



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷

صفحه‌های ۶۵۵-۶۶۶

اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) در شرایط قطع آبیاری

رقیه بامشاد^۱، محمود رمودی^{۲*}، محمدرضا اصغری‌پور^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی /زتو بارور ۱ و فسفات بارور ۲ بر عملکرد دانه، درصد روغن و ویژگی‌های بیوشیمیایی سیاه‌دانه در شرایط قطع آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. عامل اصلی قطع آبیاری در چهار سطح شامل: آبیاری متداول، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی، قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه و قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پر شدن دانه و عامل فرعی انواع کود در چهار سطح شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، /زتو بارور ۱، فسفات بارور ۲ و سوپر فسفات تریپل بودند. نتایج نشان‌دهنده برهم‌کنش معنی‌دار قطع آبیاری و کود بر عملکرد دانه، درصد روغن، کربوهیدرات‌ها، پرولین، پروتئین کل، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود. بیشترین عملکرد دانه، درصد روغن، پروتئین کل، نیتروژن، پتاسیم و فسفر از تیمار آبیاری متداول توأم با کاربرد کود زیستی /زتو بارور ۱ و بیشترین میزان پرولین از تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه با کاربرد کود سوپرفسفات تریپل حاصل شدند. تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پر شدن تا انتهای پرشدن دانه توأم با کاربرد کود فسفات بارور ۲ بیشترین کربوهیدرات را به‌خود اختصاص داد. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط قطع آبیاری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پرولین، سوپر فسفات، کربوهیدرات، کود زیستی، گیاهان دارویی.

۱. مقدمه

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) از خانواده آلاله، گیاهی است دولپه، علفی، یکساله و بومی آسیا که در بیشتر نواحی اروپا، آسیا و ایران می‌روید (Davazdah Emami & Majnoon, 2008). این گیاه در درمان بیماری‌هایی چون سرطان، عوارض قلبی و عروقی، دیابت، آسم، بیماری‌های کلیوی، ریه، پوست، کبد و پروستات تأثیرگذار است (Schneider-Stock & Fakhoury, 2014).

واکنش گیاه در برابر تنش آب با فعالیت متابولیکی، مورفولوژیکی، مرحله نمو و عملکرد گیاه در ارتباط است (Lebaschi & Sharifi Ashorabadi, 2004). با توجه به کمبود آب، لازم است تدابیری از جمله، گیاهان با نیاز آبی کم، استفاده بهینه از نهاده‌ها، به‌عمل آید. لذا لازم است برنامه ریزی در جهت افزایش سطح زیر کشت گیاهان دارویی صورت گیرد تا به توسعه کشاورزی در کشور کمک کند. گزارش شده است که تنش آب منجر به ایجاد اختلال در فرآیند فتوسنتز، فعالیت آنزیمی و سبب جابه‌جایی متابولیت‌ها به سمت دانه می‌گردد (Thalooth et al., 2006). تجمع پرولین تحت شرایط تنش ممکن است به خاطر کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک سنتز گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد (Ingram & Bartels, 1996; Sharm & Kuhad, 2006). استفاده از رژیم‌های کم‌آبیاری و یا قطع آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان نوعی مدیریت آب در مزرعه، به افزایش سطح زیر کشت و تعیین الگوی کشت بهینه کمک کند. نتایج بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در کپسول و ارتفاع بوته، تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری است و بیشترین مقادیر این پارامترها در رژیم آبیاری کامل مشاهده شد (Bannayan et al., 2007).

استفاده از کودهای بیولوژیک حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن، می‌تواند به رشد گیاه کمک کند (Wu et al., 2005). باکتری‌های محرک رشد از جمله *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.)، *باسیلوس* (*Bacillus* sp.) و *سودوموناس* (*Pseudomonas* sp.) از طریق فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد، محلول‌سازی فسفات و افزایش فسفر قابل جذب گیاه از طریق ترشح آنزیم‌های مختلف و اسیدهای آلی، همچنین افزایش جذب عناصر و افزایش مقاومت به تنش‌ها در رشد گیاه مؤثرند (Vessey, 2003).

کود زیستی فسفات بارور ۲ حاوی دو گونه باکتری حل‌کننده فسفات به نام *سودوموناس پوتیدا* و *پانتوآ آگلومرانس* می‌باشد که قادرند با دو مکانیسم ترشح اسیدهای آلی و تولید آنزیم فسفاتاز، فسفر غیرقابل جذب خاک را به فرم قابل جذب درآورده و در اختیار گیاه قرار دهند (Alijani et al., 2011). *ازتوباکتر* در تثبیت بیولوژیک نیتروژن (Wensing et al., 2010) و *باسیلوس* و *سودوموناس* در تبدیل شکل‌های نامحلول فسفر به شکل‌های محلول و قابل دسترس گیاه (Ranjkar et al., 2007) اهمیت دارند. همچنین، این باکتری‌ها از طریق سازوکارهای مختلف دیگری مانند تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها و تولید هورمون‌های گیاهی سبب تحریک رشد گیاه می‌گردند (Pal et al., 2001; Wensing et al., 2010). پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر مثبت کودهای زیستی بر رشد و تولید گیاهان مختلف انجام شده است. باکتری‌ها از قبیل *ازتوباکتر* و *سودوموناس* با دارا بودن خاصیت تثبیت نیتروژن، حل‌کنندگی فسفر با تغییرات عمده در فیزیولوژی گیاه، موجب افزایش چشم‌گیر کیفیت گیاه می‌شود (Maliki & Balouchi, 2012). نتایج تحقیق محققین نشان داد کاربرد یک گونه باکتری حل‌کنندگی فسفات همراه با یک نوع فسفات معدنی غیر محلول به نام تری کلسیم فسفات، موجب بهبود بارز غلظت فسفر گیاه

خشک با میانگین بارندگی سالیانه ۶۳ میلی‌متر و درجه حرارت سالیانه ۲۳ °C واقع شده است. در سال اجرای آزمایش میانگین دمای و بارندگی سالیانه به ترتیب ۲۳ و ۲۸ میلی‌متر بود. جهت آگاهی از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت یک نمونه مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری زمین مورد نظر تهیه و ویژگی‌های خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. قطع آبیاری در چهار سطح شامل: آبیاری متداول، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا شروع گلدهی، قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا شروع پرشدن دانه‌ها و قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پر شدن دانه به‌عنوان عامل اصلی و انواع کود در چهار سطح شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، /زئو بارور ۱، فسفات بارور ۲ و سوپر فسفات تریپل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود زیستی فسفات بارور ۲ (حاوی سودوموناس و باسیلوس) و /زئو بارور ۱ (حاوی /زئوباکتر) به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به صورت بذرمال و سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت مخلوط با خاک قبل از کشت استفاده شدند. کشت در ۲۵ آبان‌ماه به روش خشکه‌کاری و به صورت دستی و براساس مقدار بذر مصرفی ۱۲ کیلوگرم در هکتار انجام گرفت. بذر مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول چهار متر با فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر بود. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در طول دوره رشد انجام شد.

نسبت به تیمار شاهد گردید (Ratti et al., 2001). در مطالعه‌ای افزایش حاصل‌خیزی خاک توسط کودهای بیولوژیک نظیر /زئوباکتر، /زوسپیریوم و سودوموناس سبب افزایش و بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی سیاه‌دانه گردید (Shalan, 2005). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد کود زیستی باعث بهبود ویژگی‌های کیفی آفتابگردان شده، به طوری که سبب افزایش درصد روغن دانه گردید (Shehata & EL-Khawas, 2003).

با وجود تحقیقات گسترده‌ای که در مورد کاربرد منابع کودی مختلف روی گیاهان زراعی صورت گرفته، ولی در مورد گیاهان دارویی تحقیق کمتری انجام شده است. با توجه به اهمیت گیاه دارویی سیاه‌دانه در صنایع مختلف و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز عدم وجود اطلاعاتی مستند و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی این گیاه به کودهای بیولوژیک این تحقیق با هدف ارزیابی کودهای فسفر زیستی و شیمیایی بر درصد روغن، عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی سیاه‌دانه اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای سوپرفسفات تریپل و زیستی /زئو بارور ۱ و فسفات بارور ۲ توأم با قطع آبیاری بر درصد روغن، عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی سیاه‌دانه، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا شد. محل اجرای آزمایش در منطقه گرم و

جدول ۱. نتایج خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

پتاسیم (ppm)	فسفر قابل دسترس (ppm)	نیترژن کل (%)	ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته (pH)	بافت خاک
۸۹/۰۹	۱/۶۶	۰/۰۸	۲/۴	۲/۵۰	۷/۷۸	شنی - لومی

کاهش فتوستتزر، اندازه و سطح برگ، بیوماس، اندازه و تعداد دانه را در پی دارد. بنابراین، تنش خشکی و عوارض ناشی از آن سبب کاهش عملکرد می‌گردد (Shah Moradi, 2003). در شرایط آبیاری کامل، میزان فتوستتزر و تولید مواد پرورده افزایش یافته و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه آن افزایش می‌یابد (Palmer et al., 1995).

در مطالعه‌ای مشخص که تلقیح بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود، زیرا همیاری باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز و وجود شبکه گسترده‌ای ریشه‌ای سبب افزایش طول ریشه، اندام هوایی و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود (Cao et al., 2010). کاربرد کود زیستی در شرایط تنش با استفاده از کود فسفر می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. تأمین میزان کافی عناصر غذایی می‌تواند باعث افزایش کارایی ریزجانداران محرک رشد شود، اگرچه در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای هم این باکتری‌ها قادر به افزایش رشد و عملکرد گیاه هستند. باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند فسفر قابل دسترس در خاک را به وسیله هیدرولیز فسفر از ترکیب‌های غیرآلی به علت اسیدی کردن خاک و یا تراوش آنزیم‌های فسفاتاز افزایش دهند (Akmakc, 2006).

درصد روغن

نتایج نشان داد برهم‌کنش قطع آبیاری و کود در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و کود حاکی از آن است که تیمار آبیاری متداول توأم با کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۱ حدود ۳ برابر درصد روغن بیشتری در مقایسه با تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و عدم کاربرد کود داشت (جدول ۳).

پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت کپسول‌ها از بوته‌های دو ردیف وسط پس از حذف اثر حاشیه و به طور تصادفی انجام گرفت. ویژگی‌های مورد بررسی شامل: درصد روغن، عملکرد دانه، کربوهیدرات، پرولین، پروتئین کل و درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم بودند. در مرحله گلدهی کامل برای اندازه‌گیری پرولین از برگ‌های تازه انتهایی گیاه استفاده شد (Bates et al., 1973). میزان کربوهیدرات با روش اسپچلیگل (Schlegel, 1956) انجام گردید. برای تعیین غلظت فسفر و پتاسیم از روش خاکستری خشک استفاده شد. مقدار عنصر پتاسیم با دستگاه فلیم‌فوتومتر و میزان فسفر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Heidari, 2007) و میزان نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال برحسب درصد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری میزان روغن دانه، از دستگاه سوکسله استفاده گردید. برای تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزاری SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

عملکرد دانه

با توجه به نتایج (جدول ۲) برهم‌کنش قطع آبیاری و کود بر عملکرد دانه اثر بسیار معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و کود نشان داد که عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود زیستی *ازتو بارور* ۱ توأم با آبیاری متداول ۸۴ درصد بیشتر از عملکرد در شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و عدم استفاده از کود بود (جدول ۳). در مراحل زایشی مواد حاصل از فتوستتزر باید به دانه منتقل گردد. لذا بروز تنش رطوبتی در این مرحله می‌تواند باعث کاهش فتوستتزر و انتقال مواد فتوستتزی شده و در نهایت عملکرد را کاهش دهد. بسته‌شدن روزه‌ها در اثر تنش خشکی تبادل دی‌اکسیدکربن را در برگ‌ها کاهش می‌دهد که در نتیجه

اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) در شرایط قطع آبیاری

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد روغن، عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی سیاه‌دانه تحت تأثیر قطع آبیاری و کود فسفر

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربوهیدرات	پرولین	پروتئین کل	عملکرد دانه	درصد روغن		
۰/۰۴	۰/۸۸	۴/۱۹	۱۵/۸۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۳۷/۷۳	۳۴۱/۱۴	۰/۰۲	۲	تکرار
۰/۲۳**	۸۰۶/۹۵**	۷۹۹/۹۹**	۱۷۷/۶۷**	۰/۰۰۰۷**	۴۴/۹۹**	۳۳۴۷۶/۷۳**	۱/۳۳**	۳	قطع آبیاری
۰/۰۱	۱۶/۲۷	۳۱/۷۱	۱/۶۰	۰/۰۰۰۰۰۲	۳۳/۴۲	۳۳/۰۹	۰/۰۲	۶	خطای a
۰/۰۷**	۴۹۲/۹۸**	۱۱۲/۶۳**	۶۳/۵۵**	۰/۰۰۰۷**	۶۳/۳۵**	۲۵۴/۷۷**	۴/۵۰**	۳	کود
۰/۰۵**	۲۹۴/۲۷**	۱۱۹/۰۱**	۸۳/۰۰**	۰/۰۰۰۳**	۶۶/۹۴**	۴۵۸۰/۷۳**	۳/۲۸**	۹	کود × قطع آبیاری
۰/۰۰۶	۵/۲۹	۰/۸۵	۱/۵۶	۰/۰۰۰۰۰۲	۷/۷۲	۳۱/۹۰	۰/۰۰۶	۲۴	خطای b
۵/۸۲	۱/۲۵	۱/۵۷	۴/۲۱	۱/۹۵	۶/۲۸	۱/۸۰	۲/۴۲		ضریب تغییرات (درصد)

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهم کنش قطع آبیاری و کود بر درصد روغن، عملکرد دانه و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه سیاه‌دانه

قطع آبیاری	کود	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	پروتئین کل (mg/g)	پرولین (mg/g)	کربوهیدرات (µg/g)	نیتروژن (درصد)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)
	شاهد	۳/۰۶fg	۳۳۹/۷۸d	۵۰/۷۲a	۰/۰۵۰f	۲۰/۴۷i	۶۷/۶۲c	۱۷۱/۱۱ef	۱/۳۷bcd
شاهد	ازتو بارور	۵/۷۱a	۳۹۵/۰۷a	۵۲/۲۰a	۰/۰۷۰d	۲۲/۲۱i	۷۰/۱۳a	۲۰۶/۶۸a	۱/۸۱a
	فسفات بارور	۳/۸۸c	۳۹۴/۴۱a	۵۲/۶۰a	۰/۰۵۰f	۲۲/۸۲gh	۶۸/۱۶bc	۲۰۴/۰۲a	۱/۴۸bc
	فسفات تریپل	۴/۶۷b	۳۸۴/۸۷b	۵۱/۱۲a	۰/۰۸۰c	۳۳/۰۵cd	۶۹/۶۰ab	۱۹۰/۵۰b	۱/۵۱b
تنش رویشی	شاهد	۲/۳۰i	۲۸۹/۳۹fg	۳۴/۹۶gh	۰/۰۶۰e	۲۴/۴۸fg	۴۶/۶۱i	۱۶۵/۰۶g	۱/۲۰e
	ازتو بارور	۳/۱۰f	۳۱۷/۹۸e	۳۸/۵۲ef	۰/۰۷۰d	۲۴/۹۴fg	۵۱/۳۶h	۱۸۳/۹۲d	۱/۲۲de
	فسفات بارور	۴/۷۵b	۳۵۱/۴۸c	۳۵/۶۰gh	۰/۰۷۰d	۳۶/۹۴ab	۵۹/۸۴e	۱۷۵/۲۰e	۱/۲۴de
تنش گلدهی	فسفات تریپل	۳/۴۸e	۳۶۰/۹۵c	۴۸/۸۸abcd	۰/۰۷۰d	۲۸/۷۰e	۴۷/۴۶i	۱۷۰/۷۵f	۱/۲۳de
	شاهد	۲/۹۵g	۲۵۴/۲۲h	۳۲/۷۶h	۰/۰۷۰d	۲۸/۶۷e	۴۳/۶۸j	۱۷۱/۶۴ef	۱/۰۶f
	ازتو بارور	۳/۳۸e	۳۴۰/۸۲d	۴۸/۰۴abc	۰/۰۸۰c	۳۲/۴۱d	۶۴/۰۵d	۱۸۹/۶۱bc	۱/۳۴cde
تنش پرشدن دانه	فسفات بارور	۳/۷۳d	۲۸۱/۴۳g	۴۱/۴۸def	۰/۰۷۰d	۳۷/۳۶a	۵۰/۴۵h	۱۸۴/۲۷d	۱/۳۵cde
	فسفات تریپل	۳/۱۸f	۲۹۸/۱۷fg	۳۷/۸۴fg	۰/۰۸۰c	۳۱/۸۹d	۵۵/۳۰g	۱۷۴/۸۵ef	۱/۴۷bc
	شاهد	۱/۹۳j	۲۱۴/۳۱i	۴۲/۳۲def	۰/۰۷۰d	۲۵/۴۹f	۵۶/۴۲fg	۱۷۴/۱۴ef	۱/۳۱de
تنش پرشدن دانه	ازتو بارور	۳/۸۶cd	۲۲۸/۰۳i	۴۳/۲۴cde	۰/۰۹۰b	۳۷/۰۱ab	۵۷/۶۵f	۱۹۰/۵۰b	۱/۳۷bcd
	فسفات بارور	۲/۰۰j	۲۸۶/۳۵fg	۵۳/۱۶a	۰/۰۹۰b	۳۵/۰۰bc	۶۴/۷۴d	۱۹۱/۰۳b	۱/۵۱b
	فسفات تریپل	۲/۶۵h	۲۹۲/۷۱f	۴۸/۵۶bcd	۰/۰۹۳a	۳۳/۶۸cd	۷۰/۸۸a	۱۸۶/۰۵cd	۱/۵۱b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

و سایر مواد، می‌توان بیان داشت که هرچه طول این مدت در دانه بیشتر باشد، درصد روغن نیز بالاتر خواهد بود. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده شاید بتوان گفت

قطع آبیاری نسبت به آبیاری متداول درصد روغن دانه را کاهش داد که علت آن این است که در ابتدا با تجمع کربوهیدرات‌ها و سپس تبدیل شدن آن به روغن، پروتئین

همراه با فسفات زیستی بارور ۲ به دست آمد، که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل توأم با کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل، کود زیستی/زئو بارور ۱ نداشت و ۶۱ درصد بیشتر از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم کاربرد کود حاصل شد (جدول ۳). بالاتر بودن میزان پروتئین دانه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری کامل می‌تواند ناشی از کاهش طول دوره رشد و نمو باشد که در واقع باعث کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتئین و در نتیجه افزایش پروتئین می‌شود. با این که ترکیبات شیمیایی دانه‌ها تحت کنترل ژنتیکی است، ولی محیط بر آن اثرگذار است و تنش کم آبی نیز می‌تواند ترکیبات شیمیایی از قبیل درصد روغن، قند، پروتئین را تحت تأثیر قرار دهد. تحت قطع آبیاری، به‌علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، از انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها کاسته شده و ذخیره نشاسته در آنها کاهش می‌یابد که این امر موجب کوچک شدن دانه‌ها و افزایش پروتئین می‌گردد. ضمن اینکه در شرایط تنش، گیاه با ساخت پروتئین‌های متحمل به قطع آبیاری، میزان پروتئین‌های محلول خود را نیز افزایش می‌دهد (De-Mejia et al., 2003).

واحد ساختاری پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه است و با توجه به نقش اساسی نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، مصرف کودهای نیتروژن سنتز پروتئین را در گیاه افزایش می‌دهد (Ghobadi, 2010). نتایج تحقیقی افزایش میزان پروتئین دانه در شرایط تنش در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد (Kramer, 1983). میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات میزان نیتروژن و فسفر قابل جذب در خاک را افزایش داده که سبب افزایش جذب آن توسط گیاه شده، در نتیجه سبب افزایش پروتئین دانه می‌گردد (Mehrvaz et al., 2008). در مطالعه‌ای بیشترین درصد پروتئین کنجد را با کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی

چون شرایط آبیاری مطلوب از زمان بیشتری جهت پر شدن دانه برخوردار بوده، بنابراین درصد روغن نیز در این تیمار بیشتر می‌باشد. همچنین، کاهش درصد روغن دانه در اثر قطع آبیاری می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسمیلات‌ها به دانه باشد (Bouchereau et al., 1996). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش درصد روغن در شرایط قطع آبیاری گزارش شده است (Baghkhani & Farahbakhsh, 2008; Mazaheri Laghab et al., 2003). کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه، ناشی از افزایش دما و قطع آبیاری و تغییر در متابولیسم مواد، کاهش درصد روغن را می‌تواند به دنبال داشته باشد (Fanaei et al., 2016).

کاربرد کودهای بیولوژیک سبب افزایش درصد روغن می‌گردد که به دلیل اثرات مفید کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسمیلات بیشتر و بهبود رشد می‌شود که در نهایت موجب افزایش درصد روغن دانه در مقایسه با تیمار عدم تلقیح بذر می‌شود (Raei et al., 2015). طی پژوهشی افزایش معنی‌دار درصد روغن کلزا را در نتیجه کاربرد کود زیستی که ناشی از بهبود جذب فسفر بوده گزارش شده است (Salimpour et al., 2010). همچنین، افزایش درصد روغن آفتابگردان در تیمار تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به تیمار شاهد در تحقیق دیگری گزارش شد (Akbari et al., 2010).

پروتئین کل

میزان پروتئین کل تحت تأثیر تنش برهم‌کنش قطع آبیاری و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و کود نشان داد که بیشترین میزان پروتئین کل تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پر شدن تا انتهای پر شدن دانه

نیترژن در شرایط تلقیح بذر با کود زیستی گزارش نمودند (Shakeri et al., 2012).

پرولین

با توجه به نتایج برهم‌کنش قطع آبیاری و کود تأثیر معنی‌داری بر محتوای پرولین داشت (جدول ۲). اثر برهم‌کنش‌ها نشان داد که محتوای پرولین در تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن دانه تا انتهای پرشدن دانه توام با کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و کمترین آن از تیمار آبیاری شاهد و عدم کاربرد کود به‌دست آمد (جدول ۳). اختلاف مقدار پرولین میان این دو تیمار ۸۶ درصد بود. تجمع پرولین یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان در برابر قطع آبیاری است (Grouses et al., 1996). قطع آبیاری از طریق افزایش سنتز آنزیم‌هایی که تولید پرولین را تحریک می‌کنند و ممانعت از عمل آنزیم‌هایی که پرولین را تخریب می‌نمایند، سبب افزایش میزان پرولین می‌شود (Rontein et al., 2002). با افزایش تنش خشکی پرولین بیشتری تولید می‌شود که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Sharma & Kuhad, 2006; Ramroudi et al., 2017). نقش مشخص پرولین تنظیم فشار اسمزی است و از اکسیداسیون درونی سلول‌ها در شرایط تنش خشکی جلوگیری می‌کند، به‌همین دلیل، پرولین در گیاهانی که تحت تنش‌های سخت قرار می‌گیرند، تجمع می‌یابد. محققین اعلام داشتند که پرولین به‌عنوان ذخیره‌ای از انرژی قابل دسترس، سهل‌الوصل و منبعی از نیترژن برای حیات گیاه تحت شرایط تنش است (Nandwal et al., 1998; Sharma & Kuhad, 2006) و نقش مهمی در سمیت‌زدایی آمونیم تولیدی در گیاه دارد و به‌عنوان یک ماده محافظت‌کننده مولکول‌های بزرگ در مقابل تجزیه شدن و کاهش اسیدیته سلول عمل می‌کند (Kishor et al., 2005).

با توجه به دسترسی عناصر غذایی در استفاده از کود و افزایش تجمع پرولین بر اثر مصرف کود می‌توان پی برد که گیاه در شرایط تنش در صورت دسترسی عناصر غذایی از پرولین و سایر ترکیبات نیترژنی برای تنظیم اسمزی استفاده می‌کند و کربوهیدرات را صرف رشد و افزایش عملکرد خود می‌نماید. در شرایط تنش میزان پرولین به‌منظور حفظ فعالیت سایر پروتئین‌ها افزایش می‌یابد (Salimpour et al., 2010). کودهای حاوی نیترژن به تولید بیشتر آن در گیاه کمک خواهد کرد (Malakouti & Homaei, 2004).

کربوهیدرات‌ها

تأثیر کود، قطع آبیاری و برهم‌کنش قطع آبیاری و کود و بر میزان کربوهیدرات گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و کود نشان داد که بیشترین مقدار کربوهیدرات از تیمار قطع آبیاری مرحله شروع گلدهی تا پرشدن دانه با کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ به‌دست آمد که با قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه توأم با کاربرد کود بیولوژیک از تو بارور ۱ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و ۸۳ درصد بیشتر از تیمار آبیاری کامل و عدم استفاده از کود بود (جدول ۳). با افزایش شدت قطع آبیاری، مقدار کربوهیدرات افزایش قابل توجهی نشان داد که می‌تواند علت آن در شرایط تنش کم‌آبی، افزایش تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول و در نتیجه بالا رفتن سطح قندهای محلول، سنتز مواد اسمزی از مسیرهای غیرفتوسنتزی، توقف رشد، کاهش سرعت انتقال مواد و افزایش میزان سنتز هورمون‌های گیاهی است که سبب توسعه ریشه و افزایش سطح جذب می‌شوند. طبق نتایج ابوبکر و مصطفی (Abo-Baker & Mostafa, 2011) مشخص شد، استفاده از ترکیب

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات به‌همراه مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی NPK رایج در گیاه دارویی چای‌مکی، منجر به افزایش درصد نیتروژن و فسفر در برگ‌ها و میزان آنتوسیانین، ویتامین ث و اسیدیته در کاسبرگ‌ها آن می‌شود.

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه

نتایج حاکی از آن است که تأثیر برهم‌کنش قطع آبیاری و کود در سطح احتمال یک درصد بر عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش قطع آبیاری و کود نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن در تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع پرشدن تا انتهای پرشدن دانه توأم با کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل حاصل شد که با شرایط آبیاری متداول توأم با کود زیستی /ز تو بارورا اختلاف معنی‌داری نداشت و بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر در شرایط آبیاری متداول توأم با کاربرد کود زیستی /ز تو بارورا به‌دست آمدند (جدول ۳). نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر قابل توجهی بر مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با شاهد داشت. مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به‌وسیله پدیده اسمز، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دست‌خوش تغییر و تحول می‌گردد (Taiz & Zeiger, 2006). پژوهشگران با مطالعه تأثیر تنش خشکی بر جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) گزارش کردند که دلیل کاهش جذب مواد توسط ریشه گیاهان در خاک خشک دسترسی کمتر گیاه به عناصر غذایی است (Fatemy & Evans, 1986). هرچه میزان رطوبت خاک افزایش یابد، نیتروژن بیشتری به‌وسیله گیاه جذب شده و

هم‌چنین جذب سایر عناصر مانند فسفر، پتاسیم، آهن و روی ارتباط نزدیکی با میزان رطوبت قابل دسترس گیاه دارد (Jones, 1980). کاهش فسفر به دنبال تنش خشکی در ارتباط با کاهش آب خاک است که منجر به کاهش انتقال عناصر از خاک به گیاه شده است. فسفر یکی از یون‌هایی است که در شرایط خشکی برای گیاه غیرقابل استفاده می‌شود، زیرا این یون شدیداً جذب رس‌های خاک شده و فقط بخش کوچکی از یون فسفات به حالت محلول است. در شرایط خشکی جذب یون فسفات نه تنها به‌واسطه قابلیت حل کم آن، بلکه به‌دلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها تقلیل پیدا می‌کند (Kafi & Mahdavi Damghani, 2000).

با مقایسه تأثیر کود بیولوژیک بر غلظت پتاسیم پیکره گیاهی معلوم گردید که بیشترین غلظت پتاسیم مربوط به تیمارهایی با بالاترین پتانسیل انحلال فسفر می‌باشد و در واقع این نتایج حاصل از تأثیر مثبت حل‌کننده‌های فسفات بر جذب پتاسیم است، بنابراین از دلایل افزایش میزان پتاسیم با افزایش فسفر محلول توسط باکتری‌ها تولید هورمون‌های گیاهی است که سبب توسعه ریشه و افزایش سطح جذب می‌شوند (Raeipour & Asgharzadeh, 2007). حضور کود بیولوژیک نه تنها از طریق کمک در افزایش فراهم کردن سطح جذب، باعث بهبود جذب عناصر معدنی می‌شوند، بلکه قادرند در چرخه عناصر غذایی در خاک نیز دخالت نموده و از طریق آسان‌سازی حلالیت عناصر معدنی، موجب جذب کارآمد آن‌ها توسط گیاه شوند (Darzi, Ghalavand & Rejali, 2009).

۴. نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، بر پایه نتایج این تحقیق، گیاه دارویی سیاه‌دانه به قطع آبیاری تقریباً حساس بوده و قطع آبیاری در مراحل مختلف نمو خسارت جدی وارد می‌نماید. قطع

- Bannayan, M., Nadjafi, F. & Tabrizi, L. (2007). Yield and seed quality of *Plantagoovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial Crops and Products*. 83, 130-134.
- Bates, S., Waldern, R. P. & Teare, E. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39, 205-207.
- Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensaoud, A., Beport, L. & Renard, M. (1996). Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy*. 5, 19-30.
- Cao, D. Z., Liang-Gang, J., Xiao, Z. & Qian, Z. Y. (2010). Effects of biofertilizer on organically cultured cucumber growth and soil biological characteristics. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 21(10), 2587-2592.
- Darzi, M. T., Ghalavand, A. & Rejali, F. (2009). The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Iranian *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biological Chemistry*. 27, 3075-3080.
- Davazdah Emami, S. & Majnoon Hoseini, N. (2008). *Farming and Production of Some Herbs and Spices*. Second Edition. University of Tehran Press. 1-14. (in Persian)
- De-Mejia, E. G., Martinez-Resendiz, V., Castano-Tostado, E. & Loarca-Pina, G. (2003). Effect of drought on polyamine metabolism, yield, protein content and in vitro protein digestibility in tepary (*Phaseolus acutifolius*) and common (*Phaseolus vulgaris*) bean seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83, 1022-1030.
- Fanaei, H. M., Azmal, A. & Piri, A. (2016). Effect of biological and chemical fertilizers on grain, oil and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Ecology*. 8(4), 551-566. (in Persian)
- Fatemy, F. & Evans, K. (1986). Effects of *Globodera rostochiensis* and water stress on shoot and root growth and nutrient uptake of potatoes. *Revue Nematology*. 9(2), 181-184.
- Ghobadi, R. (2010). Effect of different levels of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and some physiological traits of grain corn 704. Master thesis, Faculty of Agriculture Boroujerd University. (in Persian)
- Grouses, C., Bournoville, R. & Bonnemain, J. L. (1996). Water deficit induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap of Alfalfa. *Plant Physiology*. 111(1), 109-113.

آبیاری در مراحل مختلف رشدی به‌ویژه قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه سبب کاهش عملکرد، درصد روغن، پروتئین کل، کربوهیدرات و عناصر فسفر، نیتروژن و پتاسیم گردید. با این حال کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی سبب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شده و تأثیر تنش خشکی بر درصد روغن، عملکرد دانه، عناصر غذایی، پروتئین کل و کربوهیدرات را تخفیف دادند. بنابراین، با توجه به محدودیت منابع آب در اقصی نقاط کشور به‌ویژه منطقه سیستان مزایای حاصل از کشت گیاه دارویی سیاه‌دانه در شرایط کم‌آبی را می‌توان با مدیریت صحیح تغذیه‌ای و به‌ویژه کودهای زیستی بهبود بخشید.

منابع

- Abo-Baker, A. A. & Mostafa, G. G. (2011). Effect of bio-and chemical fertilizers on growth, sepals yield and chemical composition of *Hibiscus sabdariffa* at new reclaimed soil of south valley area. *Asian Journal of Crop Science*. 3, 16-25.
- Akbari, P., Ghalavand, A. & Modarres Sanavi, S. A. M. (2010). The effect of application of different nutritional systems (organic, chemical and consolidated) and biofertilizer on grain yield and other agronomic traits of sunflower. *Journal of Sustainable Agricultural Science*. 1, 83-93. (in Persian)
- Akmakc, C. I. R., Donmez, F., Aydin, A. & Ahin, F. S. (2006). Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*. 38, 1482-1487.
- Alijani, M., Amini Dehghi, M., Melboubi, M. A., Zahedi, M. & Modarres Sanavi, A. M. (2011). Effect of different levels of phosphorus fertilizer in combination with biofertilizer on yield, essential oil, and camasolen percentage of German camomile. *Journal of Iranian Herbs and Medicinal Herbs*. 3, 450-459. (in Persian)
- Baghkhan, F. & Farahbakhsh, H. (2008). Effects of drought stress on yield and some physiological traits of three spring safflower cultivars. *Journal of Agricultural Research. Water, Soil and Plant in Agriculture*. 8(2), 45-57. (in Persian)

17. Heidari, M. H., Nadian, A. B., Bakhshandeh, Kh., Alami, S. & Fathi, Gh. (2007). Effect of different levels of salinity and nitrogen on nutrient uptake and wheat osmotic regulators. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*. 40, 193-211. (in Persian)
18. Ingram, J. & Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 47, 377-403.
19. Jones, H. (1980). *Interaction and Integration of Adaptive Response to Water Stress*. Royal Science Society of London, Series. 273: 193-205.
20. Kafi, M. & Mahdavi Damghani, A. (2000). *Resistance Mechanisms of Plants to Environmental Stresses*. Ferdowsi University of Mashhad Press. Page 476. (in Persian)
21. Kishor, P. B. K., Sangama, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R. & Rao, K. S. (2005). Regulation of proline biosynthesis degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 88: 424-438.
22. Kramer, P. J. (1983). *Water Relations of Plants*. Academic Press. New York.
23. Lebaschi, M. & Sharifi Ashorabadi, A. (2004). Growth indices of some species of medicinal plants under different conditions of drought stress. *Iranian Herbal Medicines and Herbs*. 20(3), 249-261. (in Persian)
24. Malakouti, M. & Homaei, M. (2004). *Fertility of Soils in Arid Regions. Problems and Solutions. Second Edition*. Tarbiat Modarres Publications, Tehran, 320 pages. (in Persian)
25. Maliki, N. M. & Balouchi, H. R. (2012). Effects of nitrogen and phosphorus chemical and biological fertilizers on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* var. Saccharata). *Journal of Plant Production*. 19(4): 55-75.
26. Mazaheri Laghah, H. A., Nouri, F. & Zare, H. (2003). Effects of drought stress reduction with supplementary irrigation in sunflower in rainfed conditions. *Journal of Research and Development*. 16(2), 81-86. (in Persian)
27. Mehrvarz, S., Chaichi, M. R. & Alikhani, H. A. (2008). Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 3(6): 855-860.
28. Nandwal, A. S., Hooda, A. & Datta, D. (1998). Effect of substrate moisture and potassium on water relations and C, N and K distribution in *Vigna radiata*. *Biologia Plantarum*. 41: 149-153.
29. Pal, K. K., Tilak, K. V., Saxena, A. K., Dey, R. & Singh, C. S. (2001). Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminearum* by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*. 156: 209-223.
30. Palmer, J. E., Dunphy, J. & Reese, P. (1995). Managing drought- stressed soybeans in the southeast. North Carolina cooperative extension service as publication number AG-19-12.
31. Raei, Y., Shariati, J. & Veisani, V. (2015). Effect of biological fertilizers on oil percentage, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in different levels of irrigation. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 25(1), 65-84. (in Persian)
32. Raeipour, L. & Asgharzadeh, N. A. (2007). Interaction of phosphate solubilizing bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*) on growth, tuberculosis and absorption of some nutrients in soybeans. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 40(11), 53- 63. (in Persian)
33. Ramroudi, M., Chezgi, M. & Galavi, M. (2017). The effect of methanol spraying on quantitative characteristics and osmotic regulators (*Dracocephalum moldavica* L.) in Irrigated conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 48(1), 149-158. (in Persian)
34. Ranjkar, P. N., Tambekar, D. H. & Wate, S. R. (2007). Study of phosphate solubilization efficiencies of fungi and bacteria isolated from saline belt of Purna River basin. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 3, 701-703.
35. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. & Goutam, S. P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. Motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiological Research*. 9, 145-156.
36. Rontein, D., Basse, T. G. & Hason, A. D. (2002). Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic Engineering*. 4(1), 49-56.
37. Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H. & Miransari, M. (2010). Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Australian Journal of Crop Science*. 4(5), 330-334.

38. Schlegel, H. G. (1956). Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. *Planta*. 47, 510-515.
39. Schneider-Stock, R. & Fakhoury, I. H. (2014). Thymoquinone: fifty years of success in the battle against cancer models. *Drug Discovery Today*. 19(1), 18-30.
40. Serraj, R. & Sinclair, T. R. (2002). Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions? *Journal of Plant Cell Environment*. 25, 333-341.
41. Shah Moradi, Sh. (2003). Effect of drought stress on quantitative and qualitative traits of soybean cultivars and advanced lines. Master thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran. 112 pages. (in Persian)
42. Shakeri, A., Amini Dehghi, M., Tabatabaei, A. & Modarres Sanavi, A. M. (2012). Effect of chemical and biological fertilizers on yield, yield components, oil percentage and protein content of sesame cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 22(1), 71-82. (in Persian)
43. Shalan, M. N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 83, 811-828.
44. Sharma, K. D. & Kuhad, M. S. (2006). Influence of Potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of Brassica Species. *Genetics and Genomics of the Brassicaceae*. 8, 71-74.
45. Shehata, M. M. & EL-Khawas, S. A. (2003). Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. *Pakistan Journal of Biological Science*. 6 (14), 1257-1268.
46. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*, (4th Ed). Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 623p.
47. Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. & Mohamed, H. M. (2006). A comparative study on the effect of foliar and magnesium on growth, yield and some application of zinc, potassium chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. *World Journal Agriculture Science*. 2(1), 37-46.
48. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as bio-fertilizer. *Plant and Soil*. 255, 571-586.
49. Wensing, A. S. D., Braun, P., Buttner, D., Expert, B., Volksch, M. S., Ullrich, G. & Weingart, H. (2010). Impact of siderophore production by *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae* 22d/93 on epiphytic fitness and biocontrol activity against *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* 1a/96. *Applied and Environmental Microbiology*. 76(9), 2704-2711.
50. Wu, B., Cao, S. C., Li, Z. H., Cheung, Z. G. & Wong, K. C. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. *Geoderma*. 125, 155-162.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

Effect of Chemical and Biological Fertilizers on Seed Yield and Biochemical Traits of Black Cumin (*Nigella sativa*) under the Condition of Irrigation Cutting

Roghayeh Bamshad¹, Mahmoud Ramroudi^{2*}, Mohammad Reza Asgharipour²

1. M.Sc. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

Received: December 26, 2017

Accepted: January 30, 2018

Abstract

In order to investigate the impacts of irrigation cutting and chemical and biological fertilizers, *Azoto* Barvar 1 and phosphate Barvar 2 on grain yield, essential oil, and biochemical properties of cumin, an experiment has been conducted as split plot, based on a randomized complete block design with three replications in the University of Zabol Research Farm during 2016. Main factors include four levels of irrigation cutting, namely conventional irrigation, irrigation cutting between stem elongation to flowering stages, irrigation cutting between flowering stage and the beginning of the grain filling period, and irrigation cutting from the beginning to the end of the grain filling period. The sub-factor is the different type of phosphorous fertilizer, including control (no fertilizer application), *Azoto* Barvar 1 and Phosphate Barvar 2, and triple superphosphate. Results indicate that the interaction of irrigation cutting and phosphorous fertilizer has been significant on seed yield, oil percentage, carbohydrates, proline, total protein, absorption of nitrogen, phosphorous, and potassium. The greatest seed yield, oil percentage, total protein, nitrogen, potassium, and phosphorus has been obtained from conventional irrigation along with the application of *Azoto* Barvar 1, while the greatest proline has been achieved from irrigation cutting between beginnings to the end of grain filling period along with the application of triple superphosphate. The greatest carbohydrate has been observed from irrigation cutting from the beginning to the end of the grain filling period along with the application of Phosphate Barvar 2. In conclusion, results indicate that biofertilizers have positive impacts on the improvement of nutritional conditions of plants under irrigation cutting conditions.

Keywords: Biofertilizer, carbohydrate, medicinal plant, proline, superphosphate.