

تأثیر سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* بر صفات مرفوفیزیولوژیک و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.)

مونا سروری^۱، سید محمدرضا احتشامی^{۲*}، محمد ربیعی^۳، مهدی رضانی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵)

چکیده

به منظور بررسی اثر سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* بر صفات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)، آزمایشی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل تلقیح بذری انواع سویه‌های /زتوباکتر (سویه های ۶، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۵، ۲۸، ۳۵ و ۳۸) و کاربرد کودهای شیمیایی (کاربرد کود اوره به طور کامل) و شرایط بدون تلقیح بذر (تیمار شاهد) بودند. نتایج نشان داد که /زتوباکتر بر تمامی صفات به جز ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی اثر معنی‌داری داشت. تیمار تلقیح با سویه ۳۵/زتوباکتر بیشترین فاصله اولین شاخه فرعی خورجین‌دار تا زمین را دارا بود، در حالی که سویه ۱۴/زتوباکتر بیشترین طول خورجین، وزن خشک و تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص داد. /زتوباکتر سویه ۱۲ نیز بیشترین قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک و عملکرد دانه و اجزای عملکرد را ایجاد کرد. به طور کلی سویه‌های ۱۲، ۱۴ و ۹/زتوباکتر نسبت به سایر سویه‌ها اثر مثبت بیشتری بر صفات مورد بررسی نشان دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از /زتوباکتر کروکوکوم باعث افزایش صفات کمی و کیفی کلزا نسبت به کاربرد کود اوره کامل می‌شود و ضمن صرفه جویی در مصرف کود و کاهش تخریب محیط زیست می‌توان از آن به عنوان مکمل کود شیمیایی اوره استفاده کرد.

کلید واژه: اجزای عملکرد، /زتوباکتر، تلقیح، عملکرد، کلزا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گیلان.

۲- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، (مکاتبه کننده)

۳- کارشناس ارشد موسسه تحقیقات برنج کشور،

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* پست الکترونیک: smrehteshami@yahoo.com

مقدمه

کلزا پس از سویا و نخل روغنی، سومین منبع تولید روغن نباتی جهان به شمار می‌رود که با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی و واردات روغن و خروج سرمایه‌های ارزی فراوان از کشورمان، توجه به گیاهان روغنی و به خصوص کلزا به دلیل درصد بالای روغن (بیش از ۴۰ درصد)، پتانسیل عملکرد بالا و سازگاری با شرایط آب و هوایی کشور ایران، افزایش یافته و کاهش چشمگیری در میزان واردات روغن را می‌توان انتظار داشت (Shirani Rad & Dehshiri, 2003). تلاش برای استفاده هر چه بیشتر از راه‌حل‌های زیستی برای تغذیه بهینه گیاه و تأمین سلامت آن، نمودهای روشنی را برای کارشناسان بخش کشاورزی ایجاد نموده است. بنابراین اتخاذ شیوه‌های نوین مدیریتی، با حفظ ساختار طبیعی سیستم زنده خاک، امری ضروری به نظر می‌رسد. کاربرد کودهای زیستی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز سودبخش بوده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (Khavazi et al., 2005). تعداد زیادی از ریزجانداران خاک که در ریزوسفر گیاهان زندگی می‌کنند، قادرند با مکانیزم‌های متفاوتی، رشد گیاه را بهبود بخشند. این موجودات در مجموع، ریزجانداران محرک رشد گیاه نامیده می‌شوند (Nelson, 2004; Timmusk, 2003). هنوز مکانیسم باکتری‌های محرک رشد به طور کامل مشخص نشده، ولی به نظر می‌رسد تولید فیتوهورمون‌ها، تثبیت نیتروژن (Mrkovack, 2001)، مقابله با ریزجانداران بیماری‌زا از طریق تولید سیدروفور، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و یا ترکیبات قارچی (Ahmad et al., 2005) و انحلال فسفات معدنی و دیگر عناصر غذایی (Ananthanaik et al., 2006) از خصوصیات مهم محرک رشد آن‌ها باشد. *ازتوباکتر* از باکتری‌های آزادزی و یکی از رایج‌ترین کودهای زیستی است. *ازتوباکتر* متعلق به خانواده *ازتوباکتریاسه* می‌باشد که علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی اتمسفر، از طریق افزایش تحرک و قابلیت

جذب عناصر غذایی و به‌ویژه تولید فیتوهورمون‌های رشد گیاهی موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شوند (Mrkovack, 2001). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که تلقیح گیاهان مختلف نظیر گندم (Al-Noaim & Mahmoodi et al., 2004)، برنج (Mirzakhani et al., 2009)، گلرنگ (Hamad, 2004)، ذرت (Amirabadi et al., 2007) و آفتابگردان (Roshdi et al., 2009) با *ازتوباکتر*، از طریق افزایش پارامترهای رشدی از قبیل سطح برگ، وزن خشک، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی می‌تواند بر عملکرد گیاهان نیز تأثیر بسزایی داشته باشد. میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2009) علاوه بر مشاهده افزایش عملکرد گلرنگ با تلقیح باکتری *ازتوباکتر*، بر افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول تأکید کردند. رخزادی و همکاران (Rokhzadi et al., 2008) افزایش عملکرد نخود تلقیح یافته با *ازتوباکتر* را به علت افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم و تولید هورمون‌های محرک رشد دانسته‌اند. پالای (Palai, 2005) نیز تأثیر *ازتوباکتر* را بر ۵ رقم کلزا مورد آزمون قرار داده و مشاهده کرد که وزن خشک و طول ریشه ارقام تلقیح داده شده با این باکتری‌ها در مقایسه با شاهد، به طور معنی‌داری افزایش یافت. تلفیقی از *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و قارچ *تریکودرما* بر کلزا، افزایش معنی‌داری در ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه داشته است (Ekram & Mahfouz, 2010). هدف از انجام این تحقیق بررسی بهره‌گیری از کود زیستی به عنوان یک مکمل کودی و ارزیابی نتایج مصرف کود زیستی بر صفات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور، با طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه‌ی شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریاهای

کیسه حاوی بذر و ماده چسباننده برای مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد تا سطح کلیه بذرها به طور یکنواخت چسبناک شود. پس از آن، از مایه تلقیح به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایه تلقیح به بذرها، بذرهای آغشته به مایه تلقیح بر روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن گردید تا بذرها خشک شدند. در تیمار بدون تلقیح نیز محیط کشت بدون باکتری با بذرها مخلوط شد تا شرایط برای تمام تیمارها یکسان باشد. کاشت در نیمه اول آبان ماه ۱۳۸۸ به عمق یک سانتی متر با دست انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۴ سانتی متر در نظر گرفته شد. هر کرت، شش ردیف کاشت به طول پنج متر را شامل شد. فاصله بین دو تیمار، ۰/۵ متر و فاصله بین دو تکرار، سه متر در نظر گرفته شد. در تیمار شاهد در دو مرحله از رشد گیاه، کود اوره به صورت سرک به گیاه اضافه شد. بعد از سبز شدن گیاهچه و رسیدن آن‌ها به مرحله سه تا چهار برگی، تنک کردن بوته‌های اضافی صورت گرفت. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد و کلیه عملیات داشت در همه تیمارها به طور یکسان انجام گرفت. عملیات برداشت زمانی صورت گرفت که قسمت انتهایی بوته زرد شده (حدود ۷ ماه پس از کاشت)، خورجین خشک و به رنگ زرد درآمده و رطوبت دانه به کمتر از ۳۰ درصد رسیده بود. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، حدود یک هفته قبل از برداشت، از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر از جمله ارتفاع بوته، قطر ساقه، فاصله اولین شاخه فرعی خورجین‌دار تا زمین، تعداد شاخه فرعی در بوته و طول خورجین اندازه‌گیری شدند. سپس برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک از جمله سطح برگ طی ۵ مرحله نمونه برداری، به تعداد ۵ بوته از هر کرت انتخاب و برگ‌ها و ساقه‌های سبز نمونه‌ها جدا شدند. پس از جداسازی برگ‌ها از ساقه، سطح آنها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Licore 3100 Area Meter, USA) اندازه‌گیری شد. پس از

آزاد، با آب و هوای مدیترانه‌ای و در ۱۰ کیلومتری شهرستان رشت به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل تلقیح بذر کلزا با سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* بودند. رقم مورد استفاده، هایولا ۴۰۱ بود. تیمارهای آزمایش در ۱۶ سطح در نظر گرفته شدند که شامل استفاده از کودهای شیمیایی و بدون تلقیح بذر (تیمار شاهد) و تلقیح بذر با انواع سویه‌های *ازتوباکتر* (سویه-های ۶، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۵، ۲۸، ۳۵ و ۳۸) بودند. باکتری‌های محرک رشد مورد نظر ابتدا از بانک میکروبی آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شدند. جمعیت باکتری‌های *ازتوباکتر* بومی خاک، $10^7 \times 1/3$ CFU و جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، 10^8 CFU × ۵ برآورد شد. ماده حامل باکتری‌ها نیز پرلیت بود. ابتدا سویه‌های مورد نظر در محیط کشت مایع وینوگرادسکی کشت داده شدند و جمعیت میکروبی بر اساس معیار مک‌فارلند در هر میلی‌لیتر یکسان گردید. ۴۸ ساعت پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، جمعیت آنها به روش شمارش کلونی Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی از جمله LG شمارش گردید و سپس حجم مساوی از آن‌ها تهیه شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد (Narula et al., 2000). قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک، نمونه-برداری انجام و در آزمایشگاه تجزیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ گزارش شده است. همراه با دیسک، کودهای شیمیایی پایه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم و نیتروژن خالص از منبع اوره به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت به خاک افزوده شد. در تیمارهایی که بایستی بذرها با این ریزسازواره‌ها تلقیح می‌شدند، پس از محاسبه میزان بذر برای هر تیمار و ریختن بذرهای کلزا در داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی، مقدار ۲۰ میلی-لیتر محلول شکر ۲۰ درصد به آن اضافه شد. آنگاه

پس از برداشت به مدت ۱ تا ۲ روز در هوای آزاد و در معرض آفتاب قرار گرفتند تا کاملاً خشک شدند. زمانی که رطوبت دانه به ۱۲ درصد رسید، محصول هر کرت به طور جداگانه، خرمن کوبی و دانه‌ها از خورجین جدا شدند و با استفاده از ترازوی دقیق، توزین و به کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند. سپس برای تعیین تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین‌ها در ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی ۱۰ بوته، برای شمارش تعداد دانه در خورجین، ۲۰ عدد خورجین از هر گیاه از ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد آن‌ها شمارش و ثبت گردید و برای تعیین وزن هزاردانه ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌های هر کرت به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، توزین و ثبت شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین نیز با استفاده از روش LSD انجام شد.

اندازه‌گیری سطح برگ، برگ‌ها به همراه ساقه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس وزن خشک آنها با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی، در زمان گلدهی، از ردیف‌های دوم و پنجم هر کرت آزمایشی پس از حذف تاثیر حاشیه‌ای، چهار بوته انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، خشک شدند. عصاره گیاه با استفاده از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیک و آب اکسیژنه استخراج شده، از عصاره گیاهی حاصل از روش هضم با استفاده از دستگاه کجل‌تک، میزان نیتروژن گیاه اندازه‌گیری شد (Hanson, 1950). در پایان فصل رشد، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، عمل برداشت از فضای عملکرد به مساحت ۴ متر مربع صورت گرفت. بوته‌های موجود

جدول ۱. برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some of soil physical and chemical properties of experimental site

EC (dS/m)	فسفر Phosphorus (ppm)	مواد آلی Organic matter (%)	پتاسیم Potassium (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	pH	بافت Texture
1.32	10	1.75	178	0.27	7.57	رس سیلتی Silty clay

طول‌تر باعث افزایش فتوسنتز در گیاه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن دانه و عملکرد گیاه می‌گردد. همچنین ارتفاع بلند بوته می‌تواند در نفوذ نور به درون سایه‌انداز، دخالت داشته باشد (Ozer, 2003). تلقیح بذر بر قطر ساقه، اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). /زتوباکتر با اثر افزایشی بر روی قطر ساقه، می‌تواند در مقاومت کلزا نسبت به عوامل محیطی و ورس بوته کمک زیادی کند.

نتایج و بحث

تلقیح بذر بر ارتفاع بوته، اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). گرچه اثر /زتوباکتر بر این صفت، غیر معنی‌دار است، ولی افزایش ارتفاع در برخی از سویه‌ها نسبت به شاهد صورت گرفت. افزایش ارتفاع کلزا با تشکیل محور گل آذین بلندتر و تعداد گل و خورجین بیشتر همراه است. در مرحله پر شدن دانه‌ها به علت ریزش برگ‌ها، فتوسنتز گیاه توسط خورجین‌ها و شاخه‌ها صورت می‌گیرد. از این رو داشتن ساقه‌های

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *ازتوباکتر کروکوکوم*
 Table 2. Analysis of variance (mean squares) for morphological traits of canola under the influence of
Azotobacter chroococcum different strains

طول خورجین Length of silique	فاصله اولین شاخه فرعی تا زمین Distance of the first secondary branch until ground	تعداد شاخه فرعی Number of secondary branches	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O.V
0.07 ^{ns}	12.8 ^{ns}	1.28 ^{ns}	4.24 ^{ns}	88.62 ^{ns}	2	تکرار Replication
0.16 ^{**}	40.25 ^{**}	0.8 ^{ns}	1.18 ^{ns}	62.7 ^{ns}	15	باکتری Bacteria
0.06	11.59	0.55	1.16	43.74	30	خطا Error
3.35	16.51	13.51	13.68	6.04	-	CV

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

^{ns} and ^{**} are non-significant and significant at 1% probability level, respectively

باشد. مزایای فاصله کمتر خورجین از سطح زمین این است که میزان خورجین‌های تشکیل شده در واحد سطح افزایش می‌یابد و اما معایب آن این است که در برداشت مکانیزه می‌تواند دچار مشکل شود.

تلقیح بذر بر تعداد شاخه فرعی در بوته اثر معنی داری نداشت (جدول ۲). شاخه‌دهی بر عملکرد دانه از طریق تأثیر بر رشد، تعداد و وضعیت ساختارهای زایشی اثر می‌گذارد و دارای اهمیت می‌باشد. عواملی مثل تابش دریافتی توسط گیاه و تغذیه گیاهی بر تعداد، طول و توزیع شاخه‌ها در گیاه موثر می‌باشد (Nielsen, 1997). یساری و همکاران (Yasari *et al.*, 2009) مشاهده کردند که *ازتوباکتر*، تعداد شاخه فرعی را ۱۱/۷۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. به-طور کلی *ازتوباکتر* با اثر مثبتی که بر این صفت در گیاهان مختلف از قبیل کلزا (Ekram & Mahfouz, 2010; Asghar *et al.*, 2004) (Mahfouz & Sharaf-Edin, 2007) داشته، می‌تواند به‌طور غیرمستقیم در افزایش عملکرد دانه دخیل باشد.

تلقیح بذر بر فاصله اولین شاخه فرعی خورجین‌دار تا زمین در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سویه ۳۵ با میانگین ۲۵/۳۳ سانتی‌متر، بیشترین فاصله را داشت و کمترین فاصله توسط سویه ۱۲ با میانگین ۱۲/۳۳ حاصل شد (جدول ۳). تولید هورمون جیبرلین، از تولید شاخه‌های جانبی جلوگیری کرده و حتی این شاخه‌ها در ارتفاع بالاتر تولید می‌شوند (Zahir *et al.*, 2004). به نظر می‌رسد که *ازتوباکتر* با تولید این هورمون توانسته است فاصله اولین شاخه فرعی را تا زمین افزایش دهد. دلیل دیگر که می‌تواند در افزایش این فاصله دخیل باشد، این است که *ازتوباکتر* باعث افزایش سطح برگ کلزا شده است. بنابراین با افزایش سطح برگ، نفوذ نور به اعماق کاهش پیدا می‌کند که کاهش نور، کاهش میزان مواد فتوسنتزی را در پی دارد که می‌تواند دلیلی بر افزایش این فاصله شود. پایین بودن ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین هم می‌تواند دارای مزایا و معایبی

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *ازتوباکتر کروکوکوم*Table 3. Means comparison for morphological traits of canola under the influence of *Azotobacter chroococcum* different strains

سویه	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	فاصله اولین شاخه فرعی تا زمین	طول خورجین
Strain	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	number of secondary branches	distance of the first secondary branch until ground (cm)	length of silique (cm)
Control	107 ^{abc}	7.6 ^{ab}	5.49 ^{ab}	21.18 ^{abc}	7.53 ^{bcd}
6	115.66 ^a	7.2 ^{ab}	5.3 ^{ab}	23 ^{ab}	7.1 ^e
9	111.72 ^{ab}	8.05 ^{ab}	6.44 ^a	23.38 ^{ab}	7.74 ^{abc}
11	111.25 ^{abc}	7.92 ^{ab}	5.49 ^{ab}	21.29 ^{abc}	7.56 ^{bcd}
12	112.22 ^{ab}	8.97 ^a	6.11 ^{ab}	12.33 ^e	7.9 ^{ab}
13	106.56 ^{abc}	7.88 ^{ab}	5.61 ^{ab}	20.29 ^{abcd}	7.52 ^{bcd}
14	112.08 ^{ab}	8.33 ^{ab}	6.11 ^{ab}	14.53 ^{de}	8.01 ^a
15	110.66 ^{abc}	7.61 ^{ab}	5.83 ^{ab}	18.33 ^{bcd}	7.16 ^{de}
16	115.44 ^{ab}	7.88 ^{ab}	5.1 ^{ab}	22.21 ^{abc}	7.71 ^{abc}
19	112.38 ^{ab}	8.14 ^{ab}	5.44 ^{ab}	21.28 ^{abc}	7.75 ^{abc}
21	102.4 ^{bc}	6.44 ^b	4.66 ^b	22.32 ^{abc}	7.46 ^{cde}
23	98.55 ^c	6.99 ^{ab}	4.65 ^b	24.11 ^{ab}	7.44 ^{cde}
25	105.25 ^{abc}	7.44 ^{ab}	4.88 ^b	24.49 ^{ab}	7.57 ^{bcd}
28	110.71 ^{abc}	8.11 ^{ab}	5.83 ^{ab}	19.44 ^{abcd}	7.57 ^{bcd}
35	109.86 ^{abc}	8.1 ^{ab}	5.32 ^{ab}	25.33 ^a	7.53 ^{bcd}
38	107.44 ^{abc}	8.33 ^{ab}	5.88 ^{ab}	16.22 ^{cde}	7.63 ^{abc}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می باشند

Means with the same letter in each column have no significant difference ($P < 0.05$).جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص سطح برگ کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *ازتوباکتر کروکوکوم*Table 4. Analysis of variance (mean squares) for LAI of canola under the influence of *Azotobacter chroococcum* different strains

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
S.O.V	df	Leaf Area Index
تکرار	2	0.04 ^{ns}
باکتری	15	0.63 ^{**}
نمونه‌برداری	4	25.04 ^{**}
باکتری در نمونه‌برداری	60	0.05 ^{**}
خطا	158	0.02
CV	-	13.08

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد^{ns} and ^{**} are non-significant and significant at 1% probability level, respectively

روند. خورجین‌های طویل‌تر، سطح بیشتری دارند. سطح خورجین به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده فعال و نزدیک‌ترین منبع به دانه‌ها، نقش موثری در عملکرد دانه کلزا دارد (Mendham, 1991). خورجین کلزا و ساقه‌ها سهم عمده‌ای در فتوسنتز و پر شدن دانه‌ها دارند، چون برگ‌های کلزا با شروع رشد خورجین‌ها، شروع به ریزش می‌کنند. در بررسی‌های مختلف، مشخص شده است که خورجین کلزا دارای روزنه بوده و قادر به جذب کربن اتمسفر می‌باشند. بنابراین می‌توان تصور نمود تیماری که غلاف‌های بزرگتر و طویل-

تلقیح بذر بر طول خورجین در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲)، به‌طوری که مقایسه میانگین بین تیمارها مشخص کرد که سویه ۱۴ با میانگین ۸/۰۱ بیشترین طول خورجین را دارا بود که با سویه‌های ۱۲، ۱۹، ۹، ۱۶ و ۳۸ در یک سطح قرار داشت و سویه ۶ با میانگین ۷/۱ سانتی‌متر، کمترین طول خورجین را به خود اختصاص داد که از لحاظ آماری با سویه ۱۳، ۲۱، ۲۳ و ۱۵ در یک سطح قرار گرفت (جدول ۳). یکی از اقدام‌های مهم فتوسنتز کلزا از مرحله گلدهی تا رسیدگی، خورجین‌ها به شمار می‌

ارقامی از کلزا که دارای طول خورجین بیشتری هستند، عملکرد دانه بیشتری نیز دارند و دلیل این موضوع افزایش تعداد دانه در خورجین است. نتایج نشان داده است که گویا تلقیح کلزا با *ازتوباکتر* اثر مثبتی بر این صفت نشان داده که این نتیجه با آنچه گائور (Gaur, 2001) مشاهده کردند، مطابقت می‌کند.

تری داشته باشد، کارایی بیشتری در تولید دارد (Tommy & Evans, 1992). به نظر می‌رسد با افزایش طول خورجین، سطح خورجین نیز افزایش یافته و توانایی فتوسنتزی خورجین‌ها نیز بالا می‌رود (Mohammadi, 2009). آزادچگانی و بحرانی (Azadchegani & Bahrani, 2003) گزارش کردند که

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *ازتوباکتر کروکوکوم*

Table 5. Means comparison for LAI of canola under the influence of *Azotobacter chroococcum* different strains

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند

Means with the same letter in each column have no significant difference ($P < 0.05$).

نمونه‌برداری پنجم Sampling 5	نمونه‌برداری چهارم Sampling 4	نمونه‌برداری سوم Sampling 3	نمونه‌برداری دوم Sampling 2	نمونه‌برداری اول Sampling 1	سویه Strain
2.92 ^{cde}	2.92 ^{cde}	3.81 ^{de}	3.41 ^e	2.15 ^{bcd}	Control
2.72 ^g	2.72 ^g	3.61 ^f	3.2 ^f	1.99 ^f	6
2.84 ^{defg}	2.84 ^{defg}	4.13 ^{ab}	4.07 ^{ab}	2.34 ^a	9
2.98 ^{bcd}	2.98 ^{bcd}	3.91 ^{cd}	3.58 ^d	2.17 ^{bcd}	11
2.88 ^{def}	2.88 ^{def}	4.22 ^a	4.17 ^a	2.29 ^{ab}	12
3.16 ^a	3.16 ^a	4.14 ^{ab}	3.88 ^c	2.2 ^{abc}	13
3.16 ^a	3.16 ^a	4.17 ^a	4.02 ^{bc}	2.29 ^{ab}	14
2.77 ^{fg}	2.77 ^{fg}	3.67 ^{ef}	3.25 ^f	2.04 ^{def}	15
2.74 ^{fg}	2.74 ^{fg}	3.67 ^{ef}	3.22 ^f	2.02 ^{ef}	16
2.8 ^{efg}	2.8 ^{efg}	3.72 ^{ef}	3.3 ^{ef}	2.13 ^{cdef}	19
2.84 ^{defg}	2.84 ^{defg}	3.77 ^{de}	3.4 ^e	2.14 ^{cde}	21
2.84 ^{defg}	2.84 ^{defg}	3.78 ^{de}	3.31 ^{ef}	2.14 ^{cde}	23
2.77 ^{fg}	2.77 ^{fg}	3.71 ^{ef}	3.25 ^f	2.11 ^{cdef}	25
3.05 ^{abc}	3.05 ^{abc}	4.01 ^{bc}	3.6 ^d	2.17 ^{bcd}	28
2.86 ^{defg}	2.86 ^{defg}	3.8 ^{de}	3.4 ^e	2.15 ^{bcd}	35
3.08 ^{ab}	3.08 ^{ab}	4.1 ^{ab}	3.62 ^d	2.18 ^{bcd}	38

کمترین شاخص سطح برگ را داشتند. در نمونه‌برداری سوم، سویه ۱۲ و ۱۴ با میانگین ۴/۲۲ و ۴/۱۷ و سویه‌های ۱۳، ۹ و ۳۸ با میانگین ۴/۱۴، ۴/۱۳ و ۴/۱۱ بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند، در حالی که سویه ۶ با میانگین ۳/۶۱ کمترین شاخص سطح برگ را داشت. در نمونه‌برداری چهارم، سویه‌های ۱۳ و ۱۴ با میانگین ۳/۱۶ و سویه‌های ۲۸ و ۳۸ با میانگین ۳/۰۵ و ۳/۰۸ بیشترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص دادند و کمترین آن مربوط به سویه ۶ با میانگین ۲/۷۲ بود. در نمونه‌برداری پنجم، سویه ۱۲ به همراه سویه ۹ با میانگین ۳/۰۳ و ۲/۹۱ بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند، در حالی که سویه‌های ۶ و ۱۶ با میانگین ۲/۰۷ و ۲/۰۸ کمترین شاخص سطح برگ را ایجاد کردند

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که *ازتوباکتر* بر شاخص سطح برگ کلزا اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سویه ۹ با میانگین ۲/۳۴ در نمونه‌برداری اول بیشترین شاخص سطح برگ را داشت که از نظر آماری با سویه‌های ۱۲، ۱۴ و ۱۳ با میانگین به ترتیب ۲/۲۹، ۲/۲۹ و ۲/۲ در یک سطح قرار گرفت. کمترین شاخص سطح برگ را سویه ۶ با میانگین ۱/۹۹ به خود اختصاص داد. در نمونه‌برداری دوم، سویه ۱۲ با میانگین ۴/۱۷ بیشترین شاخص سطح برگ را داشت که سویه ۹ نیز با میانگین ۴/۰۷ از لحاظ آماری با سویه ۱۲ در یک سطح قرار گرفت. در این زمان سویه‌های ۶، ۱۵، ۱۶ و ۲۵ با میانگین ۳/۲، ۳/۲۵، ۳/۲۲ و ۳/۲۵

وزن خشک را دارا بود. سویه ۹ با میانگین ۱۲۱۱/۰۳ گرم در مترمربع بیشترین وزن خشک و سویه ۱۹ با میانگین ۱۱۰۶/۳۲ گرم در مترمربع کمترین وزن خشک را در نمونه‌برداری چهارم ایجاد کردند. در نمونه‌برداری پنجم مشاهده شد که سویه ۱۲ با میانگین ۹۹۸/۴۳ گرم در مترمربع، بیشترین و سویه ۶ با میانگین ۹۲۳/۱۶ گرم در مترمربع کمترین وزن خشک را سبب شد (جدول ۵). توران و همکاران (Turan et al., 2011) شاهد افزایش رشد گندم تلقیح‌شده با باکتری بودند. در تحقیقی دیگر نیز ذکر شد که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش وزن خشک ساقه و ریشه در گیاهچه‌های برنج می‌گردند (Ashrafuzzaman et al., 2009). پیرومیو و همکاران (Piromyou et al., 2011) به این نتیجه رسیدند که تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با *Sodoumonas* و *باسیلوس* باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شود.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تلقیح بذر بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین بین تیمارها مشخص کرد که سویه ۱۲ با میانگین ۳۵۳۲/۴۳ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد و سویه ۶، ۱۵ و ۱۶ به ترتیب با میانگین ۳۲۴۱/۱، ۳۲۵۴/۹۸ و ۳۲۵۲/۹۷ کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۷). تلقیح بذر با باکتری محرک رشد میزان جذب مواد غذایی را به وسیله گیاهان افزایش داده، که این افزایش جذب مواد غذایی در گیاهان تلقیح یافته را می‌توان به تولید مواد محرک رشد در ریشه نسبت داد. به این صورت که *ازتوباکتر* با تولید هورمون‌هایی از جمله اکسین به رشد ریشه کمک کرده و از طریق آن باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی می‌شود. به عبارتی، این مواد باعث می‌شوند تا نمو ریشه، تحریک و جذب آب و عناصر غذایی از خاک، تسهیل شود. این باکتری‌ها با تولید مواد محرک رشد دیگری از جمله جیبرلین و سیتوکنین در افزایش رشد ریشه نیز مؤثر هستند. همچنین فعالیت باکتری سبب تحریک کلونیزه شدن ریشه گیاهان می‌شود که این اثر با افزایش رشد و عملکرد مرتبط است (Sattar and Gaur, 1987).

(جدول ۵). این نتایج با نتایج غلامی و همکاران (Gholami et al., 2009) در ذرت مطابقت دارد. قلی-زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2009) به این نتیجه رسیدند که ریزجانداران نقش مهمی در تقسیم سلولی و در توسعه و رشد گیاه از خود نشان می‌دهند. باکتری‌ها در جذب عناصر و تولید هورمون سیتوکنین مؤثرند. بنابراین با تقسیم سلولی بیشتر و توسعه سلول-ها می‌توانند سطح برگ را افزایش دهند. افزایش سطح برگ با عملکرد رابطه مستقیم دارد و با افزایش سطح برگ، عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2011) گزارش نمودند که محلول-پاشی باکتری‌های محرک رشد، سبب افزایش طول و پهنای برگ ذرت شد. این نتایج با نتایج آمال و همکاران (Amal et al., 2010) مبنی بر افزایش سطح برگ سورگوم تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد مطابقت دارد. برخی از محققین دیگر نیز دریافته‌اند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش سطح برگ می‌شوند (Ehteshami et al., 2010 a,b; Stijn et al., 2009). از آنجائی که برگ‌ها اندام اصلی فتوسنتز کننده در گیاه می‌باشند، افزایش سطح برگ موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی بیشتری جهت استفاده بیشتر از نور موجود در محیط و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که *ازتوباکتر* بر وزن خشک کلزا در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سویه ۱۲ با میانگین ۳۴۶/۱۲ گرم بر مترمربع بیشترین وزن خشک بوته را در نمونه‌برداری اول داشت، در صورتی که سویه ۶ با میانگین ۳۲۲/۱۲ گرم در مترمربع کمترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد. در نمونه‌برداری دوم، سویه ۱۲ بیشترین وزن خشک را با میانگین ۶۲۳/۸۵ گرم بر مترمربع داشت، در حالی که سویه ۶ با میانگین ۶۱۲/۲۶ گرم در مترمربع، کمترین وزن خشک را ایجاد کرد. سویه ۱۲ در نمونه‌برداری سوم نیز بیشترین وزن خشک را با میانگین ۸۸۵/۱۱ گرم در مترمربع ایجاد کرد و سویه ۶ نیز در این زمان با ۸۲۳/۵۲ گرم بر مترمربع کمترین

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* / زتوباکتر کروکوکوم
 Table 6. Analysis of variance (mean squares) for grain yield and yield components of canola under the influence of *Azotobacter chroococcum* different strains

نیترژن Nitrogen	وزن هزاردانه 1000-grain weight	تعداد دانه در خورجین number of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته number of silique per plant	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O.V
0.0002 ^{ns}	0.08 ^{ns}	15.94 ^{ns}	1.46 ^{ns}	7985.05 ^{ns}	2	تکرار Replication
0.014 ^{**}	0.06 ^{ns}	8.82 [*]	5542.7 ^{**}	30393.81 ^{**}	15	باکتری Bacteria
0.0002	0.04	3.59	2.85	3264.86	30	خطا Error
3.15	5.55	7.04	3.77	7.71	-	CV

^{ns}، ^{**} و ^{*} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns} and ^{**} Are nonsignificant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف *Azotobacter chroococcum* / زتوباکتر کروکوکوم
 Table 7. Means comparison for grain yield and yield components of canola under the influence of *Azotobacter chroococcum* different strains

نیترژن (%)	تعداد دانه در خورجین number of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته number of silique per plant	عملکرد دانه Grain yield (Kg)	سویه Strain
8.51 ^h	25.79 ^{bc}	206.44 ^f	3291.5 ^{ef}	Control
8.52 ^{gh}	24.1 ^c	204.66 ^{ef}	3241.1 ^f	6
8.66 ^b	29.44 ^a	267.33 ^a	3509.57 ^{ab}	9
8.57 ^{ef}	26.96 ^{abc}	249.33 ^d	3306.63 ^{ef}	11
8.71 ^a	29.49 ^a	265.96 ^{ab}	3532.43 ^a	12
8.63 ^c	28.09 ^{ab}	251.43 ^{cd}	3425.5 ^{bcd}	13
8.7 ^a	29.62 ^a	252.44 ^c	3496.67 ^{abc}	14
8.48 ⁱ	26.51 ^{abc}	264.43 ^b	3254.97 ^f	15
8.5 ^{hi}	27.02 ^{abc}	157.33 ^h	3252.97 ^f	16
8.57 ^f	25.11 ^{bc}	204 ^h	3267.09 ^{ef}	19
8.53 ^g	27.08 ^{abc}	157.33 ^h	3275.73 ^{ef}	21
8.52 ^{gh}	25.17 ^{bc}	168.11 ^h	3275.8 ^{ef}	23
8.52 ^{gh}	25.96 ^{bc}	156.47 ^h	3265.27 ^{ef}	25
8.59 ^{de}	26.83 ^{abc}	246.33 ^e	3350.4 ^{de}	28
8.57 ^f	24.88 ^c	203 ^g	3297.1 ^{ef}	35
8.6 ^d	28.21 ^{ab}	253.66 ^c	3412.03 ^{cd}	38

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند

Means with the same letter in each column have no significant difference (P<0.05).

عاملی که باعث افزایش این معیار شود، باعث افزایش عملکرد خواهد شد. البته افزایش تعداد دانه در خورجین، محدود است و بیشتر بستگی به طول غلاف دارد (Habekotte, 1993). گرچه این صفت ژنتیکی است، ولی نتایج پژوهش ما نشان می‌دهد که عوامل محیطی نیز بر این صفت تأثیر گذارند. به نظر می‌رسد با افزایش طول خورجین، افزایش تعداد دانه در خورجین قابل پیش‌بینی بوده باشد. سیرجانی و همکاران (Sirjani et al., 2011) با تلقیح *زئوباکتر* در گندم در تعداد دانه در خوشه ۲۳/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده کردند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تلقیح بذر بر وزن هزاردانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در صورت تغذیه مناسب کودی به دلیل پوشش گیاهی مناسب و توسعه سطح سبز گیاه، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش یافته و دانه‌های سنگین‌تری تولید می‌شود (Nasari, 1991). برخی از آزمایشات موید افزایش وزن هزاردانه توسط کاربرد توأم *زئوباکتر*، *سودوموناس* و *میکوریزا* هستند (Zaidi et al., 2003). یساری و همکاران (Yasari et al., 2009) نیز با بررسی اثر *زئوباکتر* بر کلزا، افزایش ۲/۹۲ درصدی وزن هزاردانه را نسبت به شاهد مشاهده کردند، در صورتی که سیرجانی و همکاران (Sirjani et al., 2011) از این تلقیح در گندم افزایش ۱۱/۸۳ درصدی مشاهده کردند.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تلقیح بذر اثر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن اندام هوایی داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها مشخص نمود که تیمارهای تلقیح بذر با سویه ۱۲ و ۱۴ با میانگین ۸/۷۱ و ۸/۷ بالاترین درصد نیتروژن و تیمار تلقیح بذر با سویه ۱۵ با میانگین ۸/۴۸ درصد کمترین میانگین را دارا بودند (جدول ۷). از آنجائی که *زئوباکتر*، تثبیت نیتروژن انجام می‌دهد، می‌توان افزایش نیتروژن را توسط آن توجیه نمود (Glick et al., 1999). گزارش شده است که این باکتری‌ها جذب نیتروژن را به طور مستقیم انجام می‌دهند (Ashrafuzzaman et al., 2009). همچنین اثر تلقیح *زئوباکتر* *کروکوکوم* بر عملکرد زیستی، درصد پروتئین دانه، وزن هزاردانه و جذب عناصر روی، نیتروژن، فسفر و آهن گندم، مورد آزمون

میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2009) علاوه بر مشاهده افزایش عملکرد گلرنگ با تلقیح *زئوباکتر*، بر افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول تأکید کردند. سیرجانی و همکاران (Sirjani et al., 2011) با کاربرد باکتری *زئوباکتر* در گندم، حداکثر عملکرد را به میزان ۷۶۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آوردند که در مقایسه با شاهد ۳۸/۳۴ درصد افزایش نشان داد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تلقیح بذر اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد خورجین در بوته داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سویه ۹ با میانگین ۲۶۷/۳۳ بیشترین تعداد خورجین را داشت که با سویه ۱۲ در یک سطح قرار گرفت و سویه ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ به ترتیب با میانگین ۱۵۷/۳۳، ۲۰۴، ۱۵۷/۳۳، ۱۶۸/۱۱ و ۱۵۶/۴۷ دارای کمترین تعداد خورجین در بوته بودند (جدول ۷). عملکرد دانه تک بوته کلزا به وسیله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه تعیین می‌گردد که از این اجزا تعداد خورجین در بوته به میزان زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. از این رو اثر زیادی بر عملکرد می‌گذارد (McGregor, 1988). سیرجانی و همکاران (Sirjani et al., 2011) با کاربرد *زئوباکتر* در گندم، تعداد خوشه در مترمربع ۸/۵۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در آزمایش دیگری اثر *زئوباکتر* بر کلزا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که تعداد خورجین در بوته افزایش ۱۶/۰۵ درصدی نسبت به شاهد داشته است (Yasari et al., 2009). با توجه به این‌که تعداد خورجین با عملکرد دانه همبستگی مثبت دارد، می‌توان از افزایش تعداد خورجین در این آزمایش، عملکرد بالایی انتظار داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح بذر بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سویه ۹، ۱۲ و ۱۴ به ترتیب با میانگین ۲۹/۴۴، ۲۹/۴۹ و ۲۹/۶۲ بیشترین تعداد دانه در خورجین را دارا بودند و سویه ۶ و ۳۵ با میانگین ۲۴/۱ و ۲۴/۸۸ کمترین تعداد دانه را داشتند (جدول ۷). هرچه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگتری برای مواد متابولیکی به وجود آمده و هر

به این ترتیب در طول دوره زایشی، مواد معدنی تجمع یافته به اندام‌های زایشی، منتقل و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شدند. با توجه به تأثیر مثبت باکتری بر سطح برگ و تجمع ماده خشک در طول فصل رشد با برخی از سویه‌ها، افزایش عملکرد چندان دور از انتظار نبود. تنوع عملکرد سویه‌های *ازتوباکتر* به صورت تفاوت در عملکرد دانه نمود یافت. به طور کلی سویه‌های ۱۲، ۱۴ و ۹/*ازتوباکتر* نسبت به سایر سویه‌ها اثر مثبت بیشتری بر صفات مورد بررسی داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از *ازتوباکتر* کروکوکوم باعث افزایش صفات کمی و کیفی کلزا نسبت به کاربرد کود اوره کامل می‌شود و ضمن صرفه جویی در مصرف کود و کاهش تخریب محیط زیست می‌توان از آن به عنوان مکمل کود شیمیائی اوره استفاده کرد.

قرار گرفت و پیشنهاد شد که از این سویه‌ها می‌توان جهت بهبود تغذیه گندم از نظر عناصر غذایی کم مصرف مانند روی و آهن استفاده نمود. نیتروژن در سنتز کلروفیل، آمینواسید و پروتئین نیز نقش دارد. پس *ازتوباکتر* با افزایش جذب نیتروژن به سنتز این مواد نیز کمک می‌کند (Mahato et al., 2009).

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد *ازتوباکتر* سبب افزایش رشد و عملکرد کلزا شد. به نظر می‌رسد این افزایش عمدتاً به دلیل تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری و اثر آنها بر رشد ریشه باشد که جذب آب و مواد غذایی بخصوص نیتروژن را از خاک بهبود بخشید. افزایش در میزان جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن توسط گیاه باعث افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه شد.

References

- Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M. S. (2005). Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and fluorescent *Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. *Turkish Journal of Biology*, 29(1), 29-34.
- Ahmed, A. G., Orabi, S., and Gomaa, A. M. (2010). Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 6(3), 270-279.
- Al-Noaim, A. A., and Hamad, S. H. (2004). Effect of bio-fertilization along with different levels of nitrogen fertilizer application on the growth and grain yield of Hassawi rice (*Oryza sativa* L.). *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, 5(2), 1425.
- Amirabadi, M., Borji, M., Ardakani, M. R., and Rejali, F. Determination of Efficiency of Mycorrhiza and *Azotobacter* in Uptake of Microelements, Zn, Cu and Fe under Different Levels of Phosphorus in Corn Hybrid of KSC 704. *World Journal of Agriculture Science*, 2:16-20.
- Ananthanaik, T., Earanna, N., and Suresh, C.K., (2006). Influence of *Azotobacter chroococcum* strains on growth and biomass of *adathoda vasica* Nees. *Agronomy and Crop Science*, 178, 164-171.
- Asghar, H. N., Zahir, Z. A., and Arshad, M. (2004). Screening rhizobacteria for improving the growth, yield, and oil content of canola (*Brassica napus* L.). *Crop and Pasture Science*, 55(2), 187-194.
- Ashrafuzzaman, M., Akhtar, H., and Razi, Ismail, M. (2009). Efficiency of plant growth promoting bacteria for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology*, 8, 1247-1252.
- Azadchegani, M.R., and Bohrani, M.J., (2003). The effect of nitrogen and planting day on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). In: *proceeding of 7th Iranian Congress in Agronomy and Plant Breeding*, (In Persian).
- Ehteshami, S.M.R., AminDeldar, Z., and Khavazi, K. (2010b). Effect of *Pseudomonas* sp. bacteria on germination characteristics and seedling growth of rice cultivars. *Proceedings of the 11th Iranian Congress in Agronomy and Plant Breeding*, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, (In Persian).

- Ehteshami, S.M.R., AminDeldar, Z., and Khavazi, K., (2010a). Effect of *Pseudomonas sp.* spraying on quantitative characteristics and yield components of rice cultivars. *Proceedings of the 11th Iranian Congress in Agronomy and Plant Breeding*, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, (In Persian).
- Gaur, AC. (2001a). Effects of *Azotobacter* isolation on the yield of canola (*Brassica napus* L.): Laboratory experiment. *Indian Society of Soil Science*, 40, 19-22.
- Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. (2009). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49.
- Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Anuar, A.R., and Aimrun, W. (2009). Evaluation of spad chlorophyll meter in two different rice growth stage and its temporal variability. *European Journal of Scientific Research*, 37, 591-598.
- Glick, B.R., Patten, C.L., Holguin, G., and Penrose, D.M. (1999). Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. London: Imperial College Press.
- Habekotte, B. (1993). Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus*) under field crop condition. *Field Crop Research*, 35, 21-33.
- Hanson, W.C. (1950). The photometric determination of phosphorus in fertilizers using the phosphor vanadomolybdate complex. *Journal of Science in Food and Agriculture*, 1, 172-173.
- Khavazi, K., Asadi, Rahmani, H., and Malakouti, M.J., (2005). Necessity of biofertilizer industrial production in the country (Collection of papers-Second Edition). Research Institute of Soil and Water, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture, 439p. (In Persian).
- Mahato, P., Badoni, A., and Chauhan, J.S., (2009). Effect of *Azotobacter* and nitrogen on seed germination and early seedling growth in tomato. *Researcher*, 1(4). <http://www.Sciencepub.Net>.
- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21, 361-366.
- Mahmoodi, H., Khosravi, H., and Asgharzadeh, A. (2004). The role of *Azotobacter* biofertilizer in dryland wheat yield. *Proceedings of the 8th Iranian Congress in Agronomy and Plant Breeding*, Guilan University, Rasht, Iran. (In Persian)
- Mcgregor, D.I. (1988). Glucosinolate content of development rapeseed (*Brassica napus* L. 'Midas') seedlings. *Canadian Journal of Plant Science*, 68, 367-580.
- Megawer, E. A., and Mahfouz, S. A. (2010). Response of Canola (*Brassica napus* L.) to Biofertilizers under Egyptian conditions in newly reclaimed soil. *International Journal of Agriculture Sciences*, 2(1), 12.
- Mendham, A.J., Shipway, P.A., and Scott, R.K. (1991). The effects of delayed sowing and wheather on growth, development and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*, 96, 389-416.
- Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Aeene, Band, A., Shirani, Rad, A.H., and Rejali, F. (2009). Effects of dual inoculation of *Azotobacter* and mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some of characteristics of spring safflower. *International Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, 39-43.
- Mohammadi, N. (2009). Effect of different levels of water stress on some physiological and morphological characteristics in two spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). MSc Thesis of Agronomy, Tehran University, (In Persian).
- Mrkovacki, N., and Milic, V. (2001). Use of *Azotobacter chroococcum* as potential useful in agricultural application. *Annual Microbiology*, 51, 145-158.
- Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A., and Merbach, W. (2000). Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P and K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 163, 393-398.
- Naseri, F. (1991). Oil seeds (Translation). Astan Ghods Razavi Press, 823p. (In Persian).
- Nelson LM. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. *Crop Management* Doi:10.1094/CM-2004-0301-05-RV.

- Nielsen, D.C. (1997). Water use and yield of canola under dry land conditions in central Great Plains. *Journal of Production and Agriculture*, 10, 307-313.
- Ozer, H. (2003). Sowing date and nitrogen rates effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy*, 19, 453-463.
- Pallai, R. (2005). Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on canola (*Brassica napus* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) plants. Head of the Department, Applied Microbiology and Food Science. University of Saskatchewan.
- Piromyong, P., Buranabanayat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., and Teaumroong, N. (2011). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. *European Journal of Soil Biology*, 47, 44-54.
- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nourmohamadi, G., and Majidi, E. (2008). Influence of plant growth promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field conditions. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science*, 3, 253-257.
- Roshdi, M., Rezaoust, S., Khalili, Mahalleh, J., and Hajihassani, Asl, N. (2009). Effect of biofertilizer on yield and yield components of three oil sunflower cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, Islamic Azad University, Tabriz branch, 3(10), 11-24, (In Persian).
- ShiraniRad, A.H., and Dehshiri, A. (2003). Guide for canola (planting, careful and harvesting). Assistance of Training and Equipping Human Resources, Ministry of Agriculture, Agricultural Education Press, 48p. (In Persian).
- Sirjani, A., Farahbakhsh, H., Ravari, Z., Pasandipour, N., and Karami, A. (2011). Investigation the effect of biofertilizer consumption, zinc sulfate and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of wheat. *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 25(2), 125-135, (In Persian).
- Stijn, S., Vanderleyden, J., and Okon, Y. (2009). Chapter 7 Plant Growth-Promoting Actions of Rhizobacteria. *Advances in Botanical Research*, 51, 283-320.
- Timmusk, S. (2003). Mechanism of action of the plant growth promoting Bacterium *Paenibacillus polymixa*. Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 908, 40 pp. Uppsala. ISBN 91-554-5802-5.
- Tommy, A.M., and Evans, E.J. (1992). Analysis of post-flowering compensatory growth in rape (*Brassica napus* L) winter oilseed. *Journal of Agricultural Science*, 118, 301-308.
- Turan, M., Gulluce, M., Karadayi, M., Baris, O., and Sahin, F. (2011). Role of soil enzymes produced by PGPR strains in wheat growth and nutrient uptake parameters in the field conditions. *Current Opinion in Biotechnology*, 22, 15-152.
- Yasari, E., Esmaili, M.A., Mozafari, S., and Alashti, M. (2009). Enhancement of growth and nutrient uptake of rapeseed (*Brassica napus* L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers. *Pakistan Journal of Biological Science*, 12, 127-133.
- Yosefi, K., Galavi, M., Ramrodi, M., and Mousavi, R. (2011). Effect of bio-phosphate and chemical phosphorus fertilizer accompanied with micronutrient foliar application on growth, yield and yield components of maize (single cross 704). *Australian Journal of Crop Science*, 5: 175-180.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.
- Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. (2003). Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19, 15-21.

Effect of different strains of *Azotobacter chroococcum* on morphophysiological traits and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L)

Mona Sorouri¹, Seyed Mohammad Raza Ehteshami^{2*}, Mohammad Rabiei³,
Mahdi Ramezani⁴

(Received: May 2015

Accepted: March 2016)

Abstract

In order to evaluate the effect of *Azotobacter chroococcum* different strains on morphophysiological characteristics, seed yield and yield components of fall rapeseed (*Brassica napus* L.), an experiment was conducted in Rasht. The experimental design was completely randomized block, with three replication. Investigated treatments were including seed inoculation with *Azotobacter* different strains (6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 23, 25, 28, 35 and 38) and chemical fertilizer application (full Urea fertilizer application) and without seed inoculation conditions (control). Results showed that *Azotobacter* strains significantly affected on all traits except plant height, weight of 1000 seeds, stem diameter and number of secondary branches. The most distance of the first secondary branch until ground obtained by *A. chroococcum* strain 35, as *A. chroococcum* strain 14 caused the highest of silique length, dry weight, seed yield and number of seeds per silique. The most leaf area, dry weight, seed yield and yield components caused by *A. chroococcum* strain 12. Generally, *A. chroococcum* strain 12, *A. chroococcum* strain 14 and *A. chroococcum* strain 9 had the more positive effect on traits compared with other strains. Results of this experiment showed the use of *A. chroococcum* increase quantitative and qualitative characteristics of canola in relation to full Urea fertilizer application and the savings in fertilizer consumption and reduce environmental degradation, therefore can be used as supplementary of chemical fertilizer.

Key words: *Azotobacter*, Inoculation, Rapeseed, Yield, Yield components

1-MSc student of Agronomy, University of Guilan

2-Assistant Professor, University of Guilan

3-Researcher, Research Institute of Rice

4-Young Researchers and Elite Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

*Corresponding author Email: smrehteshami@yahoo.com