دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و یکم، ۱۳۹۹

بررسی تغییرات عملکرد دانه و روغن کتان روغنی (*Linum usitaissimum* L.) تحت تاثیر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی

نادر رحیمی[۱]، جلال جلیلیان[۲]، علیرضا پیرزاد[۳]، اسماعیل قلی نژاد[۳]

دریافت: ۹۷/۵/٤ پذیرش: ۹۸/۳/۹

چکیده

به منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی و مصرف کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کتان روغنی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه ارومیه در سال ۹۵-۱۳۹٤ انجام گرفت. فاکتور اصلی شامل ۳ تیمار آبیاری (یکبار آبیاری، دو بار آبیاری و شرایط دیم) و فاکتور فرعی شامل ٤ تیمار کود زیستی (میکوریزا گونه *Glomus mossea*، کود بیوسولفور تیوباسیلوس (*Thiobacillus*)، میکوریزا + بیوسولفور و شاهد بود. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار دو بار و یک بار آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم، عملکرد دانه کتان را به ترتیب به میزان ۵۱ و ۳۵ درصد افزایش داد. بیشترین (۷۸۸/۷٦ کیلوگرم بر هکتار) و کمترین (۳۹٤/۸۱ کیلوگرم بر هکتار) عملکرد روغن به ترتیب از تیمار دو بار آبیاری تکمیلی و شرایط دیم بدست آمد. کشت دیم در مقایسه با آبیاری تکمیلی، عملکرد بیولوژیک، قطر ساقه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در کپسول و درصد روغن را کاهش داد. در شرایط دیم، تلقیح با میکوریزا، بیوسولفور و کاربرد توام میکوریزا و بیوسولفور، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد روغن، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کتان را به ترتیب به میزان (۱۵، ۱۵ و ۱۲)، (۱۷، ۱۸ و ۱۹)، (۳۲، ۲۸ و ۳۱)، (٤۵، ٤۰ و ۳۹) و (۳۱، ۲٦ و ۲۸) درصد افزایش داد. با توجه به نتایج این تحقیق، با اعمال آبیاری تکمیلی بویژه دو بار آبیاری و استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و بیوسولفور بخصوص در شرایط دیم می‌توان کارایی گیاه کتان را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، روغن، عملکرد، کشت دیم، میکوریزا

رحیمی، ن.، ج. جلیلیان، ع. پیرزاد و ا. قلی نژاد. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات عملکرد دانه و روغن کتان روغنی (*Linum usitaissimum* L.) تحت تاثیر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۱: ۵۲-٤۱.

۱- کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران- مسئول مکاتبات Gholinezhad1358@yahoo.com

مقدمه

کتان (*Linum usitaissimum* L.) گیاهی چند منظوره دارویی و صنعتی بوده که بررسی امکان کشت آن به صورت دیم در ایران ضروری است. سطح زیر کشت کتان در دنیا ۲/۷۶ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۲/۹۲ میلیون تن با عملکرد ۱۰۵۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت کتان در ایران در سال ۲۰۱۶، به میزان ۲۱۳ هکتار با تولید ۷۷ تن و با عملکرد ۳۶۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (فائو، ۲۰۱۶).

خشکی یکی از رایج‌ترین و زیان‌بارترین تنش‌های محیطی است که باعث محدود شدن تولیدات گیاهی در قسمت‌های مختلف دنیا می‌گردد (قلی نژاد، ۱۳۹۵). یکی از راهکارهای کاهش اثرات تنش خشکی، اعمال آبیاری تکمیلی می‌باشد (ازتورک و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده است که در کتان با افزایش تنش خشکی، میزان روغن، کاهش ۱۲ درصدی داشته است (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۹). انجام آبیاری کامل در گیاه ماشک، عملکرد دانه را به میزان ٦٤/۲۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جلیلیان و همکاران، ۱۳۹۵).

همزیستی گیاه با میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه، جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر توسط هیف‌ها و انتقال آن به ریشه گیاه سبب بهبود وضعیت غذایی و کاهش اثرات منفی تنش بر رشد و عملکرد گیاه *Ephedra aphylla* می‌شود (الکواراوی و همکاران، ۲۰۱٤). علت افزایش عملکرد محصول در گیاهان تلقیح شده با میکوریزای تعادل آبی آنها در شرایط تنش کم‌آبی و در نتیجه جذب بیشتر آب و عناصر معدنی گزارش شده است (ابوالفضلی و همکاران، ۱۳۹۵؛ حبیب زاده و همکاران، ۲۰۱۵). محققان اعلام داشته‌اند کاربرد میکوریزا در شرایط تنش خشکی در بهبود خصوصیات گیاه کتان به دلیل افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی تأثیر مثبتی داشته است و کاربرد هر دو گونه قارچ تأثیر بیشتری نسبت به عدم کاربرد روی کلیه صفات اندازه‌گیری نشان داد، هر چند تأثیر کاربرد هر دو گونه قارچ *Glomus intraradices* و *G. mosseae* یکسان بود (سلطانیان و تدین، ۱۳۹٤). در بررسی تاثیر میکوریزا و باکتری‌های پسودوموناس بر کتان در شرایط تنش خشکی گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک در کتان شد و تلقیح با قارچ میکوریزا باعث افزایش ۲۵ درصدی عملکرد دانه و ۳۰ درصدی عملکرد روغن کتان گردید (رحیم زاده و پیرزاد، ۲۰۱۷).

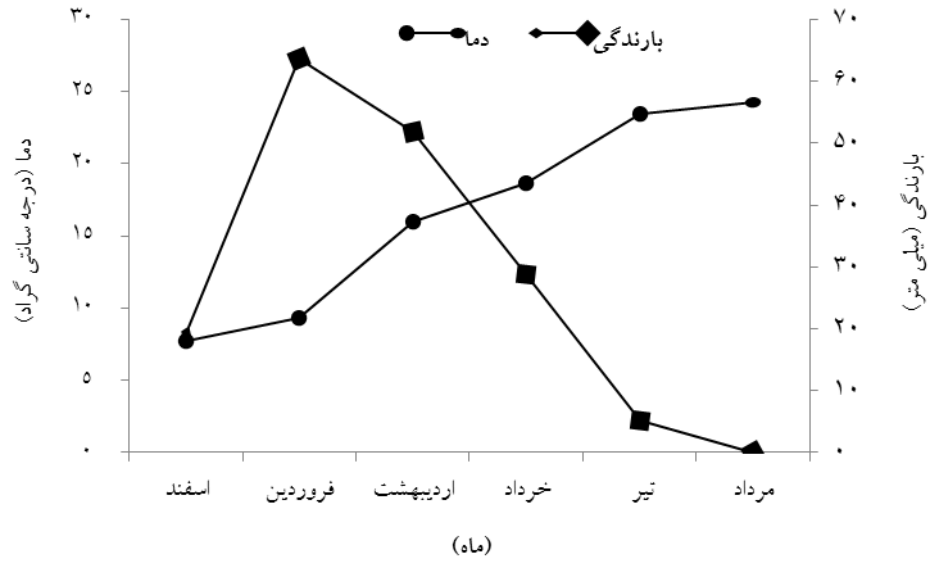
تأثیر مثبت تلقیح گیاه با باکتری‌های حل کننده فسفات بر عملکرد و سایر اجزای عملکرد کتان روغنی را می‌توان به اثر همکاری بین آن دو با گوگرد با تأثیر بر کاهش جذب فسفر درخاک و کاهش اکسایش عناصر غذایی در خاک برای گیاه مربوط دانست (چو و همکاران، ۲۰۰٦). در بررسی سطوح مختلف گوگرد (۰، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار) گزارش شده است که استفاده از گوگرد تا سطح ٤۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش خطی عملکرد دانه (۱۲٦۲/۳۳ کیلوگرم بر هکتار)، درصد روغن (۳۹/٤٦ درصد) و عملکرد روغن (٤۹۸/۱۱ کیلوگرم بر هکتار) در گیاه کتان روغنی می‌شود و بعد از آن کاهش می‌یابد (جیمو و سینگ، ۲۰۱۷).

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثرات جداگانه و توام کودهای زیستی بیوسولفور و میکوریزا شامل (*Glomus mossea*) بر عملکرد کمی و کیفی کتان روغنی در شرایط مختلف رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در دانشگاه ارومیه واقع در ۱۱ کیلومتری شهر ارومیه (۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ٤٤ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳٦۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. نوع اقلیم منطقه جزو اقلیم‌های نیمه خشک و مرطوب با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. متوسط درجه حرارت ماهیانه و بارندگی در سال اجرای تحقیق در شکل ۱ ارائه شده است.

#



شکل ۱- شرایط آب و هوایی منطقه (از اسفندماه ۱۳۹٤ تا مرداد ماه ۱۳۹۵) در طول مراحل رشد گیاه کتان در مزرعه

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته خاک	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	رس	سیلت	شن	ظرفیت زراعی (٪)	نقطه پژمردگی دائم
							(%)				
لومی رسی	۰/۵٤	۷/۲۱	۰/۹٤	۰/۰۹٤	۷/٦	۳۹۵	۳۲	۳۷	۳۱	۲۷/۹۹	۱٤/۵

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و هم‌چنین برآورد نیاز کودی محصول کتان از پنج نقطه مختلف مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری صورت گرفت (جدول ۱).

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد که در آن کرت اصلی رژیم آبیاری (یکبار آبیاری، دو بار آبیاری و دیم) و کرت فرعی تیمار کودی میکوریزا (*Glomus mossea*) و کود بیوسولفور (حاوی باکتری از جنس *Thiobacillus*) و با جمعیت 10^8 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم)، کود بیوسولفور، میکوریزا + بیوسولفور و شاهد بود. کود میکوریزا و بیوسولفور از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم به وسیله گاوآهن برگردان‌دار و تسطیح به وسیله روتیواتور در مهرماه سال ۱۳۹٤ انجام شد. همچنین در این مرحله کودهای مورد نیاز براساس آزمون خاک شامل ۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات، ۵۰ کیلوگرم K_2O از منبع سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره در زمین پخش و با خاک مخلوط شد. کاشت در نیمه دوم اسفند ماه (۱۹ اسفندماه) سال ۱۳۹٤ انجام شد پس از گاورو شدن زمین، کاشت به روش دستی در روی خطوط با فاصله ۱۰ سانتیمتر و فواصل خطوط از یکدیگر ۵۰ سانتیمتر انجام شد و در هر کرت ۵ مترمربعی حدود ۵۰ گرم میکوریزا و ۱۵۰ گرم بیوسولفور مصرف شد. برای هر بوته حدود ۲/۵ گرم میکوریزا و ۷/۵ گرم بیوسولفور مصرف گردید. میزان مصرف میکوریزا حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و بیوسولفور ٦ کیلوگرم در هکتار به همراه ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد بود که همزمان با کاشت و بصورت خاکی در زیر بذر قرار گرفت. جهت تلقیح خاک از مایه تلقیح قارچ (*Glomus mossea*) به ازای هر مترمربع، حداقل ۱۰ گرم قارچ میکوریزا مورد استفاده قرار گرفت و لایه‌ای از خاک به عمق پنج سانتی-متر روی آن ریخته و سپس بذرها در عمق سه سانتی‌متری کاشته شدند. بعد از کاشت آبیاری انجام نگرفت و ۲۱ اسفندماه بارندگی رخ داد و هر هفته تا زمان سبز شدن بوته‌ها بارندگی اتفاق افتاد. آبیاری تکمیلی اول در ۵ خرداد ۱۳۹۵ که کتان در

اوایل دوره گلدهی بود انجام گرفت و آبیاری تکمیلی دوم تیمارهای مربوطه در ۱۹ خرداد ۱۳۹۵ که گیاهان در مرحله تشکیل کپسول بودند اعمال گردید. در کرت‌های دیم آبیاری صورت نگرفت.

پس از جوانه زنی بذور و رشد بوته‌ها، در مرحله ٤-۳ برگی تنک کردن به وسیله دست برای رسیدن به تراکم مطلوب (۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) انجام گرفت. و همزمان مبارزه با علف‌های هرز به روش دستی و در طی دو نوبت در طول فصل رشد انجام شد.

چون کتان روغنی یک گیاه گل غیرانتهایی[1] است نمی‌توان تا رسیدن ۱۰۰ درصد کپسول منتظر بود چون کپسول‌هایی که در ابتدا رسیده‌اند دچار ریزش می‌شوند (سید شریفی و قلی نژاد، ۱۳۹٤). تاریخ اولین نمونه‌گیری در شرایط دیم در ١٤ تیرماه ۱۳۹۵، در تیمارهای یک بار آبیاری تکمیلی در ٢٤ تیرماه ۱۳۹۵ و در تیمارهای دو بار آبیاری تکمیلی در ۳ مردادماه ۱۳۹۵ بود. برای تعیین ارتفاع بوته، ۱۰ بوته به طور تصادفی از هرکرت انتخاب شد و ارتفاع از ناحیه طوقه تا بالاترین سطح گیاه برحسب سانتیمتر اندازه‌گیری شد و میانگین آن برای هر تیمار ثبت گردید. برای اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه، از خطوط وسط هر کرت به مساحت دو مترمربع برداشت گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه از محصول هرکرت ۵ نمونه ۲۵۰ تایی بطور تصادفی شمارش و بوسیله ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید و وزن هزاردانه تعیین شد. برای اندازه‌گیری زیست توده پس از برداشت و خشک کردن بوته‌ها، کل اندام‌های هوایی برداشت شده از هر کرت به مساحت دو مترمربع توزین و ثبت گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد زیست توده بر عملکرد دانه محاسبه شد سپس حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب گردید. درصد روغن دانه با دستگاه سوکسله (موسسه تجزیه مواد شیمیایی، ۱۹۹۰؛ صفاری، ۲۰۰٦) محاسبه گردید. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، تاثیر اثرات ساده کود و آبیاری بر اکثر صفات معنی‌دار شد (جدول ۲). تاثیر اثرات متقابل آبیاری با کود بر وزن ساقه اصلی، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، درصد روغن و شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ و بر ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته (۸ ساقه فرعی در بوته) در تیمار ترکیب میکوریزا با بیوسولفور بود. که نسبت به شاهد (کمترین تعداد ساقه فرعی) حدود ۵۵ درصد بیشتر بود (شکل ۲). کاربرد میکوریزا در گیاه دارویی ریحان تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی داشت و این افزایش در مورد قارچ *G. mosseae* بیشتر بود (اصلانی و همکاران، ۱۳۹۰).

تیمار دو بار و یک بار آبیاری در مقایسه با دیم، ارتفاع بوته کتان را به ترتیب ٢٤ و ۱۷ درصد افزایش داد (جدول ٤). در تیمار دو بار آبیاری، یک بار آبیاری و دیم، تلقیح دو گانه باکتری بیوسولفور و میکوریزا در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح) ارتفاع بوته کتان را به ترتیب ۲۸، ۲۵ و ۱۸ درصد افزایش داد (جدول ٤). افزایش ارتفاع بوته در تلقیح جداگانه و توام باکتری و قارچ برای کشت دیم یکسان بود (جدول ٤).

پژوهشگران افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای بیولوژیک را ناشی از سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین‌ها، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و سیدروفور می‌دانند که با تحریک رشد گیاه و افزایش طول میانگره در نهایت باعث افزایش ارتفاع گیاه می شوند (تیلاک و همکاران، ۲۰۰۵). گزارش شده است که در شرایط عدم تنش رطوبتی و استفاده از قارچ میکوریزا ارتفاع بوته کتان، افزایش معنی‌داری پیدا کرد این محققان بیان کردند تلقیح میکوریزا موجب تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود و در نتیجه با افزایش رشد ریشه، آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و این امر باعث بهبود رشد و ارتفاع بوته گردید (سلطانیان و تدین، ۱۳۹٤) که با یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد.

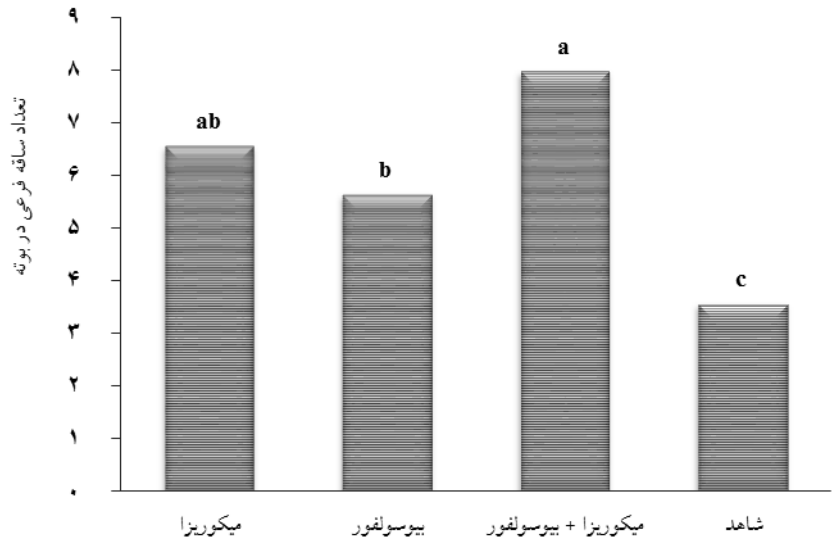
1 - Indeterminate

#

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کتان تحت تاثیر کودهای زیستی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ساقه فرعی در بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن ساقه اصلی	تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۰/۳۳۸	۲۲/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰٤	۰/۰۰۳	۲۱/۰۸	۰/۳۳	۱۵۸۰۲۸/۸٦	۱۹۰۰۵۰/۲۳	۹۱/۸۵	٤/۰۰	۱۷۸۸۲/۷۹
آبیاری	۲	^{ns}۰/۱٦۷	**۳۸۹/۵۵	**۰/۰٤۹	** ۳/٦٤	** ۰/۰۸٦	**۹٤/۱۵	^{ns}۰/۱٤	**۱۳۰٤۰۲۵۸/۰۳	**٤۵۵۳٤۲۲/٤٦	^{ns}۱۰/۷٦	**۱٤/۰۸	**٤٦۹۲۲۹/۳٤
خطای اصلی	٤	۰/۱۰۱	۷/٦۲	۰/۰۰٤٤	۰/۰٤۱	۰/۰۰۵٦	۱۰/۵٤	۰/۰۰۳۲	۷۸۲۱۵/۵۳	٤۷۳۵۷/۹۰	٤۸/۰۵	٦/۵۸	۳۷۱۰/۹۲
کود	۳	**۱/۳۵	**۲۳۲/۲۲	**۰/۰٤٦	** ۱/۷٦	** ۰/۳۳۸	**۵۰/۸٦	**۲/۰۹	**۳۵۷۱٤۹۵/۹۵	**۷۱۳۹٤۹/۹۳	*۱۹۳/٤۲	*۵/۹٦	**۸۰۹٤۲/۵۲
آبیاری × کود	٦	^{ns}۰/۱۰۹	*۲۱/۹۱	^{ns}۰/۰۰۱	** ۰/٤۷	**۰/۰۵۷	^{ns}۲/۱۷	**۰/۲۷	*٤٦۹۹۰۷/۲۹	^{ns}٦۰۹۳۷/۷٦	**۱۸۸/۲۲	**۸/۳۸	^{ns}۷۰۰٦/۷۳
خطا آزمایش	۱۸	۰/۰٦۹	۵/٦۳	۰/۰۰۲	۰/۰٤۲	۰/۰۰٦۹	٦/۷۵	۰/۰٤٦	۱٤۷۳۷٤/۵٦	۲۸۰٦۳/۸۵	۳۹/۲۲	۱/۳۵	۳۳۷۸/۷۰
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۱/۳۲	۵/٤۷	۱۱/۵۹	۱۵/۸۸	۲/۷٦	۲۳/۰٤	٤/۵۳	۱۱/۵۷	۹/۱۷	۱۱/۱۹	۳/٦۵	۹/۹۹

* و ** و ^{ns} به ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطوح احتمال پنج ، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد



شکل ۲- تاثیر کودهای زیستی بر تعداد ساقه فرعی در بوته کتان
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

نتایج این مطالعه نشان داد که بوته‌های کتان به هنگام تلقیح قارچ میکوریزایی و کود بیوسولفور (باکتری تیوباسیلوس) قطر ساقه بزرگتری دارند، به طوری که هر سه سطح کود (میکوریزا، بیوسولفور و ترکیب میکوریزا با بیوسولفور) به یک اندازه (۱۲ درصد) قطر ساقه را در مقایسه با شاهد افزایش دادند (جدول ۳). افزایش تعداد دفعات آبیاری قطر ساقه کتان را افزایش داد. قطر ساقه گیاه کتان در شرایط دو بار آبیاری بیشترین میزان (۰/٤٥ سانتی متر) و در شرایط دیم کمترین میزان (۰/۳۳ سانتی-متر) را دارا بود (جدول ۳). گیاه برای کاستن از میزان تعرق و تحمل تنش، ارتفاع، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی خود را کاهش می‌دهد. محققان بیان داشتند که با اعمال تنش خشکی، قطر ساقه و ارتفاع بوته در گیاه کتان کاهش یافت (وحیدی و تدین، ۲۰۱٤). گزارش شده است که با افزایش شدت تنش خشکی قطر ساقه گیاه کنجد کاهش و با همزیستی قارچ میکوریزا، افزایش معنی‌داری پیدا کرد (قلی نژاد، ۱۳۹۵) که با یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر آبیاری و کودهای زیستی بر صفات مورد مطالعه در گیاه کتان روغنی

تیمار	قطر ساقه (mm)	وزن کپسول ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد روغن ($kg\ ha^{-1}$)
آبیاری				
دیم	b۰/۳۳	b۱٦۸٦	c۱۲۰٤/٦٤	c۳۹٤/۸۱
یکبار آبیاری	b۰/۳۷	ab۲۲۷٦	b۱۸۳۹/۰۳	b٥٦۱/٦۰
دو بار آبیاری	a۰/٤٥	a۲۸۰٦	a۲٤۳٦/۰۳	av۸۸/۷٦
کود				
شاهد	b۰/۲۷۸	b۱٥۸۰	b ۱٤۱۳/٤٦	b٤٤۱/۰٦
میکوریزا	a۰/٤۳۰	a۲٦۸۸	a۲۰٤۱/۹۷	a٦٤۲/۰۳
بیوسولفور	a۰/۳۹۰	a۲۳۳٤	a۱۹۰۰/٥۲	a٦۰۹/۰٤
میکوریزا + بیوسولفور	a۰/٤۲۹	a۲٤۲۰	a۱۹٥۰/۸۹	a٦۳٤/۷٤

میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و کودهای زیستی بر بر صفات مورد مطالعه در گیاه کتان روغنی

تیمار (آبیاری × کود زیستی)		ارتفاع بوته (cm)	وزن ساقه اصلی ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد دانه در کپسول	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	شاخص برداشت (٪)	درصد روغن (٪)
آبیاری	کود زیستی						
دیم	شاهد	g۳۱/۰۰	f۱۰۸/۰۰	f۷/٦۷	f۳/۹۸	ab٦٥/۸٦	cd۲۹/۳۳
	× میکوریزا	ef٤۰/٦۷	de۱۸۸/۰۰	d۹/۰۰	bc٤/۷٥	d٤٦/۹٥	d۲۹/۰۰
	بیوسولفور	ef۳۹/۹۳	ef۱۷٤/۰۰	d۹/۰۰	b٤/۸۰	b-d٥٤/۳٤	cd۲۹/٦۷
	میکوریزا + بیوسولفور	f۳۷/٥۳	ef۱۷٤/۰۰	de۸/٦۷	b٤/۸۷	a-d٥٥/۸٦	b۳۲/۳۳
یکبار آبیاری	شاهد	ef۳۸/۳۳	de۱۹۰/۰۰	fv/۳۳	ef٤/۲۳	cd٤۸/٥۰	bc۳۱/۳۳
	× میکوریزا	cd٤٥/۷٥	de۲۱۰/۰۰	d۹/۰۰	b-d٤/۷۲	a-c٥۹/۷۸	ab۳۲/٦۷
	بیوسولفور	de٤۲/٦۰	ef۱۷۸/۰۰	cd۹/۳۳	b٤/۸۰	a٦٦/۹۷	ab۳۲/۳۳
	میکوریزا + بیوسولفور	ab٥۱/۰۷	c۳۷۸/۰۰	b۱۱/۰۰	a٥/٤٥	d٤٥/٤٤	ab۳۳/۳۳
دو بار آبیاری	شاهد	ef۳۹/۰۰	de۲۲٦/۰۰	ef۸/۰۰	c-e٤/۳۸	a-d٥۷/۱۱	b۳۲/۰۰
	× میکوریزا	ab٥۱/۲۳	b٤٦۲/۰۰	c۱۰/۰۰	d-f٤/۳۳	a-d٥۷/٥۳	ab۳۲/٦۷
	بیوسولفور	bc٤۹/۷۳	d۲٦۲/۰۰	de۸/٦۷	b-e٤/٥۸	ab٦۳/۳۷	ab۳۲/٦۷
	میکوریزا + بیوسولفور	a٥٤/۲۰	a٥٦٤/۰۰	a۱۲/۰۰	a٥/۷۷	cd٥۰/۱۰	a۳٤/٦۷

میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند

برهمکنش آبیاری با کود در وزن ساقه اصلی و مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده تغییر متفاوت وزن ساقه اصلی در پاسخ به کودهای زیستی برای هر کدام از سطوح آبیاری است. بطوریکه، تیمار دو بار آبیاری و ترکیب میکوریزا و بیوسولفور، بیشترین وزن ساقه را داشته و کمترین وزن ساقه به تیمار عدم استفاده از کود در شرایط دیم بدست آمد (جدول ٤). یکبار آبیاری در گیاهان میکوریزایی و تلقیح شده با کود بیوسولفور وزن ساقه یکسان با کشت دیم داشتند. اعمال تنش خشکی وزن ساقه اصلی را در گیاه کتان روغنی کاهش داد (مسافر همدان و همکاران، ۲۰۰۸).

تیمار میکوریزا و بیوسولفور در شرایط دو بار آبیاری بیشترین تعداد دانه در کپسول (۱۲ دانه در هر کپسول) را داشت و تیمار شاهد بدون تلقیح درکشت دیم، کمترین دانه در کپسول (۷ دانه در هر کپسول) را دارا بود. در شرایط آبیاری تکمیلی با دوبار آبیاری، یکبار آبیاری و دیم، تلقیح توام با دو کود زیستی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود زیستی) تعداد دانه در کپسول را به ترتیب به میزان ۳٤، ۳٤ و ۱۲ درصد افزایش داد (جدول ٤). تنش خشکی باعث کاهش سطح ویژه برگ و دوام سطح برگ در گیاه شده که این وضعیت نیز با کاهش سطح فتوسنتز کننده در طول رشد گیاه باعث کاهش تولید آسیمیلات شده و در نتیجه تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد. در کل، خشکی سبب کاهش تعداد دانه در بوته می‌شود. گزارش شد که تعداد دانه در کپسول در گیاه کتان در شرایط آبیاری تکمیلی افزایش و در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کرد (مسافر همدان و همکاران، ۲۰۰۸) که نتایج این آزمایش را تایید می‌کند.

اعمال دو بار و یکبار آبیاری تکمیلی در مقایسه با دیم، وزن کپسول را به ترتیب حدود ٤۰ و ۲٦ درصد افزایش داد (جدول ۳). در نتایج سایر محققان نیز (مسافر همدان و همکاران، ۲۰۰۸) با اعمال تنش خشکی وزن کپسول در گیاه کتان کاهش یافته است.

کاربرد توام میکوریزا با بیوسولفور در شرایط دو بار آبیاری بیشترین وزن هزار دانه را داشته و تیمار شاهد (عدم استفاده از کود در شرایط دیم) کمترین وزن هزار دانه (۳/۹۸ گرم) را داشته است (جدول ٤). کمبود رطوبت در لایه‌های سطحی خاک، ممکن است سبب شود که گیاه رطوبت مورد نیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آنها کم است، استخراج کند. بدین ترتیب، گیاه دچار تنش عناصر غذایی می‌شود. مجموع این عوامل، موجب کاهش اندازهٔ گیاه و کاهش ذخایر فتوسنتزی موجود برای پرکردن کپسول‌ها یا نیام‌ها می‌شود و در نهایت عملکرد و وزن دانه را در گیاه سویا کاهش می‌دهد (بنجامین و نیلسن، ۲۰۰٦). دلیل کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش خشکی، کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌باشد. وجود گوگرد برای ساختن پروتئین و آنزیم از طریق شرکت در ساختمان اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین الزامی است، بنابراین در عملکرد و کیفیت محصولات بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

باکتری‌های تیوباسیلوس با اکسیداسیون گوگرد، اسید سولفوریک تولید می‌کنند که این اسید تولید شده با عناصر غذایی تثبیت شده، واکنش نشان داده و باعث افزایش قابلیت جذب آنها برای گیاه می‌شود و این در نهایت افزایش وزن هزاردانه و عملکرد را بدنبال خواهد داشت (بشارتی و همکاران، ۲۰۰۰).

در کشت دیم هر سه سطح کود زیستی به یک اندازه عملکرد بیولوژیک را نسبت به گیاهان شاهد بدون تلقیح افزایش دادند. ولی در تیمار یک بار آبیاری تکمیلی تلقیح توام قارچ میکوریزا و باکتری نسبت به شاهد، مقدار عملکرد بیولوژیک حدود ۳۶ درصد افزایش یافت. در دو بار آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری به تنهایی و ترکیبی در مقایسه با شاهد عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۳). در شرایط تنش خشکی تلقیح میکوریزایی به دلیل افزایش پتانسیل آب برگ سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید در حقیقت وجود شبکه گسترده هیف‌های خارجی قارچ میکوریزا به عنوان ادامه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان قادر است آب را از منافذ بسیار ریز و دور از دسترس گیاه جذب و به گیاه منتقل کند سایر محققان (سلطانیان و تدین، ۱۳۹٤) نیز گزارش کردند بیشترین عملکرد بیولوژیک گیاه کتان روغنی در شرایط عدم تنش رطوبتی و تلقیح با قارچ میکوریزا مشاهده گردید، که با یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد.

شکل ۳- تاثیر برهمکنش کود زیستی و آبیاری تکمیلی بر عملکرد بیولوژیک در گیاه کتان روغنی
میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند

تیمار دو بار و یک بار آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم، عملکرد دانه کتان را به ترتیب به میزان ۵۱ و ۳۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). تلقیح با قارچ میکوریزا، بیوسولفور و ترکیب دوگانه میکوریزا و بیوسولفور با کتان در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۳۱، ۲٦ و ۲۸ درصد افزایش داد (جدول ٤). احتمالا ترشح هورمون‌های محرک رشد گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی توسط باکتری‌های مورد استفاده، در تحریک رشد گیاه، افزایش ماده خشک، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر بوده است. کودهای زیستی، علاوه بر افزایش فراهمی عناصرمعدنی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، کنترل عوامل بیماریزا و تولید انواع هورمون‌های تنظیم کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (استارز و کریستی، ۲۰۰۳). محققان اظهار داشتند که همزیستی ماش با قارچ میکوریزا باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (حبیب زاده و همکاران، ۲۰۱۵). به طور کلی قارچ‌های میکوریزا با استقرار در ریشه گیاه و تولید هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها، مواد محرک رشد و توانایی انحلال مواد معدنی فسفاته و دیگر مواد مغذی موجب بهبود عملکرد گیاه میزبان خواهند شد (ورما و همکاران، ۲۰۱۳). کاهش عملکرد دانه آفتابگردان روغنی در شرایط تنش

#

خشکی می‌تواند ناشی از بسته شدن روزنه‌ها، افزایش آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین‌ها وکلروفیل‌ها باشد که باعث کاهش سرعت و میزان فتوسنتز، مقدار مواد فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه گردد (قلی نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیقی مشخص شد که تنش خشکی عملکرد دانه کنجد را کاهش داد و بیشترین مقدار عملکرد دانه از آبیاری کامل با میانگین ۱۱۴۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار عملکرد دانه در شرایط بدون آبیاری به دست آمد (باقری و همکاران، ۲۰۱۳).

بیشترین شاخص برداشت (٦٦/٩٧ درصد)، در شرایط یکبار آبیاری تکمیلی با کاربرد کود بیوسولفور بدست آمد که با دوبار آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). آبیاری تکمیلی بیشترین تاثیر را روی شاخص برداشت دارد بطوریکه گیاه کتان در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین شاخص برداشت و در شرایط تنش خشکی کمترین شاخص برداشت را نشان داد (مسافر همدان و همکاران، ۲۰۰۸).

آبیاری تکمیلی در مقایسه با دیم درصد روغن را افزایش داد. با این حال بیشترین افزایش درصد روغن مربوط به دو بار آبیاری و تلقیح توام قارچ و باکتری بود (جدول ٤). محققان بیان کردند که در ابتدا کربوهیدرات‌ها تجمع می‌یابند و سپس این ماده به روغن و پروتئین و یا هر ماده دیگر تبدیل می‌شود؛ پس هر چه طول مدت پر شدن دانه بیشتر باشد درصد روغن نیز بالاتر خواهد بود. به نظر می‌رسد که اعمال تنش خشکی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد و فرصت بیشتری برای تجمع پروتئین در دانه‌ها در گیاه گلرنگ فراهم می‌شود و در نتیجه درصد روغن دانه گیاه گلرنگ کاهش می‌یابد (فراست و همکاران، ۱۳۹۱). در آزمایشی روی گلرنگ مشخص شد که کاهش درصد روغن به موازات اعمال تنش آبیاری بعد از گل-دهی را می‌توان به کاهش سطح برگ، اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به مقصد یا دانه‌ها، یا افزایش میزان تنفس جهت جلوگیری از صدمات تنش نسبت داد (بالجانی و شکاری، ۱۳۹۱). گزارش شده است که با تلقیح بذور کلزا و تیوباسیلوس بیشترین درصد روغن و شاهد (عدم تلقیح بذور با تیوباسیلوس) کمترین درصد روغن را داشته است به نظر می‌رسد باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش مواد قابل دسترس سنتز اسیدهای چرب شده و محتوای روغن را افزایش داده است (جشنی و همکاران، ۱۳۹٦).

تیمار دو بار و یک بار آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم، عملکرد روغن کتان را به ترتیب به میزان ۵۰ و ۳۰ درصد افزایش داد (جدول ۳). تلقیح با قارچ میکوریزا، بیوسولفور و ترکیب دوگانه میکوریزا و بیوسولفور با کتان در مقایسه با شاهد، عملکرد روغن را به ترتیب به میزان ۳۲، ۲۸ و ۳۱ درصد افزایش داد (جدول ۳). عملکرد روغن اصلی‌ترین هدف از کشت و توسعه دانه‌های روغنی از جمله کتان روغنی است. با توجه به کمتر بودن دامنه تغییرات درصد روغن بر اثر عوامل محیطی و تغذیه‌ای، چنین به نظر می‌رسد که در حال حاضر اصولی‌ترین راه برای دستیابی به روغن استحصالی بالا در واحد سطح، افزایش عملکرد دانه است. در تحقیقی بیان گردید که تحت شرایط کم-آبی در آفتابگردان، عملکرد روغن در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا از گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود و آن‌ها، افزایش عملکرد روغن را ناشی از افزایش تعداد دانه‌ها، کاهش میزان پوکی و وزن هزار دانه گزارش کردند (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). مصرف کامل سولفات پتاسیم و اوره و تلقیح بذر آفتابگردان با کودهای زیستی از جمله بیوسولفور، ازتوباکتر و نیتروکسین به دلیل تاثیر در جذب عناصر پر مصرف و ریز مغذی مورد نیازگیاه موجب تولید حداکثر عملکرد روغن دانه آفتابگردان گردید (رشدی و همکاران، ۱۳۸۸).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط دیم، کاربرد میکوریزا، کود بیوسولفور و کاربرد توام میکوریزا با کود بیوسولفور، اجزای عملکرد دانه (تعداد دانه در کپسول و وزن ۱۰۰۰ دانه)، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج نشان داد که تیمار دو بار و یک بار آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم، عملکرد دانه و عملکرد روغن کتان را به ترتیب به میزان (۵۱ و ۳۵) و (۵۰ و ۳۰) درصد افزایش داد. بر اساس نتایج این مطالعه، برای بدست آوردن حداکثر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد روغن انجام دو بار آبیاری در گیاه کتان منطقی به‌نظر می‌رسد.

منابع

ابوالفضلی، ب.، ح. ع. علیخانی و ف. رجالی. ۱۳۹۵. بررسی اثر هم افزایی کاربرد قارچ های میکوریزا آربوسکولار بر ثبیت همزیستی نیتروژن در گیاه عدس تحت شرایط تنش کم آبی. نشریه زیست شناسی خاک. جلد ٤، شماره ۲: ۱۳٤-۱۲۳٤.

اصلانی ز، ع. حسنی، م. ح. رسولی صدقیانی، ف. سفیدکن و م. برین. ۱۳۹۰. تأثیر دو گونه قارچ آرباسکولار میکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glumus mosseae*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت شرایط تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد۲۷، شماره ۳: ٤٨٦-٤٧١.

بالجانی، ر. و ف. شکاری. ۱۳۹۱. تاثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ (*Cartahamus tinctorius L.*) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۲، شماره ۱: ۱۰۳-۸۷.

جشنی، ر.، ا. فاتح و ا. آینه بند. ۱۳۹٦. تأثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس و نیتروکارا و محلولپاشی عناصر روی و آهن بر برخی صفات کیفی و انتقال مجدد مواد در کلزا. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). جلد ٤٠ شماره ۱: ١٤-۱.

جلیلیان، ج.، ر. امیرنیا، ا. قلی نژاد و س. عباس زاده. ۱۳۹۵. تاثیر آبیاری تکمیلی و پیش تیمار بذر بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی خصوصیات ماشک رقم دیم مراغه. دانشگاه تهران .به زراعی کشاورزی. جلد ۱۸، شماره ۳: ٦٣٧-٦٢٥.

جمشیدی، ا.، ا. قلاوند، ا. صالحی، م. جواد زارع و ع. ر. جمشیدی. ۱۳۸۸. اثر میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۱، شماره ۱: ۱۵۰-۱۳٦.

سلطانیان، م. و ف. تدین. ۱۳۹٤. اثر همزیستی قارچ میکوریزای آربوسکولار بر برخی از خصوصیات زراعی بزرک *Linum ussitatissimum L.*) تحت شرایط تنش خشکی در منطقه شهرکرد. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۲۲، شماره ۲: ۲۱-۱.

سید شریفی، ر. و ا. قلی نژاد. ۱۳۹٤. زراعت گیاهان لیفی. انتشارات عمیدی. دانشگاه محقق اردبیلی. ۲۳۲ صفحه.

فراست، م.، ن. ع. ساجدی و م. میرزاخانی. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۰، شماره ۲: ٤٠٤-۳۹۱.

قلی‌نژاد، ا. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف آبیاری و گونه‌های قارچ میکوریز آربوسکولار بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه توده‌های کنجد. نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲٦، شماره ۲-٤: ۹۵-۸۳.

قلی‌نژاد، ا.،ا. آینه‌بند، ع. حسن زاده قورت تپه، ق. نورمحمدی و ا. برنوسی. ۱۳۸۹. اثر رژیم آبیاری بر کارآیی مصرف آب و نیتروژن آفتابگردان رقم ایروفلور در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی ارومیه. نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۰، شماره ۱: ٤٥-۲۷.

موحدی دهنوی، م.، م. رنجبر، ع. بدوی و ب. کاوسی. ۱۳۸۹. اثر سایکوسل بر میزان پرولین، قندهای محلول، پروتئین، درصد روغن کتان روغنی تحت تنش خشکی در شرایط کشت گلدانی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۳، شماره ۲: ۱۳۸-۱۲۹.

Alqarawi, A. A., E. F. Abd Allah and H. Abeer. 2014. Alleviation of salt-induced adverse impact via mycorrhizal fungi in Ephedra aphylla Forssk. J. Plant Interact. 9(1): 802-810.

Association Official Analytical Chemists. 1990. Official Method of Analysis. Washington, D. C., USA.

Bagheri, E., J. M. Sinaki, M. Baradaran Firoozabadi and M. Abedini Esfahani. 2013. Evaluation of salicylic acid foliar application and drought stress on the physiological traits of sesame cultivars. Iranian J. Plant Physiol. 3(4): 809-816.

Benjamin, J. G. and D. C. Nielsen. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Res. 97: 248-253.

Besharaty, H., K. Khavarzi and M. J. Malakoti. 2000. The role of Thiobacillus bacteria in increasing the absorption of nutrients in calcareous soils. Technical Journal 176, Institute of Soil and Water Research, 11 pages.

Cho, K., H. Toler, J. Lee, B. Ownely, J. C. Stutz, J. L. Moore and R. M. Auge. 2006. Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. J. Plant Physiol. 163: 517-528.

FAO. 2016. FAOSTAT, Retrieved from https://www.faostat. Fao. Org.site.

Habibzadeh, Y., J. Jalilian, M. R. Zardashti, A. Pirzad and O. Eini. 2015. Some morpho-physiological characteristics of mung bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. J. Plant Nutr. 38(11): 1754-1767.

Jimo, H. and R. Singh. 2017. Effect of sources and doses of sulphur on yield attributes, yield and quality of Linseed (*Linum usitatissimum* L.). J. Pharmacogn Phytochem. 6(4): 613-615.

Mosafer Hamadan, A. R., M. Tajbakhsh and A. R. Eivazi. 2008. Induction of drought stress tolerance by pretreatment of seeds in linseed lines. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, Khoy Branch.

#
Ozturk, E., Ozer, H., and Polat, T. 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non–irrigated conditions in a highland environment. Plant Soil Environ. 54(10): 453-460.

Rahimzadeh, S. and A. R. Pirzad. 2017. Microorganisms (AMF and PSB) interaction on linseed productivity under water-deficit condition. Int. J. Plant Prod. 11(2): 259-274.

Safari, H. 2006. Evaluation of effect of methodand and optimal range of micronutrient fertilizer containing iron and zinc on qualitative and quantitative of rapeseed oil. Proceedings of the 1th Scientific, Practical and Industrial Congress on Oil Crops in Iran. P: 183-186.

Sturz, A.V. and B. R. Christie. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil Tillage Res. 72: 107-123.

Tilak, K. V. B. R., N. Ranganayaki, K. K. Pal, R. Saxena, A. K. Shekhar Nautiyal, C. Shilpi, M. Tripathi and B. N. Johri. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Curr. Sci. 89: 136-15.

Vahidi, H. and A. Tadayon. 2014. Effect of different amounts of potassium fertilizer and drought stress on proline accumulation and some morphological traits in flaxseed *(Linum ussitatissimum* L.). 13th Iranian Conference on Plant Breeding and Third Conference on Seed Science and Technology. Pp. 4.

Verma, J. P., J. Yadav, K. N. Tiwari and A. Kumar. 2013. Effect of indigenous mesorhizobium spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. Ecol. Eng. 51: 282-286.

Evaluation of grain and oil yield changes of linseed (*Linum usitatissimum L.*) as affected by bio-fertilizers and supplementary irrigation

N. Rahimi[1], J. Jalalian[2], A. Pirzad[3], E. Gholinezhad[3]

Received: 2018-7-26 Accpted: 2019-5-30

Abstract

In order to investigate the effect of supplementary irrigation and consumption of bio-fertilizers on flaxseed, a field experiment was conducted at Urmia University as split plot based on randomized complete block design with three replications in 2015-16. Main plots consisted of three irrigation treatments (one and two times supplementary irrigation and rain-fed conditions) and a sub-plot in four fertilizer treatments (mycorrhiza, bio sulfur fertilizer, mycorrhiza + bio sulfur and control treatment (without fertilizer application). The results showed that two and one times supplementary irrigation compared to rain-fed treatment increased significantly grain yield to 51 and 35 percentage, respectively. The highest (788.76 kg ha^{-1}) and lowest (394.81 kg ha^{-1}) oil yield were obtained from two times supplementary irrigation and rain-fed conditions, respectively. Rain-fed treatment compared to supplementary irrigation cause to decrease biological yield, stem diameter, 1000-seed weight, plant height, number of seed per capsule and oil percentage. Under rain-fed conditions, inoculation with mycorrhiza, bio-sulfur and dial application of bio-sulfur and mycorrhiza fertilizer compared to control treatment (without fertilizer application) increased number of seed per capsule, 1000-seed weight, oil yield, biological yield and grain yield significantly about (15, 15 and 12), (17, 18 and 19), (32, 28 and 31), (45, 40 and 39) and (31, 26 and 28) percentage, respectively. According to the results of this study, applying supplementary irrigation especially two times irrigation and using bio fertilizers can be increase yield of flaxseed plant.

Keywords: Bio-sulfur, mycorrhizal, oil, rain-fed, yield

1- M.Sc Studend of Agronomy of Urmia University, Urmia, Iran
2- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Urmia University, Urmia, Iran
3- Associated Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran