نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۱۲۶-۱۱۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 1, Spring 2015, P. 119-126
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد پروتئین‌خام، روغن و اسیدهای چرب سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

پرویز رضوانی‌مقدم[1*] - سید محمد سیدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه و نیز مقادیر اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن آن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. منابع کود (شامل ورمی‌کمپوست، اوره و شاهد) به عنوان عامل اول و کودهای بیولوژیک شامل نیتروکسین (دارای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، میکوریزا، بیوسولفور (شامل تیوباسیلوس) + گوگرد و شاهد (عدم کود بیولوژیک)، عامل دوم آزمایش بودند. نتایج نشان داد که عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه در کود ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌دار بیش از کود شیمیایی اوره بود. هم‌چنین در بین کودهای بیولوژیک، تنها بیوسولفور + گوگرد منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه شد. تجزیه شیمیایی بذور سیاهدانه به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود ۱۰/۹ و ۲۴/۵ درصد پروتئین خام و روغن بذر بود. از نظر مقادیر اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده ساختار روغن بذر، اسید لینولئیک (۴۹/۱۸ درصد) و اسید اولئیک (۲۶/۷۷ درصد) مهم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع و اسید پالمیتیک (۱۲/۶۸ درصد) اصلی‌ترین اسید چرب اشباع در سیاهدانه بودند.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب غیر اشباع، درصد روغن، گاز کروماتوگرافی جرمی

مقدمه

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک‌ساله و علفی بوده که به خانواده آلاله (*Ranunculaceae*) تعلق دارد (۱۵). بذرهای این گیاه دارای درصد بالایی پروتئین (تا ۲۱ درصد)، کربوهیدرات (تا ۳۵ درصد)، روغن (تا ۳۸ درصد) و نیز عناصر معدنی مانند کلسیم، آهن، سدیم و پتاسیم می‌باشد (۱۴). سیاهدانه به‌عنوان گیاهی روغنی در تغذیه انسان نقش مهمی داشته (۱۹) و در طول صدها سال گذشته به‌عنوان گیاهی ادویه‌ای و نگهدارنده مواد غذایی مورد استفاده بوده است (۱۶ و ۲۱). استفاده از سیاهدانه به‌دلیل اثرات دارویی ویژه آن نیز مورد توجه می‌باشد. به‌طوری که اجزای تشکیل دهنده اسانس بذر و روغن آن در درمان بیماری هایی مانند روماتیسم، فشار خون بالا و دیابت بسیار موثر شناخته شده‌اند (۱۲، ۱۶ و ۲۱). خواص آنتی‌اکسیدانتی سیاهدانه مانند اثرات ضدسرطانی، ضددیابتی و ضدالتهاب آن عمدتاً به کوئینن[3] که از اجزای بذر این گیاه است، نسبت داده می‌شود (۱۲).

در کنار خصوصیات ژنوتیپی، عملکرد پروتئین‌خام و روغن و نیز مقادیر هر یک از اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده روغن سیاهدانه تحت تاثیر شرایطی محیطی بوده (۶، ۱۱ و ۱۴) که می‌تواند در نهایت بر کیفیت تغذیه‌ای این گیاه تاثیر مستقیمی داشته باشد. در این ارتباط نیک‌آور و همکاران (۱۸) گزارش کردند که روغن بذر این گیاه دارای چهار اسیدچرب اشباع بنام اسید لائوریک[4] (۰/۶ درصد)، اسیدمایریستیک[5] (۰/۵ درصد)، اسیدپالمیتیک[6] (۱۲/۵ درصد) و اسیداستئاریک[7] (۳/۴ درصد) و چهار اسیدچرب غیراشباع بنام

۱ و ۲- استاد و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Quinone
4- Lauric acid
5- Myristic acid
6- Palmitic acid
7- Stearic acid

اسیداولئیک[1] (۲۳/۴ درصد)، اسیدلینولئیک[2] (۵۵/۶ درصد)، اسیدلینولنیک[3] (۰/۴ درصد) و اسیدایکوسادیئنوایک[4] (۳/۱ درصد) می‌باشد. نرگیز و اتلس (۱۷) در آب و هوای معتدل و مدیترانه‌ای ترکیه، ضمن آن‌که مقدار پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه را به‌ترتیب ۲۰ و ۳۲ درصد گزارش کردند، هفت اسیدچرب شامل مایریستیک، پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک، آراچیدیک[5] و ایکوسادیئنوایک را در روغن آن شناسایی کردند. در حالی‌که ال-جسیر (۹) علاوه بر تعیین ۲۱ و ۳۸ درصدی پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه در شرایط آب و هوای خشک عربستان، یازده اسیدچرب شامل اسید پالمیتولئیک[6] و اسید لیگنوسریک[7] را شناسایی نمود.

مدیریت صحیح کودی به‌ویژه از نهاده‌های طبیعی مانند انواع کودهای آلی و یا بیولوژیک از موثرترین راه‌کارها جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد. به طوری‌که می‌توان با بهبود شرایط تغذیه‌ای، افزایش کیفیت تغذیه‌ای این گیاهان را امکان-پذیر نمود. در این ارتباط رضوانی‌مقدم و سیدی (۴) به نقش ویژه کودهای آلی و بیولوژیک در افزایش عملکرد و مقدار نیتروژن سیاهدانه اشاره کردند. خرم دل و همکاران (۱) بیان کردند که کودهای بیولوژیک دارای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و قارچ میکوریزا می‌توانند منجر به بهبود سرعت رشد محصول و افزایش تجمع ماده خشک سیاهدانه شوند. نتایج تحقیقات سجادی نیک و همکاران (۵) نیز حاکی از نقش موثر کاربرد کود آلی ورمی کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین در افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن و پروتئین کنجد بود.

با وجود انجام برخی مطالعات در ارتباط با نقش مدیریت تغذیه در افزایش عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه به ویژه ترکیب اسیدهای چرب این گیاه تحت تاثیر تیمارهای کودی چندان مورد توجه نبوده است. از این‌رو، هدف از اجرای این مطالعه بررسی تاثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه بود. هم‌چنین مقادیر هر یک از اسیدهای چرب سیاهدانه در واکنش به تیمارهای ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از منابع کود آلی و شیمیایی (ورمی‌کمپوست (۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کود اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و عدم کاربرد کود آلی و شیمیایی (شاهد)) به‌صورت عامل اول و کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، میکوریزا، بیوسولفور+گوگرد و عدم کاربرد کود بیولوژیک (شاهد)) به‌عنوان عامل دوم تعیین شدند.

اجرای شخم اولیه در آذرماه و عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لولر و ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت در اسفندماه صورت گرفت. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد ۴×۲ (۸ متر مربع) ایجاد و براساس آن فاصله کرت‌ها، پشته‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به‌ترتیب ۰/۵، ۰/۵ و ۱ متر تعیین شد. اعمال ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص به‌عنوان معیار کودی) در سه مرحله شامل قبل از کاشت (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، به‌صورت سرک در مرحله چهار برگی (هم‌زمان با تنک کردن) و قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله ۵۰ کیلوگرم در هکتار) صورت گرفت. معادل نیتروژن کود اوره، کود آلی ورمی‌کمپوست (دارای ۱/۶ درصد نیتروژن) نیز حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس تیمارهای مورد نظر در یک مرحله (قبل از کاشت) به‌کار گرفته شد.

جهت تلقیح بذرهای سیاهدانه با میکوریزا از نژاد *Glomus mosseae* استفاده شد که هم‌زمان با کاشت به‌صورت دو لایه تلقیح با خاک در بالا و پایین بذرها صورت گرفت. کاربرد کود نیتروکسین (حاوی باکتری‌های جنس ازتوباکتر[8] وآزوسپیریلوم[9]) در سه مرحله بصورت تلقیح با بذور قبل از کاشت (چهار لیتر در هکتار) و به‌صورت سرک در مراحل چهار برگی (همزمان با تنک‌کردن) و قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله به میزان پنج لیتر در هکتار) صورت گرفت (مطابق دستور العمل کود مصرفی). هم‌چنین کود بیوسولفور (حاوی باکتری تیوباسیلوس[10]) به‌همراه مصرف گوگرد آلی بنتونیت‌دار (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله بصورت تلقیح با بذور انجام گرفت (مطابق دستور العمل کود مصرفی).

بذور مورد استفاده جهت کاشت (توده بذر محلی اصفهان) در هجدهم اسفندماه روی هشت ردیف (بر روی هر پشته دو ردیف در طرفین پشته‌ها) در هر کرت کشت شد. گیاهچه‌های سیاهدانه در مرحله چهار برگی برای رسیدن به تراکم مورد نظر (۲۰۰ بوته در متر مربع) با فاصله روی ردیف دو سانتی‌متر تنک شدند. اولین آبیاری

1- Oleic acid
2- Linoleic acid
3- Linolenic acid
4- Eicosadienoic acid
5- Arachidic acid
6- Palmitoleic acid
7- Lignoceric acid

8- Azotobacter sp.
9- Azospirillum sp.
10- Thiobacillus sp.

بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یک‌بار انجام شد. آخرین آبیاری نیز دو هفته قبل از عملیات برداشت صورت گرفت.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل اجرای آزمایش

بافت	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
لومی- سیلتی	۰/۱۰	۰/۲۰	۱/۳۸	۵۰/۷۶	۳/۷۲	۸/۳۶

با زرد شدن بوته‌ها و فولیکول‌ها در هفته اول تیرماه ۱۳۸۹، عملکرد دانه (برحسب کیلوگرم درهکتار) با رعایت اثر حاشیه‌ای در هر کرت اندازه‌گیری شد. در طول مراحل انجام این آزمایش نیز از هیچ گونه علف‌کش و آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد.

به‌منظور تعیین درصد روغن بذر، پس از آسیاب کردن و رساندن رطوبت بذرها به حدود یک تا دو درصد (قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد آون به مدت دو ساعت)، مقدار دو گرم از هر نمونه تهیه گردید. جهت روغن‌گیری از دستگاه تمام اتوماتیک سوکسله (SPXTEC SYSTEM HT6) به‌روش مستقیم استخراج چربی در مجاورت مداوم با حلال آلی (Officinal Method Cd 3d-63) استفاده شد (۱۰). با محاسبه درصد روغن، عملکرد روغن بذر از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد بذر هر تیمار تعیین شد. درصد پروتین خام نمونه‌های مورد بررسی (درصد نیتروژن × ۶/۲۵) با اندازه-گیری درصد نیتروژن نمونه‌ها توسط دستگاه میکروکجلدال اندازه-گیری شد. با تعیین درصد پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام نیز از رابطه درصد پروتئین خام × عملکرد دانه در هر تیمار محاسبه گردید. جهت تعیین درصد اسیدهای چرب روغن نیز ۵۰ گرم بذر از سه تکرار هر یک از تیمارهای آزمایش پس از آسیاب کردن، به نسبت یک به چهار با هگزان مخلوط و به مدت ۴۸ ساعت روی دستگاه شیکر (۱۶۰ دور در دقیقه) قرار داده شد (۱۳). جهت تجزیه اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگرافی جرمی (GC\MASS) (مدل OUNGLIN-Acme 6000 GC با ستونی به طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲ میکرومتر از نوع CP-Sil Wcot Fused Silica) تزریق شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تیمارهای منابع کود و کود بیولوژیک

بر طبق نتایج تجزیه واریانس، با وجود عدم تاثیر تیمارهای منابع کود و کود بیولوژیک بر درصد پروتئین‌خام و روغن سیاهدانه، اثر این تیمارها بر عملکرد پروتئین‌خام و نیز روغن سیاهدانه معنی‌دار بود ($P\leq0.01$) (جدول۲).

بر اساس نتایج جدول۳، کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اوره در مقایسه با تیمار شاهد، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین خام سیاهدانه به‌ترتیب تا ۱۰۸ و ۵۱ درصد شد. هم-چنین در مقایسه با شاهد، عملکرد روغن بذر سیاهدانه نیز به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود اوره قرار گرفت (به‌ترتیب تا ۸۹ و ۴۴ درصد) (جدول ۳). با این وجود، کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود اوره، نقش بیشتری در افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه داشت.

جدول ۲- تجزیه واریاس درصد و عملکرد پروتئین خام و روغن بذر سیاهدانه در ارتباط با اعمال کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد پروتئین خام	درصد روغن	عملکرد پروتئین خام	عملکرد روغن
بلوک	۲	۰/۷۴ ns	۰/۵۰ ns	۵۴/۵۷ ns	۱۴۱/۷۴ ns
منابع کودآلی و شیمیایی	۲	۰/۶۷ ns	۰/۲۱ ns	۳۶۶۱/۳۲ **	۱۸۱۴۵/۷۲ **
کودهای بیولوژیک	۳	۰/۴۶ ns	۰/۱۱ ns	۳۹۷/۶۳ **	۲۶۶۸/۹۹ **
منابع کودآلی و شیمیایی × کودهای بیولوژیک	۶	۳/۵۸ ns	۰/۹۲ ns	۱۱۸/۶۸ ns	۹۹/۵۹ ns
خطا	۲۲	۱/۴۰	۰/۲۷	۵۹/۷۰	۷۶/۱۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۰/۸۷	۲/۱۱	۱۳/۳۹	۶/۹۱

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

به طوری‌که در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست، عملکرد پروتئین خام و روغن بذر سیاهدانه به‌ترتیب تا ۲۷ و ۳۱ درصد بیش از کود اوره بود (جدول ۳). به طورکلی پایین‌تر بودن عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه در نتیجه اعمال کود اوره در مقایسه با ورمی-کمپوست می‌تواند ناشی از متعادل بودن مقدار و جذب عناصر غذایی و نیز آبشویی کمتر این عناصر از خاک در نتیجه کاربرد کود آلی ورمی-کمپوست باشد. در این ارتباط سجادی نیک و همکاران (۵) نیز با مشاهده افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین و روغن کنجد را در نتیجه مصرف کود ورمی کمپوست، این افزایش را ناشی از فراهمی متعادل عناصر غذایی و ماده آلی در خاک دانستند. هم‌چنین نقش موثر کودهای آلی در مقایسه با کود شیمیایی می‌تواند در نتیجه بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مانند فراهمی بیشتر مواد آلی، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، کاهش چگالی ظاهری و نیز افزایش تخلخل باشد که می‌تواند منجر به افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه از خاک شود (۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین کودهای بیولوژیک نیز نشان داد که در بین این کودها تنها بیوسولفور+ گوگرد، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین‌خام و روغن بذر سیاهدانه شد (جدول ۴). به‌طوری که در نتیجه کاربرد تیمار بیوسولفور+ گوگرد در مقایسه با تیمار شاهد، عملکرد پروتئین خام و روغن بذر سیاهدانه به‌ترتیب تا ۲۲ و ۲۴ درصد افزایش یافت.

با توجه به قلیایی بودن اسیدیته خاک محل اجرای آزمایش (جدول۱)، نقش تیمار بیوسولفور+ گوگرد می‌تواند ناشی از تولید اسیدسولفوریک و کاهش pH خاک ناحیه ریزوسفر در نتیجه فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد باشد که در نهایت منجر به افزایش جذب عناصری مانند فسفر، روی و آهن می‌شود (۷). در این ارتباط محمدی‌آریا و همکاران (۸) به‌نقش موثر باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد در افزایش مقدار فسفر قابل جذب از خاک اشاره نمودند. سلیم‌پور و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد می‌توانند در افزایش جذب فسفر و عملکرد روغن کلزا (*Brassica napus* L.) موثر باشند. با درنظر اهمیت شرایط اقلیمی و عوامل فیزیکی و شیمیایی حاکم بر خاک محیط ریشه در فعالیت میکروارگانیسم‌ها (۲۰) عدم تاثیر باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و قارچ میکوریزا نیز می‌تواند ناشی از اقلیم نیمه خشک، پایین بودن محتوی ماده آلی خاک و نیز قلیایی بودن pH خاک محل اجرای آزمایش باشد (جدول۱).

ترکیبات تشکیل دهنده روغن بذر

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه روغن بذر سیاهدانه در میانگین تیمارهای آزمایش (جدول۵)، در مجموع ۱۱ اسید چرب شامل چهار اسید چرب غیراشباع و هفت اسید چرب اشباع شناسایی و تعیین شد. نتایج جدول ۵ نشان داد که اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع به‌ترتیب ۷۷ و ۲۳ درصد از کل ترکیب اسیدهای چرب سیاهدانه را به خود اختصاص دادند. ال‌جسیر (۹) نیز نسبت اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع روغن بذر سیاهدانه را به‌ترتیب ۸۴ و ۱۶ درصد تعیین نمود.

در بین اسیدهای چرب، اسیدلینولئیک و اولئیک (اسیدهای غیراشباع) و اسیدپالمیتیک (اسید اشباع) به ترتیب با ۴۹، ۲۷ و ۱۲ درصد، از بیشترین مقدار برخوردار بودند. به طورکلی، بالا بودن نسبی درصد اسیداولئیک در روغن حاکی از مقاومت آن به درجه حرارت‌های نسبتاً بالا جهت سرخ نمودن مواد غذایی و درصد بالای اسیدلینولئیک نشان‌دهنده طعم مناسب و کیفیت بالای روغن این گیاه جهت مصرف مستقیم غذایی می‌باشد (۳).

هم‌چنین از آن‌جایی که اسید لینولنیک با سرعت زیادی اکسیده شده و منجر به افزایش طعم‌های غیرطبیعی در روغن می‌گردد (۳)، مقدار بسیار پایین اسیدلینولنیک (۰/۶ درصد) می‌تواند دلیلی بر پایداری روغن بذر سیاهدانه باشد.

به طورکلی، با وجود عدم تاثیر تیمارهای کودی بر درصد روغن بذر (جدول۲)، اسیدهای چرب غیراشباع واکنش‌پذیری متفاوتی به کاربرد کودهای آزمایش داشتند (شکل۱). در بین اسیدهای چرب غیراشباع، اسید آلفا لینولنیک و اسیدلینولئیک به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین واکنش را به تیمارهای کودی نشان دادند (شکل۱).

جدول ۳- اثرات اعمال منابع کود آلی و شیمیایی بر درصد و عملکرد پروتئین خام و روغن بذر سیاهدانه

منبع کود	پروتئین خام (درصد)	روغن (درصد)	عملکرد پروتئین خام (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
ورمی‌کمپوست	۱۰/۹۴[a]	۲۴/۶۵ [a]	۷۲/۹۶ [a]	۱۶۵/۱۳ [a]
کود اوره	۱۱/۱۲[a]	۲۴/۳۹ [a]	۵۷/۶۲ [b]	۱۲۶/۱۶ [b]
شاهد	۱۰/۶۶[a]	۲۴/۴۷ [a]	۳۸/۱۱ [c]	۸۷/۳۵ [c]

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

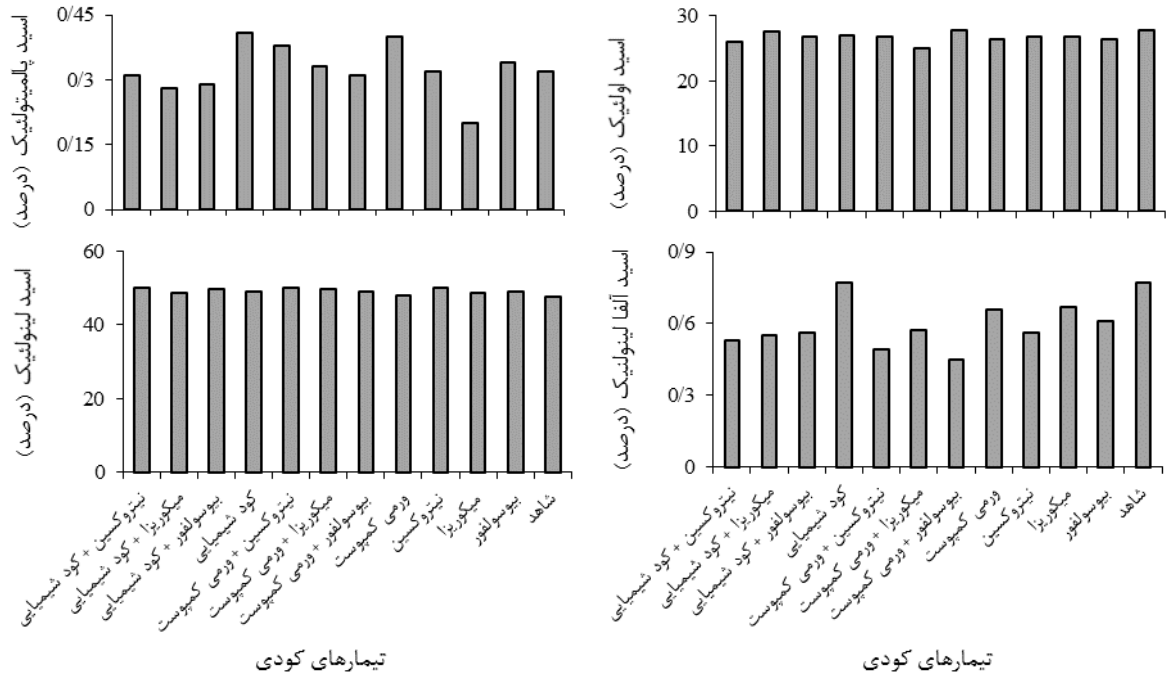
جدول ٤- اثرات کود های بیولوژیک بر درصد و عملکرد روغن و پروتئین خام بذر سیاهدانه

کودهای بیولوژیک	پروتئین‌خام (درصد)	روغن (درصد)	عملکرد پروتئین‌خام (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
نیتروکسین	۱۱/۱۸ a	۲۴/۴۲ a	۵۴/۸۴ b	۱۱۸/۳۰ b
مایکوریزا	۱۰/۷۵ a	۲۴/۵۹ a	۵۲/۰۲ b	۱۱۶/۲۵ b
بیوسولفور+ گوگرد	۱۰/۶۸ a	۲۴/۴۱ a	۶۶/۰۰ a	۱۵۲/۰۰ a
شاهد	۱۰/۹۹ a	۲۴/۶۱ a	۵۲/۰۶ b	۱۱۸/۳۰ b

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ٥- درصد پروتئین خام، روغن و مقادیر نسبی اسیدهای چرب روغن بذر سیاهدانه

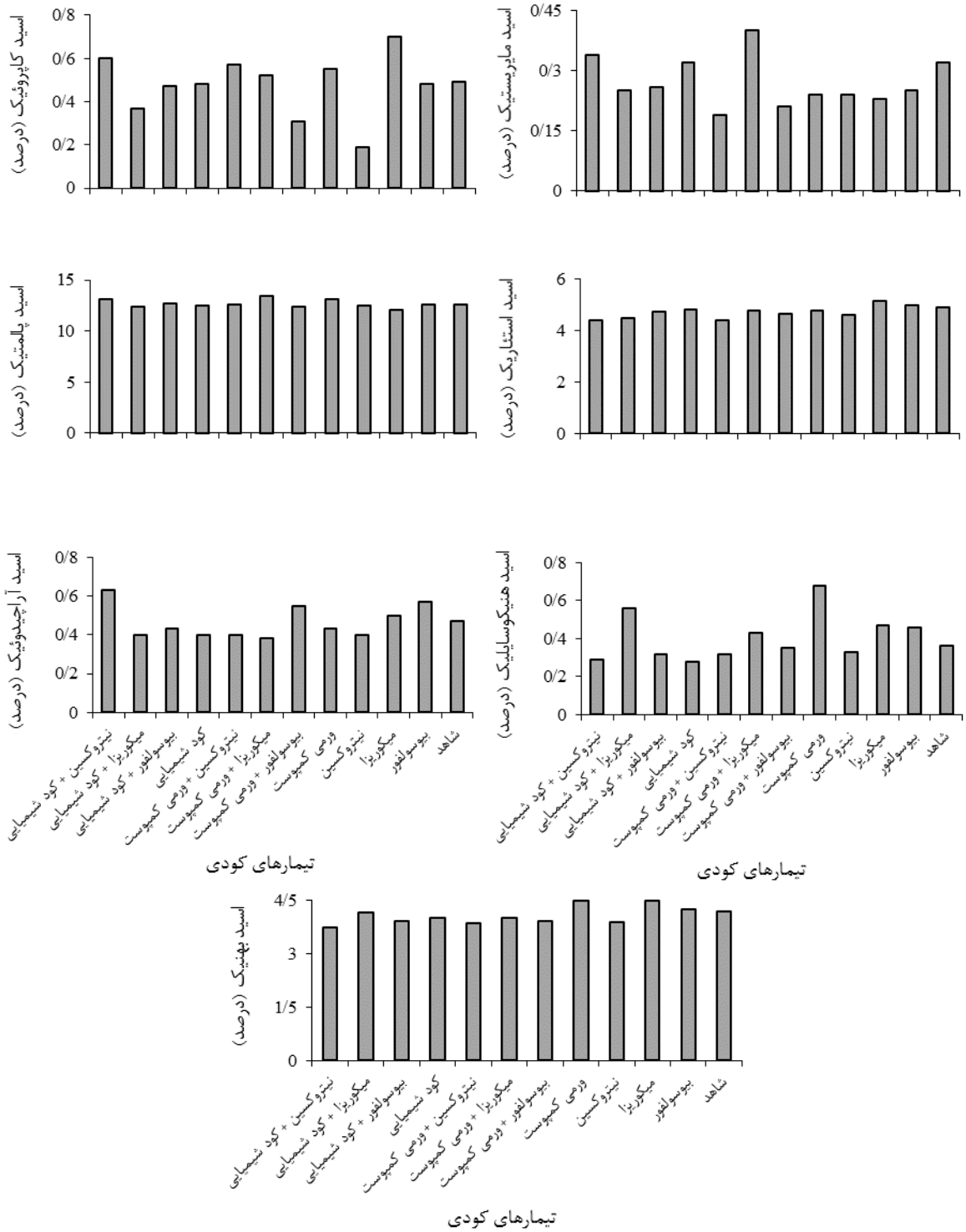
اجزاء تشکیل‌دهنده بذر		شماره لیپید[1]	درصد
پروتئین‌خام		-	**۱۰/۹۰**
روغن		-	**۲٤/٥۱**
اسیدهای چرب غیراشباع	اسید پالمیتولئیک	C 16:1	۰/۳۲
	اسید اولئیک	C 18:1	۲۶/۷۷
	اسید لینولئیک	C 18:2	۴۹/۱۸
	اسید آلفا لینولنیک	C 18:3	۰/۶۱
اسیدهای چرب اشباع	اسید کاپروئیک[2]	C 6:0	۰/۴۸
	اسید مایریستیک	C 14:0	۰/۲۷
	اسید پالمیتیک	C 16:0	۱۲/۶۸
	اسید استئاریک	C 18:0	۴/۷۱
	اسید آراچیدیک	C 20:0	۰/۴۶
	اسید هنیکوسایلیک[3]	C 21:0	۰/۴۰
	اسید بهنیک[4]	C 22:0	۴/۰۷



شکل ۱- اثرات تیمارهای کودی بر درصد اسیدهای چرب غیراشباع بذر سیاهدانه

1- Lipid Numbers
2- Caproic Acid
3- Heneicosylic Acid
4- Behenic Acid

به طور کلی، کاربرد بیوسولفور + ورمی کمپوست بیش‌ترین و کود شیمیایی کم‌ترین تاثیر را در کاهش میزان اسیدلینولنیک داشتند (شکل۱). همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، با توجه به تاثیر اسیدلینولنیک در کاهش پایداری روغن بذر سیاهدانه (۳)، به‌نظر می‌رسد عدم تاثیر کود شیمیایی در کاهش میزان اسید چرب لینولنیک ناشی از عدم تعادل عناصر غذایی ناشی از کاربرد آن باشد.



شکل ۲- اثرات تیمارهای کودی بر درصد اسیدهای چرب اشباع بذر سیاهدانه

همانند اسیدهای چرب غیراشباع، واکنش اسیدهای چرب اشباع به کاربرد کودهای آزمایشی نیز متفاوت بود. در بین اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدپالمیتیک و استئاریک کم‌ترین و اسیدهای آراچیدوئیک و هنیکوسایلیک بیش‌ترین واکنش را به تیمارهای کودی نشان دادند (شکل۲).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش حاکی از عدم تاثیر باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و میکوریزا بر درصد و عملکرد روغن بذر سیاهدانه بود. با این وجود نتایج آزمایش این نکته را مورد تایید قرار داد که در خاک‌های با pH قلیایی باکتری‌های جنس تیوباسیلوس در کنار مصرف گوگرد می‌توانند با کاهش اسیدیته خاک در بهبود عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه موثر باشند. از سویی دیگر، به‌نظر می‌رسد با جایگزینی نهاده‌های طبیعی مانند کودهای ورمی‌کمپوست به‌جای کودهای شیمیایی، ضمن افزایش عملکرد و بهبود کیفیت تغذیه‌ای سیاهدانه، بتوان کاهش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد نهاده‌های شیمیایی را امکان‌پذیر نمود.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۲/۱۶۰۵۹ مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۳ تامین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه فردوسی مشهد سپاس‌گزاری می‌گردد.

منابع

۱- خرم‌دل س.، کوچکی ع.، نصیری‌محلاتی م. و قربانی ر. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶: ۲۹۴-۲۸۵.

۲- خندان ا. و آستارایی ع. ۱۳۸۴. تاثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. بیابان ۱۰: ۳۶۸-۳۶۱.

۳- خواجه‌پور م.ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

۴- رضوانی‌مقدم پ.، سیدی س.م. ۱۳۹۲. مقایسه تاثیر منابع آلی، شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). فصل‌نامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳: در دست چاپ.

۵- سجادی نیک ر.، یدوی ع.، بلوچی ح.ر. و فرجی ه. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱: ۱۰۱- ۸۷.

۶- سیدی س.م.، رضوانی‌مقدم پ.، قربانی ر. و نصیری‌محلاتی م. ۱۳۹۱. اثر دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). نشریه علوم باغبانی ۲۶: ۱۲۲-۱۱۳.

۷- فروغی‌فر ح. و پورکاسمانی م.ا. ۱۳۸۱. علوم و مدیریت خاک (جلد اول) (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۳۶ صفحه.

۸- محمدی‌آریا م.، لکزیان ا. و حق‌نیا غ. ۱۳۸۹. تاثیر مایه تلقیحی حاوی باکتری تیوباسیلوس و قارچ آسپرژیلوس بر رشد گیاه ذرت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ۸۹-۸۲.

9- AI-Jassir M.S. 1992. Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia. Food Chemistry, 45: 239-242.

10- AOCS: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. 1993. AOCS Press, Champaign, II. (USA).

11- Atta M.B. 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. Food Chemistry, 83: 63-68.

12- 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.

13- Farhoosh R., Haddad Khodaparast M.H., and Sharif A. 2009. Bene hull oil as a highly stable and antioxidative vegetable oil. Eurepian Journal of Lipid Science and Technology, 111:1259-1265.

14- 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.

15- Khattak K.F., Simpson T.J., and Hasnullah I. 2008. Effect of gamma irridation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavengingactivity of *Nigella sativa* seed. Food Chemistry, 110: 967-972.

16- Mehta B.K., Pandit V., and Gupta M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. Natural Product Research, 23: 138-148.
17- Nergiz C., and Otles S. 1993. Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds. Food Chemistry, 48: 259-261.
18- Nickavar B., Mojab F., Javidnia K., and Roodgar Amoli M.A. 2003. Chemical composition of the fixed and volatile oils of *Nigella sativa* L. from Iran. Z. Naturforsch, 58: 629-631.
19- Ramadan M.F., 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.
20- Rodríguez Cáceres E.A., González Anta G., López J.R., Di Ciocco C.A., Pacheco Basurco J.C., and Parada J.L. 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.
21- Salem M.L., and Hossain M.S. 2000. Protective effect of black seed oil from *Nigella sativa* against murine cytomegalovirus infection. International Journal of Immunopharmacology, 22: 729-740.
22- 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.