دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال سیزدهم، شماره چهل و چهارم، ۱۴۰۰

تاثیر کاربرد نیتروکسین و سطوح آبیاری بر صفات کمی و کیفی ارقام کلزا

محمد رضا صفری[۱]، ابوالفضل فرجی[۲]، محمد رضا داداشی[۳]، محمد آرمین[٤]

دریافت: ۹۸/۱۱/۲٦ پذیرش: ۹۹/۷/۲۷

چکیده

به منظور بررسی واکنش کمی وکیفی ارقام پاییزه کلزا به کود بیولوژیک نیتروکسین در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی۱۳۹۵-۱۳۹٤ و ۱۳۹٦-۱۳۹۵در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی شهرستان بجنورد اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح به صورت بدون تنش، تنش ملایم، تنش شدید به عنوان کرت اصلی و مصرف نیتروکسین به صورت بذرمال در دو سطح شامل کاربرد نیتروکسین و عدم کاربرد نیتروکسین و سه رقم کلزای پاییزه ناتالی، اکاپی و نپتون به صورت فاکتوریل ترکیب شده و به عنوان کرت فرعی بودند. تنش شدید در مقایسه با شرایط بدون تنش سبب کاهش ٦۲/۵ درصدی ارتفاع بوته، ۷٦/۳ درصدی تعداد شاخه فرعی، ٤۵/۵٦ درصدی تعداد غلاف در بوته، ۱/۳ درصدی تعداد دانه در غلاف، ۱۱/۵۲ درصدی وزن هزار دانه، ۱۹/۲ درصدی عملکرد دانه، ۵/۵ درصدی درصد روغن دانه و ۹۰/٤۵ درصدی عملکرد روغن دانه شد، بیشترین ارتفاع بوته (۱۵٦ سانتی‌متر) و تعداد شاخه فرعی(۸/۱ عدد) در رقم اکاپی، تعداد دانه در غلاف (۲٤/۸ عدد) و وزن هزار دانه (۳/٤٤ گرم) در رقم نپتون، عملکرد دانه (۲۰٦۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن دانه (۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) در رقم ناتالی و عملکرد پروتئین (۳۲۱ کیلوگرم در هکتار) در رقم ناتالی و نپتون مشاهده گردید. در مجموع نتایج نشان داد رقم ناتالی، نسبت به سایر ارقام تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی دارد. همچنین مصرف نیتروکسین موجب افزایش تحمل گیاه کلزا در مقابل تنش خشکی شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رقم، کلزا، کود بیولوژیک، عملکرد روغن

صفری، م.ر.، ا. فرجی، م.ر. داداشی و م. آرمین. ۱٤۰۰. تأثیر کاربرد نیتروکسین و سطوح آبیاری بر صفات کمی و کیفی ارقام کلزا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤٤: ۵۷-٤۳.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد گرگان ،دانشگاه آزاد اسلامی ، گرگان، ایران

۲- استاد بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران- مسئول مکاتبات. abolfazlfaraji@yahoo.com

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

٤- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و کلزا به علت داشتن ٤٠ تا ٤٨ درصد روغن و ۳۸ تا ٤٥ درصد پروتئین در دانه به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جهان به شمار می‌رود که کشت آن در سال‌های اخیر گسترش فراوان یافته است (وطن‌دوست و همکاران، ۱۳۹٦). به دلیل وابستگی کشور به روغن خوراکی وارداتی، یکی از سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر توسعه کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا می‌باشد (حزباوی و مینایی، ۱۳۸٦). رشد و عملکرد گیاه تابع ظرفیت ژنتیکی آن و عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، تابش انرژی، ساختمان و تخلخل خاک، واکنش خاک، عوامل زیستی، تأمین عناصرغذایی و نبود عوامل محدودکننده رشد است (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸٦). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده کشاورزی و از عوامل بسیار تاثیرگذار در پراکنش گونه‌های گیاهی در جهان است (جنکس و هاسگاوا، ۲۰۰۵). اصلاح ارقام کلزای متحمل به خشکی نیز یکی از اولویت‌های تحقیقاتی کشور است. گیاه کلزا که همانند گندم در هر دو شرایط آبی و دیم کشت می‌شود عموماً در مراحلی از چرخه زندگی خود تنش خشکی را تجربه می‌کند. در اراضی آبی و مناطقی که در آنها از آبهای سطحی برای آبیاری استفاده می‌شود در اواخر فصل رشد به دلیل کاهش بارندگی و همچنین استفاده از منابع آبی برای زراعت‌های پرسود بهاره در میزان آب افت شدیدی ایجاد می‌شود، در نتیجه فواصل بین آبیاری طولانی شده و گیاه در دوره بحرانی رشد یعنی مرحله پر شدن دانه با تنش کم آبی مواجه می شود. در مطالعه دلخوش و همکاران (۱۳۹۰) تنش خشکی در مرحله زایشی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد، با این حال تاثیر منفی تنش خشکی بر عمکرد دانه کمتر از تاخیر در کاشت بود. باتیا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در تمامی مراحل رشدی به ویژه در فاز زایشی کاهش یافت. مجیدی (۲۰۱۲) گزارش کرد که بین ارقام و هیبریدهای جدید کلزا تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر تحمل به تنش خشکی براساس صفات وابسته به عملکرد وجود دارد که می‌تواند برای بهبود این ویژگی در کلزا مورد استفاده قرار گیرد و روش کارآمد برای تفکیک ارقام با درجات تحمل متفاوت به خشکی است.

کودهای بیولوژیک حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکزی می باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌رود (شارما، ۲۰۰۲). از جمله کودهای بیولوژیک می توان به میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اشاره کرد. از آنجا که کود بیولوژیک نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) است، با تلقیح این باکتری‌ها با بذر توان تثبیت زیستی نیتروژن، سطح ریشه، جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید برخی ویتامین‌ها افزایش یافته که در نتیجه رشد کمی و کیفی گیاه تقویت شده و نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌گردد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۱). پاسخ گیاهان به تلقیح آزوسپریلیوم و ازتوباکتر، بیشتر به صورت افزایش وزن خشک گیاه، ازدیاد میزان نیتروژن دانه، گل آذین‌های بارور، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه گزارش شده است (آرساک و همکاران، ۱۹۹۰). در همین رابطه در آزمایشی افزایش معنی دار عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و تعداد شاخه‌های فرعی در تیمار کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم توام با کود شیمیایی در کلزا گزارش شده است (یساری و پاتواردن، ۲۰۰۷).

با توجه به واکنش متفاوت ارقام کلزا به تنش خشکی و اثرات تعدیل کنندگی کودهای بیولوژیک در شرایط تنش خشکی، این تحقیق به منظور تعیین مناسب‌ترین رقم و نوع کود در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ و ۱۳۹٦-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان خراسان شمالی (کهنه کند) واقع در چهار کیلومتری شمال غربی شهر بجنورد انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۰۵۰ متر، حداقل دمای مطلق ۲۹- درجه، حداکثر دمای مطلق ٤۲ درجه و میانگین دما ۱۲/۸ سانتی‌گراد می باشد و بر اساس میانگین داده‌های ۲۰ ساله اخیر اداره هواشناسی بجنورد، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۵۹ میلی‌متر بوده و بارندگی عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. میزان بارندگی مؤثر در طول فصل رشد حدود ۱۵۸/۹ میلی-متر بود.

آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ٦، ۱۲ و ۱۸روز) به ترتیب نشان دهنده‌ی شرایط (بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید) به عنوان کرت اصلی و مصرف نیتروکسین به صورت تلقیح با بذر در دو سطح شامل مصرف و عدم مصرف نیتروکسین که با سه رقم کلزای پاییزه (ناتالی، اکاپی، نپتون) به‌صورت فاکتوریل ترکیب شده به عنوان کرت فرعی بودند.

عملیات خاک ورزی شامل یک مرتبه شخم عمیق، دو مرتبه دیسک و سپس تسطیح کامل انجام شد. کود مورد نیاز نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) و به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاس قبل از کاشت در سطح مزرعه به صورت یکنواخت با خاک مخلوط شد. قبل از کاشت بذرها با سم کاربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. سپس اقدام به ایجاد فاروها با فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر گردید و پس از آن بر اساس نقشه طرح در اول مهرماه اقدام به طراحی کرت‌ها و جوی‌های آبیاری شد. بذرها روی ٦ خط کاشت ٤ متری با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۵ سانتی‌متر روی هر خط کشت شد. فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر، فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر در نظر گرفته شد. برای اجرای دقیق آزمایش ابتدا و انتهای کرت‌ها بسته شده و با توجه به مساحت آن ها، دور آبیاری و مقدار آبی که به هر یک از آن ها اختصاص یافته بود، اقدام به اعمال تنش آبی از مرحله ٤-۳ برگی شدن شد. بذرهای کلزا به مدت نیم ساعت در محلول نیتروکسین در سایه و با توجه به دستورالعمل میزان مصرف آن آغشته گردید و بلافاصله بعد از پایان عملیات بذرمال بـه صورت دستی بر روی پشته هـا کـشت گردیدنـد. عمـق کاشت بذر کلزا ۲ سانتی متـر در نظـر گرفتـه شـد. عملیات تنک، واکاری و مبارزه با علف های هـرز بـرای هر یک از تیمارهـای آزمایـشی بـه صـورت جداگانـه و یکسان انجام گرفت. به منظور ایجاد تـراکم مناسـب در هر کرت، در مرحله ٤ تا ٦ برگی اقدام به تنـک گیاهـان گردید تا تراکم مطلوب (۸۰ بوته در متر مربع) حاصل آید. جهت مبارزه با شته، در مرحله ساقه دهی تـا غنچه دهی از سموم دیازینون و درسبان به میزان توصیه شـده در فروردین ماه استفاده گردید. تـنش آبی از مرحله ٤-۳ برگی به ترتیب بصورت عدم تنش هر ٦ روز آبیاری، تنش ملایم هر ۱۲ روز آبیاری و تنش شدید هر ۱۸ روز آبیاری اعمال گردید.

جدول ۱- شرایط آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کهنه کند در سال‌های زراعی ۱۳۹٤- ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹

ماه	۱۳۹۵				۱۳۹٦			
	بارندگی میلی متر	متوسط دما °C	متوسط رطوبت (درصد)	تبخیر ماهانه میلی متر	بارندگی میلی متر	متوسط دما °C	متوسط رطوبت (درصد)	تبخیر ماهانه میلی متر
مهر	۲/٤	۱۵/۸	۵٦	۱۲۵/۵	۱۱/۵	۱۵/۱	۵۹	۱۰۵/۸
آبان	۱۵	۱۰/۱	٦۳	۵۱/٦	۵	۱۲/۷	۵۵	٦٤/۳
آذر	۲٤/۱	۲/۵	۰	۰	۹/۷	۳/۸	٦۷	٦/٤
دی	۱۵/۲	۲/۳	۷۳	۰	۱۰/٤	۵/۳	٦۹	۰
بهمن	٦۵/۷	۰/۷	۰	۰	–	–	–	–
اسفند	۲۷/۳	٦/۲	٤۹	۰	–	–	–	–
فروردین	٤٤/۵	۱۱/۱	٦۷	٤٦/۹	۱۳/٦	۱۲/٤	٦۲	۸۰/۲
اردیبهشت	۳۰/۷	۱۸/٤	٦۳	۱٤۵/۹	۱۵/۱	۱۸/٤	۵۳	۱۸٤/۵
خرداد	۲۵/۷	۲۲/۱	۵۵	۲۳۸/۷	۳/۵	۲۳/٦	٤۹	۲۸۳/۸

جدول۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

سال	عمق خاک (cm)	$pH_{(1:5)}$	EC ($dS\ m^{-1}$)	سیلت ٪	رس ٪	شن	نیتروژن ٪	پتاس	فسفر	آهن PPm	مس	روی	منگنز
۹۵-۹۴	۰-۳۰	۷/۸	۲/۷	۳٦	۳٤	۳۰	۰/۰۳٦	۲۰۰	٤	۲/٤۲	۰/۲۰	۰/۳۵	۷
۹٦-۹۵	۰-۳۰	۷/۳	۲/۱	–	–	–	۰/۰۲۹	۲٦۵	۷/۵	۲/۸٦	۰/۲۸	۰/۲٤	٦

در پایان فصل رشد و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه، در هر واحد آزمایشی یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه ای، مشخص و بوته‌های آن برداشت و شمارش گردید. محاسبه درصد روغن دانه به روش سوکسله انجام گرفت (دینگلرز، ۱۸۷۹). عملکرد روغن دانه نیز از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. درصد پروتئین به روش کجلدال به صورت حاصلضرب درصد نیتروژن در ضریب ثابت ٦/۲۵ تعیین گردید و عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین محاسبه شد. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد و در مواردی که اثر متقابل معنی‌دار شده بود، اثر تنش در سطوح نیتروکسین برای اثرات متقابل نیتروکسین × تنش و در سطوح رقم برای اثر متقابل تنش × رقم انجام گردید. جداول و نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Word و Excel ترسیم گردید. مقایسه میانگین دادهها توسط آزمون LSD در سطح ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی معنی دار بود، اما تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین تحت تاثیر سال قرار نگرفت. تنش خشکی بر کلیه صفات به جز تعداد دانه در غلاف اثر معنی دار داشت. کلیه صفات مورد بررسی تحت تاثیر رقم قرار گرفت در صورتیکه مصرف نیتروکسین تنها بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین اثر معنی داری داشت. در بین اثرات متقابل موجود در این بررسی اثر متقابل سال × تنش بر ارتفاع بوته و وزن هزار دانه، اثر متقابل رقم× نیتروکسین بر وزن هزار دانه، اثر متقابل تنش× رقم بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن، اثر متقابل تنش× نیتروکسین بر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین، اثر متقابل رقم × سال بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن و اثر متقابل نیتروکسین × سال بر تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه اثر معنی‌دار داشت. اثر متقابل سه گانه تنش× رقم × کود بر هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی دار نبود (جدول ۳).

جدول۳- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر فاکتورهای آزمایشی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین
سال (Y)	۱	۷۷۳/۳*	۳۵/۵۹**	۱۹/۵۹^{ns}	۱/۱۲۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۷۳۲۸^{ns}	۸۸٤/۱^{ns}	۸۵٦۱۸۰^{ns}
خطای اول	٤	٤۹/۲۰	۰/۳۵۲	٤۳/۱۸	۲٤/٤۹	۰/۰۰٤	٦۷۳۱٦	۲۰٦٦٤	۳۷۹۹۸٤
تنش خشکی (Ir)	۲	۵۹۰۹۸**	۲۹/۵۳**	۳۲۹۲**	۱/۲۳٦^{ns}	۱/۲۸۲**	۱۳۷۷۵۰۰۳**	۳۱۵۵۰۸۱**	۵۹۱۰۰٦۲**
Y×Ir	۲	۱۸۱۸**	۰/۲۸۷^{ns}	۲۷/۲٤^{ns}	۰/۲٦۱^{ns}	۰/۷۹٤**	۲۰۳۵۹۷^{ns}	٤۸٤۷۵^{ns}	۲۱۷۰٦۹^{ns}
خطای دوم	۸	۱۱۷/۵	۰/۵۸۸	۹/۹۹٤	۱۵/٤۸	۰/۰۱۳	۸٦۱۳۱	۱۷٦۰۸	۱۲۷۹۷۸
رقم (C)	۲	۱٦۱۵**	٤۸/٦۹**	۸۳۹/۷**	۲۲٤/٦**	۱۰/۵٦**	٤٦٦۹۵۲۷**	۱۲۵۷٤۳٤**	۱۵۰۲٤٤*
نیتروکسین (N)	۱	۱۵۸/۹^{ns}	۱/۳۳۳^{ns}	۵۵۷/٦**	۰/۰۳۷^{ns}	۰/۰۹۷*	۲۱۸٤۵۳۳**	۲٦۸۳۰۳**	٦۰۲۸۳۹۱**
C×N	۲	۰/۷۳۲^{ns}	۰/۵۲۸^{ns}	۱۲/۲۷^{ns}	۰/۲۹٤^{ns}	۰/۰۷۸*	٤٦۵٤۱^{ns}	۱۹۷۱۰^{ns}	۹٦۳۷۷^{ns}
Ir×C	٤	۷۵/۱۵^{ns}	۰/۸۸۹^{ns}	۱۲۰/۳**	۱/۲۱۲^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۲۳۱۹۹٦**	٦۵۰٤۱**	۵۷۱۵٤^{ns}
Ir×N	۲	٦۹/۱۸^{ns}	۰/۷۵۰^{ns}	۱۰۵/۵**	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۱۳۷**	۵۵۱۷۵۰**	۸۵۲۲۷**	۳۵۹٦۸٤**
Y×C	۲	۳۷۹/۲**	۱/۲۳۱^{ns}	۹/۸٤۳^{ns}	۵/۲۱۹^{ns}	۰/٤۰۸**	۳۵٦۸۵۳**	٦۹۲۸۳**	۲۷۷۲٤^{ns}
Y×N	۱	٤۹/۳٤^{ns}	۱۳/۳۷**	۵۱/۵۳*	۰/٤۲۸^{ns}	۰/۱۳٦*	۹۱۸۵^{ns}	۱۳۵۸^{ns}	۱۲۰۰^{ns}
Ir×C×N	٤	۵/۰۰۹^{ns}	۱/۸٦۱^{ns}	۱/٤۱۱^{ns}	۰/۱۳٦^{ns}	۰/۰٦۷^{ns}	۷۳۷۵۲^{ns}	۲۱۳۰۲^{ns}	٤۰۹۹^{ns}
Y×Ir×C	٤	۳٤/٤۳^{ns}	۰/۱۷٦^{ns}	۱٦/٦۹^{ns}	۰/۱۸۳^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}	٦۳۲۵٦^{ns}	۱۱۱۸۲^{ns}	۱۱۵٤^{ns}
Y×Ir×N	۲	۸/٦۲۰^{ns}	۰/۲۸۷^{ns}	۲/۰۵۹^{ns}	۰/۳۰٤^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۳۸۹۷^{ns}	۲۵۹٤^{ns}	۹۲۸/۸^{ns}
Y×C×N	۲	۱/٦۷٦^{ns}	۲/۱۷٦^{ns}	۱٤/۹٦^{ns}	۰/۰٤٦^{ns}	۰/۰۱٦^{ns}	۵۷۹۸۸^{ns}	۱۱۵۱۳^{ns}	٤۵٤٤۸^{ns}
Y×Ir×C×N	٤	۸/٤۵٤^{ns}	۰/٤۲٦^{ns}	۱/۲۷۷^{ns}	۰/۰۸۰^{ns}	۰/۰٤۹^{ns}	۱۰٦۱۱^{ns}	۳۹۷٦^{ns}	۵۰۲۱^{ns}
خطای سوم	٦۰	۵۱/۲۵	۰/۹۹۸	۹/٦۸٤	۵/٦۱۸	۰/۰۲۳	۳۵۳٦۳	۹۳٦۵	۳۵۳۲۳
ضریب تغییرات (درصد)		٤/۸۱۲	۱٤/۷٤	۹/۵۵۱	۱۰/٦۹	٤/۹۹۷	۱۰/٦۸	۱۲/۳٤	۱۵/۰٦

*و** به ترتیب در سطوح احتمال ۱و۵ درصداز لحاظ آماری معنی‌دار هستند

ارتفاع گیاه

اثر متقابل سال × آبیاری بر ارتفاع بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). در هر دوسال مورد بررسی افزایش تنش خشکی به صورت معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع نهایی بوته شد. در سال اول تنش شدید در مقایسه با عدم تنش ارتفاع نهایی را ۵۷/۵ درصد و در سال دوم ٦۷/۲۵ درصد کاهش داد (جدول٤). تغییرات بیشتر ارتفاع در سال دوم را می توان به افزایش ناگهانی دما در اویل رشد طولی ساقه نسبت داد که سبب شده، گیاه با دریافت درجه روز رشد زودتر وارد مرحله گلدهی شده ودر نتیجه ارتفاع نهایی کاهش یابد. تنش کم آبی سبب کاهش فتوسنتز از طریق بسته شدن روزنه-ها و محدودیت در عوامل موثر بر فتوسنتز می‌شود و در نتیجه رشد رویشی کاهش می‌یابد (آکسورا و کری، ۲۰۱۱). افزایش مقدار آب آبیاری در شرایط آبیاری مطلوب سبب جذب کافی عناصر غذایی و فتوسنتز مناسب می‌شود. در نتیجه مواد غذایی به نحو مطلوبی تولید شده که با تخصیص آنها به رشد رویشی، سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شوند. در مطالعه تنویر و همکاران (۲۰۱٤) تنش خشکی در مرحله رشد زایشی تاثیر معنی داری بر کاهش ارتفاع گیاه داشت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. شروع گلدهی در کلزا با افزایش ارتفاع سریع گیاه از طریق افزایش فواصل بین گره‌ها و رشد ساقه گل‌دهنده همراه است. تنش خشکی در این مرحله با ایجاد اختلال در فرآیند فتوسنتز کلزا و کاهش ارسال مواد به بخش-های فوقانی باعث کاهش ارتفاع می‌شود (قدرتی، ۱۳۹۲).

اثر متقابل سال × رقم بر ارتفاع بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). ارقام مختلف کلزا طی سال‌های آزمایش روند متفاوتی از نظر صفت ارتفاع بوته نشان دادند. به‌طوری که در ارقام ناتالی و نپتون ارتفاع بوته در سال دوم آزمایش کمتر از سال اول بود. اما در رقم اکاپی شاهد افزایش غیرمعنی‌دار ارتفاع بوته در سال دوم آزمایش در مقایسه با سال اول بودیم (جدول۹). به نظر می‌رسد از یک سو، طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی (روز تا شروع گلدهی و روز تا پایان گلدهی) رقم اکاپی در مقایسه با ارقام نپتون و ناتالی و از سوی دیگر طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی ارقام کلزا در سال دوم آزمایش، منجر به افزایش ارتفاع بوته در این رقم گردیده است. برخی محققان تفاوت‌ها را برای صفت ارتفاع بین ارقام و گونه‌های براسیکا گزارش کردند (آروین و عزیزی، ۲۰۰۹).

جدول ٤- اثر متقابل سال و تنش برصفات مورد بررسی

	ارتفاع (سانتی متر)		وزن هزار دانه (گرم)	
سال	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦
بدون تنش	۲۰۰ a	۱۸۹ a	۳/۱ a	۳/۲۹ a
تنش ملایم	۱۳۷ b	۱۲٤ b	۲/۹۹ a	۳/۱٦ b
تنش شدید	۱۲۷ c	۱۱۳ c	۲/٦٦ b	۲/۵۹ c

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

تعداد شاخه فرعی

نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی تعداد شاخه فرعی کاهش یافت و بیشترین مقدار این صفت در شرایط بدون تنش به دست آمد. تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش ملایم کاهش ۱۰٪ و در شرایط تنش شدید خشکی کاهش ۳۱٪ داشت (جدول۵). توان تولید شاخه‌های فرعی در گیاه عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می‌آید. کمبود آب باعث کاهش فتوسنتز، کاهش گسترش سطح برگ‌ها و عدم تشکیل شاخه‌های جدید می‌گردد (عمادی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین تحت شرایط افزایش فواصل آبیاری و ایجاد تنش کم‌آبی، تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش می‌یابد و در نتیجه به کاهش تعداد شاخه اصلی در بوته در گیاه می‌انجامد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۱). اثر متقابل سال × نیتروکسین بر صفت تعداد شاخه فرعی در سطح ۵٪ درصد معنی دار گردید (جدول۳). به این صورت که در شرایط عدم کاربرد نیتروکسین، تعداد شاخه‌های فرعی در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول کاهش معنی‌داری داشت، اما این

کاهش در شرایط کاربرد نیتروکسین معنی‌دار نبود. مصرف نیتروکسین باعث افزایش ۲٪ تعداد شاخه فرعی در مقایسه با عدم مصرف نیتروکسین شد (جدول٦). با توجه به اثرات مثبت کود نیتروکسین بر گسترش سطح ریشه، کمک به جذب آب و عناصر غذایی شاهد افزایش فتوسنتز و در نهایت تخصیص مواد غذایی بیشتر به بخش‌های رویشی گیاه خواهیم بود. در واقع، با مصرف کود نیتروکسین به دلیل اثرات مستقیم فراهم بودن مواد غذایی مورد نیاز برای شکل گیری ساختار رویشی و زایشی گیاه، وجود نیتروکسین منجر به حجم سبزینه‌ای بالا و تعداد شاخه های فرعی بیشتر می‌شود (قربی و همکاران، ۱۳۹٦). از این رو، با کاربرد نیتروکسین تعداد شاخه‌های فرعی کلزا در سال اول و دوم آزمایش تغییر چندانی نداشت. در همین رابطه رسولی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی‌های خود نشان دادند که در بذور گلرنگ تلقیح شده با ازتوباکتر تعداد شاخه های فرعی افزایش یافت.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات مورد مطالعه در ارقام کلزا

فاکتور	تیمار	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال	۱۳۹۵	۷/٤ a	۳۳/۰ a	۲۲/۳ a	۳/۰۵ a	۱۷۷۳ a	۷۸۱ a	۳۰۱ a
	۱۳۹٦	٦/۲ b	۳۲/۲ a	۲۲/۱ a	۳/۰٤ a	۱۷٤۸ a	۷۸۷ a	۲۹۵ b
تنش خشکی	بدون تنش	۷/٦ a	٤۱/۷ a	۲۲/۳ a	۳/۲۱ a	۲۳۷۰ a	۱۰۸۰ a	۳۹۳ a
	تنش ملایم	٦/۹ b	۳۳/٤ b	۲۲/۲ a	۳/۰۸ b	۱۷۷۹ b	۷۸۵ b	۳۱٦ b
	تنش شدید	۵/۸ c	۲۲/۷ c	۲۲/۰ a	۲/۸٤ c	۱۱۳۳ c	٤۸۷ c	۱۸۵ c
رقم	ناتالی	٦/۳ b	۳۵/۹ a	۲۱/۹ b	۳/۲۸ b	۲۰٦۲ a	۹۳۳ a	۳۲۱ a
	اکاپی	۸/۱ a	۳٤/۸ a	۱۹/۸ c	۲/٤۳ c	۱۳٦۲ c	۵۷٤ b	۲٤۵ b
	نپتون	٦/۰ b	۲۷/۰ b	۲٤/۸ a	۳/٤٤ a	۱۸۵۸ b	۸٤٤ a	۳۲۱ a
نیتروکسین	کاربرد	٦/۹ a	۳٤/۹ a	۲۲/۲ a	۳/۰۸ a	۱۹۰۳ a	۸۳٤ a	۳۰۷ a
	عدم کاربرد	٦/۷ a	۳۰/۳ b	۲۲/۲ a	۳/۰۲ b	۱٦۱۸ b	۷۳٤ b	۲۸۳ b

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

جدول ٦- اثر متقابل سال و مصرف نیتروکسین برصفات مورد بررسی

	تعداد شاخه فرعی		تعداد غلاف در بوته		وزن هزار دانه (گرم)	
سال	۹۵	۹٦	۹۵	۹٦	۹۵	۹٦
مصرف نیتروکسین	۷/۸۱ a	٦/۸۸ a	۳٦ a	۳۳ a	۳/۱ a	۳/۱ a
عدم مصرف نیتروکسین	۵/۹٦ b	٦/٤٤ b	۳۰ b	۳۱ a	۲/۹ a	۳ a

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

تعداد غلاف در بوته

با توجه به نتایج مندرج در (جدول۳) اثر متقابل سال × نیتروکسین در سطح احتمال ۱٪، تنش × نیتروکسین و تنش×رقم در سطح ۵٪ معنی دار گردید. بین سال اول و دوم آزمایش در شرایط عدم کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین از نظر صفت تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌داری نداشت، اما کاربرد کود نیتروکسین تعداد غلاف در بوته را در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم افزایش داد. مقایسه تعداد غلاف در بوته در شرایط بدون تنش و شرایط تنش شدید کاهش ۸۳٪ داشت (جدول۵). همچنین مصرف نیتروکسین در مقایسه با عدم مصرف نیتروکسین باعث افزایش ۱۵٪ تعداد غلاف در بوته شد (جدول٦). رقم ناتالی در مقایسه با رقم اکاپی و نپتون در صفت تعداد غلاف در بوته اختلاف ۳٪ و ۳۲٪ داشت (جدول۵). تعداد غلاف به میزان زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مناسب هستند، به خصوص عناصر غذایی و رطوبت کافی وابسته است. همچنین در دسترس بودن نیتروژن از طریق مصرف کود و یا تلقیح با باکتری، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در رشد گیاه تأثیر دارد. به احتمال زیاد ترشح هورمون‌های رشد گیاهی به دلیل وجود باکتری‌های تثبیت کننده موجود در نیتروکسین و آزادسازی تدریجی مواد سبب تحریک رشد و افزایش تعداد غلاف در بوته شده است (زهیر و همکاران، ۲۰۰٤). نتایج این پژوهش مشابه با نتایج لطیفی‌نیا و همکاران (۱۳۹٦) بود که افزایش تعداد غلاف در بوته با مصرف کود نیتروکسین در گیاه ماشک برگ پهن را گزارش نمودند. براساس تحقیقات صورت گرفته توانایی ارقام در تولید و نگهداری غلاف‌ها کلزا متفاوت می‌باشد (صفی خانی و همکاران، ۱۳۹۵). قاسمیان اردستانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که تعداد خورجین در گیاه در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی به دلیل ریزش گل‌ها و سقط شدن خورجین‌ها کاهش یافت. به نظر می رسد کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش باعث عدم تامین مواد فتوسنتزی به میز ان کافی برای خورجین‌ها و ریزش آنها و در نهایت کاهش تعداد خورجین می شود (شیرانی و همکاران، ۱۳۸۸).

تعداد دانه در غلاف

مقایسه میانگین ها نشان داد که بین ارقام مختلف کلزا از نظر تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی داری وجود داشت. در این پژوهش رقم نپتون اختلاف ٪۱۳ با رقم ناتالی و۲۵٪ با رقم اکاپی داشت (جدول ۵). با توجه به اینکه ارقام ناتالی و اکاپی از تعداد غلاف بوته بیشتری نسبت به رقم نپتون برخوردار بودند ولی این رقم نپتون بود که تعداد دانه بیشتری در غلاف داشت. در همین رابطه (اسکندری تربقان ، ۱۳۹٤) بیان کردند که اغلب یک رابطه معکوس بین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف وجود دارد و این صفات با اندازه گیاه زراعی در ارتباط می‌باشند.

جدول ۷- اثر متقابل تنش و مصرف نیتروکسین برصفات مورد بررسی

	تعداد غلاف در بوته		وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)		عملکرد روغن (کیلو گرم در هکتار)		عملکرد پروتئین (کیلو گرم در هکتار)	
تنش	مصرف نیتروکسین	عدم مصرف نیتروکسین	مصرف نیتروکسین	عدم مصرف نیتروکسین	مصرف نیتروکسین	عدم مصرف نیتروکسین	مصرف نیتروکسین	عدم مصرف نیتروکسین	مصرف نیتروکسین	عدم مصرف نیتروکسین
بدون تنش	٤٥/٤٢ a	۳۸/۰۵ a	۳/۲۷ a	۳/۱۰ a	۲۵۱۸ a	۲۱۲۱ a	۱۱۷۰ a	۸۸۸ a	۳۸۵ a	۳۱۳ a
تنش ملایم	۳٦/۱۱ b	۲۷/۵۸ b	۳/۱۵ a	۳/۰۵ ab	۲۰۵۰ a	۱۵۰۷ b	۸٤٦ b	۸۲۲ b	۳۰۱ b	۲۹۳ a
تنش شدید	۲۳/۰۲ c	۲۵/۲۸ b	۲/۸۸ b	۲/۸۰ b	۱۱۳۹ b	۱۲۲٦ b	٤۸۳ c	٤۹۱ c	۲۱۵ c	۱۹۳ b

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

وزن هزار دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده می-شود اثر متقابل سال× نیتروکسین، تنش × نیتروکسین، رقم × نیتروکسین در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سال × تنش، سال× رقم در سطح ۵٪ معنی‌دار شدند. وزن هزار دانه در سال‌های مختلف آزمایش به واسطه کاربرد نیتروکسین متفاوت بود، به‌طوری که در شرایط عدم کاربرد نیتروکسین وزن هزار دانه در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مقابل به دنبال کاربرد نیتروکسین، افزایش غیرمعنی‌دار وزن هزاردانه در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول حاصل گردید. همچنین شرایط بدون تنش در مقایسه با تنش شدید موجب کاهش ۱۳٪ وزن هزار دانه شد (جدول ۵). مصرف نیتروکسین موجب افزایش وزن هزار دانه گردید. همچنین بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم نپتون بود. اصولاً کمبود آب در مراحل رشد کلزا و به خصوص مراحل زایشی این گیاه سبب کاهش طول دوره گل‌دهی تا رسیدگی گیاه شده و بدین سبب با کاهش طول پر شدن دانه کاهش وزن دانه‌ها نیز رخ می‌دهد (جباری و همکاران، ۱۳۹۵). تنش رطوبتی در مرحله گلدهی و در زمان پرشدن دانه ها از طریق کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها باعث کاهش وزن هزار دانه می شود (دانشمند و همکاران، ۲۰۰۸). اعمال تنش خشکی باعث زردی و ریزش برگ‌ها می‌شود و از طریق کوتاه شدن این دوره کاهش انتقال مواد غذایی به دانه باعث کاهش وزن هزاردانه می‌گردد (قربی و همکاران، ۱۳۹۶). محققان به کاهش وزن هزاردانه ناشی از تنش آبیاری در گیاه آفتابگردان اشاره داشته‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نیتروکسین می‌تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش عناصر غذایی درون گیاه، تأثیر مثبتی بر وزن هزاردانه داشته باشد (زمانی نوری و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به ژنتیکی بودن وزن هزاردانه، به‌نظر می‌رسد که در صورت تغذیه مناسب کودی به دلیل افزایش قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه، دانه‌های سنگین‌تری تولید می‌شود (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۲).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال × رقم، تنش × نیتروکسین، تنش × رقم درسطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). اثر متقابل سال‌های آزمایش و ارقام کلزا نشان داد که عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا در سال‌های آزمایش متفاوت بود و عملکرد دانه ارقام اکاپی و ناتالی در سال دوم کمتر از سال اول بود. این در حالی است که رقم نپتون در سال اول آزمایش عملکرد بیشتری نسبت به سال دوم حاصل کرد (جدول۹). در واقع معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم در سال بدین معنی است که ارقام کلزا عموماً در سال‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی را به شرایط محیطی متنوع از جمله تغییر میزان بارندگی و متعاقباً دمای محیط داشته‌اند (یوسفی، ۱۳۹٦).

بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و مصرف نیتروکسین با ۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در شرایط تنش شدید و عدم مصرف نیتروکسین با ۱۲۲٦ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول۷). همچنین بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ناتالی با ۲۷٤۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم اکاپی با ۷٦٤ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید حاصل گردید (جدول ۸). استفاده از کود نیتروکسین از طریق بهبود فعالیت میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد و نیز فراهمی عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسئله در نهایت موجب بهبود عملکرد دانه شده است (کارتیکیان و همکاران، ۲۰۰۸). درآزمایش های زیادی مشاهده شده است که افزایش عملکرد دانه کلزا در شرا یط نیتروژن بالای مصرفی،عمدتاً مربوط به تعداد خور جین بالاتر و وزن دانه بالاتر است در حالی که تعداد دانه در هر غلاف تحت تأثیر قرار نمی گیرد (هوکینگ و همکاران، ۱۹۹۵). نتایج این تحقیق با گزارش‌های دیگر محققان در رابطه با اثر تنش خشکی در کلزا، نیز همخوانی داشت (جباری و همکاران، ۱۳۹٤؛ فرجی و همکاران، ۲۰۰۹). بالاتر بودن تعداد غلاف در بوته، اختلافات ژنتیکی، تفاوت در طول دوره رویش و طول دوره گلدهی از عوامل ایجاد اختلاف عملکرد دانه در بین ارقام کلزا می‌تواند باشد (فنایی و همکاران، ۱۳۹٤). در این آزمایش به نظر می‌رسد مهمترین جزء مؤثر در افزایش عملکرد دانه رقم ناتالی نسبت به سایر ارقام تعداد غلاف در بوته‌ی بالا بود.

جدول۸- اثر متقابل تنش و رقم برصفات مورد بررسی

تنش	تعداد غلاف در بوته			عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)			عملکرد روغن (کیلو گرم در هکتار)			عملکرد پروتیین (کیلو گرم در هکتار)		
	ناتالی	اکاپی	نپتون	ناتالی	اکاپی	نپتون	ناتالی	اکاپی	نپتون	ناتالی	اکاپی	نپتون
بدون تنش	۴۳/۵	۴۱ a	۳۵ a	۲۷۴۰ a	۱۷۲۱ a	۲۵۴۸ a	۱۲۷۳ a	۷۲۸ a	۱۰۱۶ a	۳۴۲ a	۲۷۵ a	۳۲۹ a
تنش ملایم	۳۹ a	۴۰ a	۲۴ b	۲۰۹۵ b	۱۵۹۹ a	۱۷۴۱ b	۹۳۴ b	۶۷۷ a	۸۹۱ b	۲۶۴ b	۲۵۳ a	۲۷۵ b
تنش شدید	۲۴ b	۲۲ b	۲۱ b	۱۳۵۰ c	۷۶۴ b	۱۲۸۳ c	۵۹۱ c	۳۱۶ b	۵۵۴ c	۲۴۳ b	۱۷۲ b	۲۰۲ c

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

عملکرد روغن

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال × رقم، تنش × نیتروکسین، تنش × رقم در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شدند (جدول۳). بیشترین عملکرد روغن در شرایط بدون تنش و مصرف نیتروکسین با ۱۱۷۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد روغن در شرایط تنش شدید با ۴۸۳ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (جدول ۷). عملکرد روغن دانه‌ی ارقام اکاپی و ناتالی در سال دوم کمتر از سال اول بود که البته این کاهش عملکرد معنی‌دار نبود. این در حالی است که رقم نپتون در سال اول آزمایش عملکرد بیشتری بیشتری نسبت به سال دوم حاصل کرد. در همین رابطه ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۲) و فنایی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند ارقامی که دارای عملکرد دانه بالایی هستند، به همان نسبت عملکرد روغن بالایی در واحد سطح نیز دارند که با نتایج به دست آمده از این آزمایش تطابق داشت. در بین ارقام بیشترین عملکرد روغن مربوط به رقم ناتالی در شرایط بدون تنش با ۱۲۷۳ و کمترین عملکرد روغن مربوط به رقم اکاپی در شرایط تنش شدید با ۳۱۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۸). با توجه به اینکه عملکرد روغن تابعی از محتوای روغن و عملکرد دانه می‌باشد، در شرایط تنش با این که محتوای روغن افزایش می‌یابد، ممکن است به علت کاهش شدید عملکرد دانه ناشی از تنش کم‌آبی، عملکرد روغن با افت مواجه شود (شوبهارا و همکاران، ۲۰۰۴). از آن جایی که همبستگی بالایی بین عملکرد دانه و روغن وجود دارد می‌توان بیان داشت که لازمه تولید عملکرد روغن مطلوب، عملکرد دانه‌ی مطلوب است. همچنین نتایج نشان داد که روند افزایش عملکرد روغن دانه در ارقام مختلف کلزا طی سال‌های آزمایش مشابه با عملکرد دانه و وزن هزاردانه بود. بنابراین کاربرد کود زیستی نیتروکسین در سطوح تنش، می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در گیاه کلزا شود. تأمین میزان کافی عنصرهای غذایی می-تواند باعث افزایش کارایی ریزجانداران محرک شود، اگرچه در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای هم این باکتری‌ها قادر به افزایش رشد و عملکرد گیاه هستند (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول۹- اثر متقابل سال و رقم بر صفات مورد بررسی

سال	ارتفاع (سانتی متر)		وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)		عملکرد روغن (کیلو گرم در هکتار)	
	۹۵	۹۶	۹۵	۹۶	۹۵	۹۶	۹۵	۹۶
ناتالی	۱۵۰ b	۱۴۵ b	۳/۳۳ a	۳/۲۱ b	۲۷۴۰ a	۱۷۲۱ a	۹۵۰ a	۹۱۵ a
اکاپی	۱۵۵ a	۱۵۶ a	۲/۴۹ c	۲/۳۵ c	۲۰۹۵ b	۱۵۹۹ b	۶۰۱ c	۵۴۷ c
نپتون	۱۴۸ b	۱۳۶ c	۳/۳۱ a	۳/۵۵ a	۱۳۵۰ c	۷۶۴ c	۷۹۰ b	۸۹۷ b

در هر مقایسه، اختلاف میانگین‌ها در صورت داشتن حرف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش × نیتروکسین در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول۳). بیشترین عملکرد پروتئین در شرایط بدون تنش و مصرف نیتروکسین بود و کمترین عملکرد در شرایط تنش شدید و عدم مصرف نیتروکسین حاصل گردید (جدول۷). زمانی که گیاهان با تنش‌های محیطی از جمله خشکی مواجه می‌شوند، مواد آلی با وزن مولکولی پایین مانند پرولین را انباشته می‌کنند. این انباشتگی می‌تواند به دلیل تخریب ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین باشد که به اجزای سازنده خود تبدیل می‌شوند. هرچه مدت زمان تنش بیشتر باشد، پرولین بیشتری در گیاه ساخته می‌شود و در نتیجه میزان پروتئین بیشتری تخریب می‌گردد (محمدپور وشوایی و همکاران، ۱۳۹٦).

کاربرد کودهای زیستی موجب تثبیت نیتروژن می‌گردد که این عنصر ماده اولیه تشکیل دهنده پروتئین می‌باشد (محمدپور وشوایی و همکاران، ۱۳۹٦). مشابه با نتایج این پژوهش سجادی نیک و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که مصرف کود زیستی نیتروکسین موجب افزایش عملکرد پروتئین در گیاه کنجد گردید.

بیشترین عملکرد پروتئین دانه متعلق به ارقام ناتالی و نپتون بود با ۳۲۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد پروتئین مربوط به رقم اکاپی با ۲٤٥ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف آماری معناداری با یکدیگر داشتند (جدول۵). تفاوت در عملکرد پروتئین دانه در ارقام مختلف کلزا ممکن است مربوط به اختلاف ژنوتیپ‌ها در کارایی جذب عناصر غذایی از خاک و تفاوت در تبدیل عناصر جذب شده برای تولید ماده خشک و پروتئین باشد (چامورو و همکاران، ۲۰۰۲).

نتیجه گیری

بروز تنش خشکی در مراحل گلدهی، تشکیل و پرشدن دانه ها سبب کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و در نهایت کاهش عملکرد شد. نتایج نشان داد بین ارقام مورد بررسی از نظر صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت و تنش خشکی این صفات را در ارقام تحت تأثیر قرار داد. مصرف کود بیولوژیک نیتروکسین در شرایط بدون تنش باعث افزایش عملکرد دانه، روغن دانه و پروتئین دانه گردید. در صورتیکه در شرایط تنش خشکی نیتروکسین نتوانست سبب تعدیل تنش خشکی شود. نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دو سال آزمایش مشخص کرد که رقم ناتالی در مقایسه با سایر ارقام دارای بیشترین عملکرد دانه ، روغن دانه و پروتئین دانه در شرایط آبیاری بوده و همچنین سازگاری مناسبی نیز به شرایط تنش خشکی دارد. بنابراین، می توان رقم مذکور را به دلیل داشتن شاخص برداشت مطلوب تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش و همچنین بالاترین عملکرد دانه و روغن و مناسب ترین اجزای عملکرد دانه به عنوان رقم مناسب جهت کاشت در مناطقی مشابه منطقه اجرای آزمایش (بجنورد) که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد، توصیه نمود.

منابع

اسکندری تربقان. م. و م. اسکندری تربقان. ۱۳۹٤. تأثیر میزان بذر بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا در کشت بهاره تحت شرایط دیم، مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۸، شماره ۲: ۱٤۹ تا ۱۵۸.

جباری ح. غ. ع. اکبری. ن. ا. خوش خلق سیما. ا. ح. شیرانی راد. ا. اله دادی. ا. و ف. تاجدینی. ۱۳۹٤. بررسی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیک و کیفی کلزا تحت تنش آبی، مجله تنش‌های محیطی درعلوم زراعی. جلد ۸، شماره ۱: ۳۵ تا ٤۹

جباری. ح. ن. ا. خوش خلق سیما. غ. ع. اکبری. ا. اله‌دادی. ا. ح. شیرانی راد. و ع. حامد. ۱۳۹۵. بررسی رابطه سیستم ریشه‌ای با روابط آبی کلزا در شرایط تنش خشکی، به‌زراعی کشاورزی. جلد ۱۸، شماره ۱: ۱ تا ۱۹.

حشمتی. س. م. امینی دهقی. و ن. فتحی امیرخیز. ۱۳۹٦. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه، عملکرد روغن و اسیدهای چرب گلرنگ بهاره در شرایط کمبود آب، علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ٤۸، شماره ۱: ۱۵۹ تا ۱٦۹.

ربیعی. م. و م. جیلانی. ۱۳۹۱. اثر سطوح کود نیتروژن و فواصل کشت بر عملکرد دانه و خصوصیات مورفولوژیکی کشت دوم کلزا بعد از برنج، فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار. ص ۱۰۱ تا ۱۱۲.

رسولی. س. م. میرزاخانی و ن. ع. ساجدی. ۱۳۹۱. اثر تلقیح ازتوباکتر، کاربرد کود دامی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ پاییزه، یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۷، شماره ۲: ۱۱۳ تا ۱۲۵.

زمانی نوری. ع. ر. ع. قشقایی. و س. ع. حسینی ابری. ۱۳۹۲. تأثیر نیتروکسین بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین لوبیا در شرایط تنش خشکی، اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی با کاربرد الگوی زراعی.

سجادی نیک. ر. ع. ر. یدوی. ح. ر. بلوچی. و ه. فرجی. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۵، شماره ۳: ۸۷ تا ۱۰۱.

شاکری. ا. م. امینی دهقی. س. ع. طباطبایی. و س. ع. مدرس ثانوی. ۱۳۹۱. تأثیر کود نیتروژن و کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب ارقام کنجد در یزد، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۲۰، شماره ۱: ۷۴۲ تا ۷۵۰

شیرانی راد، ا.ح.، نعیمی، م و نضر اصفهانی، ش. ۱۳۸۹. ازیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا. مجله علوم زارعی. جلد ۱۲، شماره ۲: ۱۲۶-۱۱۲.

قربی. س. ا. ر. صادقی بختوری. ب. پاسبان اسلام. و ح. محمدی. ۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف پرایمینگ بذر بر بهبود عملکرد گلرنگ و اجزای آن در شرایط تنش آبیاری، مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۹، شماره ۳۱: ۴۲ تا ۵۲.

صفی خانی. س. ع. بیابانی. ا. فرجی. ع. راحمی کاریزکی. ع. ا. قلی زاده. و م. آذرنیا. ۱۳۹۵. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام بهاره کلزا تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۳، شماره ۲: ۵۳ تا ٦٦.

عمادی. ن. ا. ح. ر. بلوچی. ح. ر. و ش. جهانبین. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد، اجزاء عملکرد و برخی خصوصیات ریخت شناسی لوبیا چیتی در منطقه یاسوج، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۵، شماره ۲: ۱ تا ۱۷.

فنایی. ح. ر. غ. ع. کیخا. ن. ا. داوطلب. و ف. سراوانی. ۱۳۹٤. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در واکنش به کاشت تأخیری، نشریه زراعت (پژوهش سازندگی). جلد ۲۸، شماره ۳: ٦٥ تا ۷۳.

قدرتی، غ، ر، ۱۳۹۲، اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های کمی ژنوتیپ‌های امید بخش بهاره کلزا، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۷، شماره ۲۵: ٦۷ تا ۸۲

کوچکی، ع.ر و خواجه حسینی، م. ۱۳۹٦. زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۱۲ ص.

لطفی. پ. ق. محمدی‌نژاد. و پ. گلکار. ۱۳۹۱. بررسی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ زراعی، مجله دانش زراعت. جلد ۵، شماره ۷: ۱ تا ۱٤.

لطیفی‌نیا. ا. ن. اکبری. ف. نظریان فیروزآبادی. و س. حیدری. ۱۳۹٦. بررسی تأثیر جهت خطوط کشت، کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماشک پهن برگ. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۵، شماره ۳: ٦٤٨-٦٣٩.

محمدپور وشوایی. ن. م. رمرودی. و ب. ع. فاخری. ۱۳۹٦. اثر تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ماریتیغال، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۹، شماره ۱: ۳۱ تا ٤۹.

وطن دوست، ح. ، سید شریفی، ر. ، فرزانه، س. و حسن پناه، د. ۱۳۹٦. پر شدن دانه و ترکیب برخی اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus L*) با کاربرد کودهای زیستی و قطع آبیاری. دانش کشاورزی وتولید پایدار. جلد ۲۷، شماره ٤: ۲۳-۳۷

یوسفی، ع، ۱۳۹٦، ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در سه گونه کلزا تحت شرایط محدودیت آبیاری، تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۱۰، شماره ۲: ۲۵۷ تا ۲٦۷.

Abrahemi, M., Gh. A., Akbari, Gh. A., Akbari, and Samadi B., Firozabadi. 2012. Effect of sowing date on seed yield and its components of canola cultivars in varamin region in iran. Seed and Plant. 28: 68-80

Akcura, M., S., Ceri. 2011. Evaluation of drought tolerance indices for selection of Turkish oatlandraces under various environmental conditions. Zemdirbyste-Agriculture. 98(2): 157-166

Arsac, J.F., C. Lamothe., D. Mulard., and J. Fages. 1990. Growth enhancement of maize through azospirillum inoculation: effect of plant genotype and bacterial concentration. Agronomy. 10: 649-654.

Arvin, P., M., Azizi. (2009). A comparison of yield, harvest index and morphological characters of spring cultivars of the oilseed rape species. J. Crop Prod. Electronic Journal of Crop Production. 2: 1-14

Bhatia, V.S., P.S.P., Singh, G.S., Wani, A.V.R., Chauhan, A.K., Kesava Rao, K.,Mishra, K., Srinivas. (2008). Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using cropgro-soybean model. Agr. Forest. Meteorol. 148:1252-1265.

Chamorro, A.M., L.N., Tamagno, R., Bezur, and S.J., Sarandon. 2002. Nitrogen accumulation, partitioning and different nitrogen-use efficiency in canola under nitrogen availabilities. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33(3-4): 493-504.

Daneshmand, A.R., A.H., Gh., Shirani-Rad, Gh., Nourmohammadi. and J., Daneshian. (2008). Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus L.*) cultivars. Iran. J. Crop Sci., 10 (3): 244-261.

Fanaei, H.R., M., Galavi, A., Ghanbari Bongar, M., Solouki. and M.R., Naruoei-Rad. (2008). Effect of planting date and seeding rate on grain yield and yield components in two rapeseed (Brassica napus L.) cultivars under Sistan conditions. Iranian J. Crop Sci., 10(2): 15-30.

Faraji, A., N., Latifi, A., Soltani, and A.H., Shirani Rad. (2009). Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus L.*) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 96, 132-140.

Ghasemyan Ardestani, H., Shirani Rad, A. H., and Zandi, P. 2011. Effect of drought stress on some agronomic traits of two rapeseed varieties grown under different potassium rates. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 5(12): 2875-2882.

Jenks, M. A., and Hasegawa, P. M. 2005. Plant abiotic stress. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 270 pp.

Kartikeyan, B.C., G.M., Abdul Jaleel., A., Lakshmanan, and M., Deiveekasundaram. (2008).Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces. 62: 143-145.

Majidi, M. 2012. Identification of canola cultivars for drought tolerance in germination Journal of Crop and seedling growth stages using principal component analysis. Production and Processing. 4: 41-52.

Pereyra-Irujo, G.A., and L.A.N., Aguirrezabal, (2007). Sunflower yield and oil quality interactions and variability: Analysis through a simple simulation modek. Agricultural and forest meteorology. 143: 252-265.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 407p.

Shubhra, K., J. Dayal, C. Goswami, and R. Munjal. 2004. Effects of water-deficit on oil
of Calendula aerial parts. Biol. Plantarum. 48:445-448.

Tanveer, U. H., Anser, A., Sajid, M. N., Muhammad, M. M., and Muhammad, I. 2014. Performance of canola cultivars under drought stress induced by withholding irrigation at different growth stages. Soil Environment 33(1): 43–50.

Yasari, E., A. Patwardhan. 2007. Effects of (*Azotobacter and Azospirillum*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus L.*). Asian J. Plant Sci 6:77-82.

Zahir, A.Z., M., Arshad, and W.F., Frankenberger. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: perspectives in agriculture. Advances in Agronomy. 81: 97-168. Applications and

The effect of nitroxin application and irrigation levels on quantitative and qualitative traits of rapeseed cultivars

M.R. Safari[1], A. Faraji[2], M.R. Dadashi[3], M. Armin[4]

Received: 2020-2-15 Accepted: 2020-10-18

Abstract

In order to investigate the quantitative and qualitative response of autumn rapeseed cultivars to nitroxin biological fertilizer in drought stress conditions, a split plot factorial experiment was conducted based on complete randomized blocks design with 4 replications in the research farm of Agricultural Research and Training Center And the natural resources of Bojnourd city in 2015-2016 and 2016-2017. Factors were: drought stress at three levels (low, medium and serve) as the main plot and Nitroxin application (non-inoculation, inoculating with nitroxin), 3 rapeseed cultivar Natalie, Okapi and Neptune in factorial arrangment as the sub plot. Severe stress reduced the plant height (62.5%), the number of laterl branches (76.3%), the number of pods per plant (45.56%), the number of seeds per pod (1.3%), and the weight of 1000 seeds (11.52%) , seed yield (19.2%), seed oil percentage (5.5%) and seed oil yield (90.45%) compared to low stress conditions. Maximum plant height (156 cm) and number of laterl branches (8.1), seed number in pods (24.8) and weight of one thousand seeds (3.44 gr) were observed in Neptune cultivar, grain yield (2062 kg.ha^{-1}) and seed oil yield (933 kg.ha^{-1}) in Natali cultivar and protein yield (321 kg.ha^{-1}) in Natalie and Neptune cultivars. Overall, the results showed that the Natali was more tolerant to drought stress than other cultivars. Nitroxin also increased the tolerance of rapeseed to drought stress.

Key word: Keywords: Drought stress, cultivar, rapeseed, biological fertilizer, oil yield

1- PhD student of Agriculture, Department of Agriculture and Plant Breeding, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran
2- Professor, Department of Agriculture and Horticulture, Golestan Province Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran
3- Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran
4- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran