Kakabouki, I., Mavroeidis, A., et al. 2022. Seed fixed oil content, oil yield, and fatty acids profile of *Nigella sativa* L. in response to fertilization and plant density. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(2): 12768.
- Shanthamurthy, M., and Ahmed, R. 2022. Response of yield and chemical composition of black cumin different fertilizer in Sulaimani region. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 53(4).