نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۱۷-۲۱۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 2, Summer. 2015, p. 211-217

تأثیر کاربرد سویه‌های سودوموناس فلورسنت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام کلزا

رضا نجفی[1*]- جواد وفابخش[2]- قدیر طاهری[3]- حمیدرضا ذبیحی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۰۷

چکیده

باکتری‌های محرک رشد گیاه به‌عنوان مکمل و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی شناخته می‌شوند که از طریق مستقیم و غیرمستقیم باعث رشد گیاه می‌شوند. این مطالعه به‌منظور بررسی اثر سویه‌هایی از باکتری سودوموناس فلورسنت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام کلزا در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل: چهار سطح تلقیح باکتری به‌صورت، تلقیح با سودوموناس فلورسنس ۱۶۹، سودوموناس پتیدا ۱۰۸، مخلوط دو سویه و به‌همراه شاهد بدون تلقیح و شش رقم کلزا به نام‌های: landrace، BP.18، Goldrush، Parkland، Hyola330 و Hyola401 که از سه گروه *B.rapa*، *B.juncea* و *B.napus* می‌باشد. نتایج نشان داد سویه‌های باکتری اثرات مختلفی در هر یک از اجزاء عملکرد و عملکرد ارقام استفاده شده در آزمایش دارد. باکتری‌های محرک رشد اختلاف معنی‌داری را در تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه داشت و تفاوت ارقام نیز در تمامی صفات مورد ارزیابی به‌جز وزن هزار دانه معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). در اثر متقابل رقم و باکتری اختلاف معنی‌داری در صفات سطح غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه مشاهده شد ($p\leq0.05$). به‌طورکلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در ترکیب با ارقام مختلف، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام گیاه روغنی کلزا تأثیرات مثبتی داشته است.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد گیاه، دانه روغنی، رقم، کلزا

مقدمه

دستیابی به کشاورزی پایدار در کنار افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تأمین امنیت غذایی جامعه از اهداف مسئولین و محققین کشور در بخش کشاورزی می‌باشد. با توجه به اهمیت محصول کلزا در تأمین پروتئین و روغن کشور و اینکه کشور ما یکی از بزرگترین واردکنندگان روغن جهان می‌باشد، هر تلاشی برای افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان روغنی می‌تواند در صرفه‌جویی ارزی و افزایش درآمد ناخالص ملی کمک نماید.

استفاده از محرک‌های رشد در کشاورزی پایدار اثرات مفیدی به لحاظ صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و نیز حفظ محیط‌زیست به‌دنبال خواهد داشت. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[5] ازجمله منابع زیستی می‌باشند که از طریق مستقیم و غیر مستقیم باعث رشد گیاه می‌شوند. در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی بر استفاده از باکتری‌ها متمرکز شده است، نتایج این تحقیقات نشان داده مکانیزم‌های زیادی در افزایش رشد و عملکرد گیاه دخیل می‌باشند. علاوه بر جذب عناصر غذایی، ساخت هورمون‌های گیاهی به‌وسیله ریز جانداران، توان تولید ACC دآمیناز، کنترل پاتوژن‌های گیاهی، قدرت حل‌کنندگی فسفات و تولید سیدروفور ازجمله این مکانیزم‌ها می‌باشند (۳).

باکتری‌های جنس سودوموناس از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه به‌شمار می‌روند، این باکتری‌ها هوازی و میله‌ای شکل هستند (۲۶). رسولی نشان داد که سودوموناس‌ها و به‌خصوص سودوموناس فلورسنت از مهمترین ارگانیسم‌های ریزوسفری به‌شمار می‌رود و اثرات مثبت ناشی از تلقیح آنها بر رشد به اثبات رسیده است (۲۰). باکتری‌های سودوموناس پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارآیی جذب فسفر از خود نشان داده و به‌علت وسعت انتشار، تنوع گونه‌ای و مقاوم بودن برخی از گونه‌های آن به تنش‌های محیطی توانسته‌اند

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور
(*- نویسنده مسئول: Email: najafireza1362@yahoo.com)
۲- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور
۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

5- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

به‌عنوان کود زیستی مناسب از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار گردند (۱۸).

در مطالعه‌ای که بر روی گیاه *Scutellaria integrifolia* انجام شده نتایج نشان داد که تلقیح ریشه این گیاه با باکتری نه تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش می‌دهد (۱۶). ذبیحی (۴) در بررسی خود نشان داد تلقیح بذور با سویه‌های باکتری سودوموناس باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد و اجزاء عملکرد در گندم (wheat) شده است. ویژگی‌های خاص گیاه کلزا (*Brassica napus*) و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور سبب شده است که توسعه کشت این گیاه به‌عنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از وابستگی ۹۳درصدی آن به‌شمار آید (۱۰).

با توجه به اینکه لازم است مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش و پایداری تولید باشد و همچنین سبب حفظ محیط زیست گردد. هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد، بر رشد و عملکرد و اجزاء عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد با مختصات جغرافیایی طول و عرض ″۱۴ ′۳۸ °۵۹ شرقی و ″۱۲ ′۱۳ °۳۶ شمالی انجام شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۹۵۸ متر و حداقل و حداکثر درجه حرارت به‌ترتیب ۱۹- و ۴۱+ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۹/۳ میلی‌متر و در تقسیم‌بندی آمبرژه شهر مشهد در اقلیم سرد و خشک قرار گرفته است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بود از: فاکتور اول چهار سطح تلقیح شامل، تلقیح با سودوموناس فلورسنس ۱۶۹، سودوموناس پتیدا ۱۰۸، مخلوط دو سویه و تیمار شاهد بدون تلقیح و فاکتور دوم شش رقم کلزا شامل: landrace، BP.18، Goldrush، Parkland، Hyola330 وHyola401 که این ارقام از سه گروه *B.napus*، *B.rapa* و *B.juncea* به‌طوری‌که هر دو رقم از یک گروه می‌باشند.

برای تهیه مایه تلقیح از پرلیت به‌عنوان حامل استفاده شد. تراکم جمعیت باکتری در مایه‌های تلقیح ۱۰۸ و ۱۶۹ نیز به‌ترتیب $^{۹}۱۰\times ۱/۰۱$ و $^{۹}۱۰\times ۱/۲۵$ سلول به‌ازای هر گرم مایه تلقیح می‌باشد. برای تلقیح بذرکلزا ابتدا مقدار کافی بذر داخل کیسه پلاستیکی ریخته شده و سپس چند قطره از محلول قندی ۴۰ درصد به آن اضافه و به‌طور کامل به‌هم زده، آن‌گاه مقدار یک گرم از هر یک از مایه‌های تلقیح به بذرهای چسبناک اضافه و محتویات به‌خوبی تکان داده شد به‌طوری که پوشش یکنواختی از مایه تلقیح روی بذرها را پوشاند. سپس بذرها با دست کشت شد. ابعاد کرت‌ها ۱/۵×۶ متر و در هر کرت ۴ خط کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۹۰ بوته در متر مربع بود. قبل از اجرای آزمایش از خاک مورد نظر نمونه مرکب تهیه و کود مورد نیاز براساس توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب به مصرف رسید. آبیاری کرت‌ها به روال معمول و براساس تأمین نیاز آبی کلزا در شرایط مشهد انجام شد.

در هر مرحله نمونه‌برداری وزن خشک گیاه از سه بوته از هر کرت انجام گرفت. در این مرحله برگ‌ها و ساقه‌ها و غلاف‌ها جداگانه در پاکت‌هایی قرار گرفت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و توزین می‌گردند. عملکرد دانه از برداشت نهایی کل بوته‌های یک متر مربع هر کرت که نمونه‌برداری‌های تخریبی فصل رشد در آن انجام نشده بود به‌دست آمد. تعداد غلاف در بوته به‌وسیله شمارش غلاف‌های حاوی دانه و باز نشده در سه بوته از هر کرت تعیین شد. تعداد دانه در غلاف در مرحله رشد زایشی نیز به همین صورت و در سه بوته از هر کرت و در ۳۰ غلاف که به‌صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف گل آذین برداشت شده صورت گرفت. وزن هزار دانه نیز در انتهای فصل رشد و از دانه‌های حاصل از برداشت نهایی به‌صورت ۱۰ نمونه ۱۰۰ دانه‌ای از هر کرت و براساس میانگین این نمونه‌ها تعیین گردید. کل ماده خشک (حاصل از برداشت نهایی از مساحت یک متر مربع وسط هر کرت) پس از قرار گرفتن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد.

جمع‌آوری داده‌ها در نرم افزار Excel و آنالیزهای آماری با نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات ظاهری

ارتفاع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جداول ۱و ۳ نشان می‌دهد که کاربرد باکتری به‌تنهایی تأثیری بر میزان ارتفاع و سطح غلاف نداشته است. اما این دو صفت اندازه‌گیری شده تحت تأثیر رقم اختلافات معنی‌داری را در سطوح ۱ و ۵ درصد نشان دادند، به‌طوری‌که رقم BP.18 و Landrace بیشترین ارتفاع را به‌ترتیب با ۱۶۳ و ۱۶۱ نشان دادند (جدول ۲) و ارقام Parkland و Goldrush ارتفاعی متوسط و کمترین ارتفاع مربوط به ارقام Hyola401 و Hyola330 بود. در آزمایش دیگری نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از لحاظ عملکرد، اجزاء عملکرد، ارتفاع بوته و وزن خشک کل تفاوت معنی‌داری وجود داشت (۷).

اما در نتایج حاصل از اثرات متقابل رقم و باکتری (جدول ۴) مشاهده شد که تیمارهای باکتری در ارقام اثرات متفاوتی داشته است و رقم BP.18 در تیمار باکتری Pseudomonas169 با ۱۶۸ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری را با بیشترین میزان ارتفاع نسبت به دیگر ارقام نشان داده است و رقم Landrace در تیمار با سویه باکتری Pseudomonas108 در کمترین سطح قرار گرفت. در توسعه اولیه گیاهچه کلزا که در شرایط تنش با تیمارهای باکتری سودوموناس تلقیح شده در مقایسه با تیمار بدون تلقیح دریافتند که تیمارهای باکتری باعث افزایش رشد در کلزا می‌شود (۱۴). گزارش شده علت اختلاف ارتفاع در کلزا مربوط به تعداد روز تا رسیدگی گیاه است (۱۹).

سطح غلاف

صفت سطح غلاف در ارقام Hyola401 و Hyola330 بیشترین سطح غلاف را با ۰/۵۳ متر مربع نشان دادند و کمترین میزان سطح غلاف مربوط به BP.18 با سطح غلاف ۰/۲۴ متر مربع بود (جدول ۲). ولی در سویه‌های باکتری اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). ذبیحی در آزمایش خود بر تلقیح بذور گندم با باکتری سودوموناس اختلاف معنی‌داری را به‌جز در عملکرد دانه و وزن هزار دانه در صفات دیگر اندازه‌گیری شده گزارش ننمود (۴).

با توجه به نتایج (جدول ۴)، ارقام Hyola401 و Hyola330 در تلقیح با هر سه سویه باکتری اختلاف معنی‌داری با شاهد و دیگر ارقام را نشان دادند و ارقام BP.18 و Landrace کمترین میزان سطح غلاف را در تلقیح با سویه‌های باکتری نشان دادند.

عملکرد دانه

نتایج موجود حاکی از آن است که باکتری محرک رشد به‌تنهایی در عملکرد دانه گیاه کلزا اختلاف معنی‌داری نداشته است. در صورتی‌که نتایج تحقیقات در گیاهان دیگر نشان می‌دهد که تیمارهای باکتری در عملکرد و رشد ذرت در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دارد و افزایش به این دلیل است که میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس نیز به‌طور معنی‌داری با کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد (۸). با این وجود، در ترکیب سویه باکتری Pseudomonas169 در رقم Landrace اختلاف معنی‌داری با ۵/۱۴۸ تن در هکتار عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۴) و همین سویه باکتری در رقم Goldrush با ۲/۵۶۸ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد را داشته است. در مقایسه عملکرد دانه ارقام، با توجه به جدول ۲ رقم Landrace اختلاف معنی‌داری با ۴/۶۹۴ تن در هکتار نسبت به ارقام دیگر بیشترین مقدار عملکرد را نشان داد.

نتایج آزمایشی حاکی از آن بوده است که باکتری‌های سودوموناس قادر به ایفای نقش مهم در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گندم است بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد این باکتری‌ها در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر بوده و در شرایط کاهش مصرف کود دورنمای روشنی را در افزایش تولید محصولات کشاورزی نوید می‌دهد (۶).

اجزاء عملکرد

تعداد غلاف

صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ارقام در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و سویه‌های باکتری اثر معنی‌داری در این صفت نداشتند (جدول ۱). براساس نتایج موجود (جدول ۳) تعداد غلاف تحت تأثیر تیمارهای باکتری اختلاف معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که تیمار Pseudomonas108 و Pseudomonas169 به‌ترتیب با ۲۸۸ و ۲۶۳/۱ عدد غلاف در بوته بیشترین تعداد غلاف را نشان دادند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که تلقیح همزمان دو یا چند سویه از باکتری‌های سودوموناس نیز سبب افزایش تحریک رشد گیاه در مقایسه با تلقیح هر یک از آنها می‌شود (۲۴). همچنین در میان ۶ رقم مورد آزمایش در رقم BP.18 بیشترین میزان تعداد غلاف با ۳۱۰/۱ عدد غلاف در بوته مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج اثر متقابل (جدول ۴) نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در مخلوط دو سویه باکتری، در رقم Landrace و تیمار باکتری Pseudomonas169 با رقم BP.18 به‌ترتیب با ۳۵۳/۲ و ۳۶۷/۲ عدد غلاف در بوته بالاترین تعداد غلاف را دارند و کمترین میزان تعداد غلاف در تیمار شاهد رقم Hyola330 و تیمار باکتری Pseudomonas169 در همین رقم مشاهده شد.

تعداد دانه در غلاف

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمار سویه‌های باکتری در سطح ۵درصد و در تیمار ارقام و اثر متقابل باکتری بر ارقام اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد (جدول ۱). نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که، رقم Hyola401 با میانگین ۲۵/۵۳ عدد دانه بیشترین مقدار دانه در غلاف را داشته است (جدول ۲) و سویه‌های باکتری به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف نداشته است (جدول ۳).

اثرات متقابل بین باکتری و رقم نشان می‌دهد که رقم Hyola401 در تیمار باکتری Pseudomonas169 با ۲۸/۰۳ عدد بیشترین میزان دانه در غلاف را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴) و رقم BP.18 در تیمارهای جداگانه باکتری Pseudomonas108 و

Pseudomonas169 به‌ترتیب با میانگین ۱۲/۰۳ و ۱۳/۰۳ عدد دانه در غلاف دارای کمترین تعداد دانه در غلاف بودند.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) داده‌های وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر اثر متقابل سویه‌های باکتری بر ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ داشته است و تیمارهای ارقام و سویه‌های باکتری به‌تنهایی در وزن هزار دانه اثر معنی‌داری را نشان ندادند.

نتایج (جدول ۳) نشان می‌دهد که سویه باکتری Pseudomonas108 و مخلوط دو سویه باکتری به‌ترتیب با ۲/۷۶۸ و ۲/۷۰۷ گرم بیشترین میزان وزن هزار دانه را تولید کرده‌اند. کارلیر نشان داد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد می‌توانند سبب افزایش ۶ درصدی وزن هزار دانه، ۱۳درصدی تعداد سنبله و ۳۰ درصدی تعداد در هر سنبله شود (۱۲).

نتایج (جدول ۴) نمایانگر این است که تیمار شاهد رقم Goldrush با ۳/۵۲۳ گرم و تیمار باکتری Pseudomonas169 در رقم Parkland با ۳/۴۱۳ گرم بیشترین میزان وزن هزار دانه را نسبت به دیگر تیمارها داشتند.

عملکرد ماده خشک

فاکتورهای مختلفی در میزان عملکرد ماده خشک گیاه کلزا اثرات مستقیمی دارند، که دو فاکتور عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر را بر این صفت دارند، که نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که عملکرد ماده خشک در این آزمایش بیشتر تحت تأثیر صفت تعداد غلاف قرار گرفته و عملکرد دانه به‌علت نداشتن اختلاف معنی‌دار تیمارها بر این صفت اثری بر میزان عملکرد ماده خشک نداشته است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد ماده خشک در ارقام اثرات معنی‌داری در سطح یک درصد و تحت تأثیر تیمار باکتری و اثرات متقابل رقم و باکتری اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد داشت (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که در میان تیمارهای باکتری اعمال شده تیمار باکتری Pseudomonas108 و Pseudomonas108+Pseudomonas169 به‌ترتیب با ۱۵/۶۸ و ۱۵/۰۳ تن در هکتار عملکرد بیشترین میزان عملکرد ماده خشک را داشته‌اند و سویه باکتری Pseudomonas169 با ۱۲/۲۹ تن در هکتار عملکرد کمترین میزان عملکرد ماده خشک را داشته است.

جدول۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ارقام کلزای تیمار شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد دانه در غلاف	سطح غلاف	تعداد غلاف	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۳۰۷/۰۵۶^{ns}	۱۹/۰۸۸^{ns}	۵۱۰/۹۳۱^{ns}	۱۲۷۵۶/۱۷*	۰/۹۴۵^{ns}	۰/۱۰۷^{ns}	۳۱/۰۰۶^{ns}
ارقام	۵	۱۲۹۹/۶۱۴**	۱۷۶/۴۹**	۶۴۲۸/۴۴۷**	۱۷۳۵۸/۲۱۲**	۱/۵۳۷^{ns}	۰/۲۱۹^{ns}	۱۲۰/۳۲۴**
سویه‌های باکتری	۳	۱۵۰/۳۱۰^{ns}	۹/۵۰۱^{ns}	۲۶۲/۷۵۵^{ns}	۱۰۲۹۱/۴۶۶*	۰/۴^{ns}	۰/۷۶۳^{ns}	۳۹/۰۷۶*
اثر متقابل	۱۵	۱۲۷/۶۴۴^{ns}	۱۳/۸۷۱^{ns}	۴۳۷/۰۷۷*	۶۴۸۰/۴۹۱**	۱/۰۳۲^{ns}	۰/۵۷۱*	۲۶/۰۲۹*
ضریب تغییرات	۴۶	۲۹۹/۶۳۵	۱۳/۵۷	۲۰۷/۵۶۸	۲۵۲۹/۵۷۲	۰/۷۵۶	۰/۲۸۷	۱۰/۸۹۱

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱درصد و ۵درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در ارقام کلزا

ارقام	ارتفاع (cm)	تعداد دانه در غلاف	سطح غلاف (cm^{-2})	تعداد غلاف	عملکرد دانه ($ton\ ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($ton\ ha^{-1}$)
Hayola 401	۱۴۰/۳b	۲۵/۵۳a	۰/۵۵a	۲۴۰/۵b	۲/۳۰۲b	۲/۵۱۹a	۱۷/۷۵a
Hayola 330	۱۳۷/۷b	۲۱/۵۲b	۰/۵۲ab	۱۹۵/۲c	۲/۴۰۳b	۲/۴۴۳a	۱۶/۱۱a
Parkland	۱۵۰/۳ab	۱۷/۳۳c	۰/۳۷c	۲۶۶/۲b	۳/۳۹۸b	۲/۸۱۳a	۱۱/۰۳b
Goldrush	۱۴۷/۶ab	۲۰/۷۶b	۰/۴۷b	۲۵۷b	۳/۵۸۲b	۲/۶۶۲a	۱۲/۶۳b
BP.18	۱۶۳a	۱۴/۲۹d	۰/۲۴d	۳۱۰/۱a	۳/۴۹۹b	۲/۵۲۹a	۱۷/۳۲a
Landrace	۱۶۱a	۱۹/۲۱bc	۰/۳۶c	۲۷۲/۳ab	۴/۶۹۴a	۲/۶۷۹a	۱۰/۷۸b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌داری با آزمون ندارند ($p\leq0.05$).

احتمالاً افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه مربوط به توانایی باکتری‌های سودوموناس فلورسنت در تولید هورمون‌های رشدی در گیاه و ویتامین‌ها می‌باشد (۲۲) و نیز بیان شده است که افزایش در میزان تولید در گیاهان در نتیجه حذف عوامل بیماری‌زا و افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای و دستیابی راحت‌تر به منابع آب و مواد غذایی باشد (۱۳ و ۲۱). گلیک نیز اشاره دارد که باکتری سودوموناس فلورسنت در توسعه اولیه گیاهچه کلزا نقش به‌سزایی دارد و باعث افزایش رشد در کلزا می‌شود (۱۴). حسن‌زاده، هرنانـدز و کاپولنیک در آزمایشات خود به این نتیجه رسیده‌اند که سویه‌های باکتری می‌تواند اثرات مثبتی بر میزان تولید عملکرد بیولوژیک در گیاه داشته باشد (۱۵، ۱۷و ۲۲). ریحانی تبار در مطالعه بر روی گندم نیز نشان داد که سویه‌های باکتری اثر مثبتی بر میزان تولید عملکرد ماده خشک دارند (۵).

در مورد مقایسه میانگین‌های انجام شده نتایج ارقام (جدول ۲) نشان می‌دهد که به‌طورکلی ارقام از لحاظ تولید عملکرد ماده خشک به دو دسته تقسیم شده‌اند رقم‌های Hayola 330، Hayola 401 و BP.18 به‌ترتیب با ۱۶/۱۱ و ۱۷/۷۵ و ۱۷/۳۲ تن در هکتار عملکرد ماده خشک بیشترین میزان تولید را داشته‌اند و سه رقم Goldrush و Landrace و Parkland در سطوح پایین عملکرد ماده خشک در میان شش رقم مورد آزمایش قرار گرفتند. برخی از محققین همبستگی مثبت و معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه و سرعت تجمع ماده خشک در کلزا با عملکرد را تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنوتیپ گزارش کردند که ارقام مختلف دارای سرعت پر شدن دانه متفاوتی است (۲۵). پاسبان نیز به اختلاف عملکرد میان ارقام اشاره کرد (۱).

در مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول ۴) بین رقم و باکتری مشاهده می‌شود که رقم Hayola 401 در تیمار با باکتری Pseudomona169 و Control و همچنین رقم BP.18 در تلقیح با سویه باکتری Pseudomonas108 بیشترین میزان عملکرد ماده خشک را به‌ترتیب با ۲۱/۲۹ و ۲۰/۳۵ و ۲۱/۴۶ تن در هکتار دارا می‌باشند و رقم Landrace در تیمار با باکتری Pseudomonas108 و Pseudomonas108+Pseudomonas169 به‌ترتیب با ۸/۶ و ۶/۳۲۵ تن در هکتار کمترین میزان تولید را در ارقام تلقیح شده با باکتری سودوموناس نشان دادند. نتایج تحقیقات نظارت نشان داد تیمارهای باکتری در عملکرد و رشد ذرت در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد و علت این است که میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس نیز به‌طور معنی‌داری با کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت (۸). شاهارونا نیز با مطالعه بر روی سویه‌های مختلف سودوموناس بر ذرت نشان داد که سویه‌های مختلف این باکتری می‌توانند وزن خشک بلال را در مقایسه با شاهد افزایش دهد (۲۳).

به‌طورکلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد باکتری‌های محرک رشد (PGPR) در برخی از ارقام کلزا موجب بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام شده است. با توجه به ضرورت تولید گیاهان روغنی مانند کلزا در کشور و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاده، به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد می‌توانند کارآیی مصرف نهاده‌ها در برخی ارقام با به‌کارگیری مکانیزم‌های جذب بهتر نهاده در تولید این قبیل گیاهان، بالا برده و به عملکرد بیشتر برساند. لذا ضرورت تحقیقات بیشتر برای کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه در شرایط مدیریتی متفاوت وجود دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی باکتری‌های محرک رشد گیاه در کلزا

سویه‌های باکتری	ارتفاع (cm)	تعداد دانه در غلاف	سطح غلاف (m^{-2})	تعداد غلاف	عملکرد دانه (ton ha^{-1})	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (ton ha^{-1})
P.108+P.169	۱۵۱/۹a	۱۸/۸۸a	۰/۴۱a	۲۳۶/۳b	۲/۳۲۲a	۲/۷۰۷a	۱۵/۰۳a
P.169	۱۴۷/۹a	۱۹/۵a	۰/۴۴a	۲۶۳/۱ab	۳/۸۱a	۲/۶۴۷ab	۱۲/۲۹b
P.108	۱۵۳a	۲۰/۲۷a	۰/۴a	۲۸۸a	۳/۸۷۵a	۲/۷۶۸a	۱۵/۶۸a
Control	۱۴۷/۲a	۲۰/۴۵a	۰/۴۳a	۲۴۰/۱b	۳/۴۶۶a	۲/۳۰۸b	۱۴/۰۹ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌داری با آزمون ندارند ($p\leq0.05$).

جدول ٤- اثرات متقابل صفات مورد ارزیابی در ارقام کلزای تیمار شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه

رقم	باکتری	ارتفاع (cm)	تعداد دانه در غلاف	سطح غلاف (m^{-2})	تعداد غلاف	عملکرد دانه ($ton\ ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($ton\ ha^{-1}$)
Hyola401	Control	۱۴۶abc	۲۳/۹۳abc	۰/۴۷abc	۲۲۰/۳cdef	۳/۴۸۶abc	۲/۶۰۳abcd	۲۰/۳۵a
Hyola401	p.108+p.169	۱۳۸/۷abc	۲۳/۶۳abcd	۰/۵۹a	۲۱۶/۵def	۲/۹۱abcd	۲/۳۲cd	۱۵/۷۵abcde
Hyola401	p.169	۱۳۲/۷bc	۲۸/۰۳a	۰/۵۸a	۲۷۷/۷abcde	۴/۰۱۹abc	۲/۷۷abcd	۲۱/۲۹a
Hyola401	p.108	۱۴۴abc	۲۶/۵۳ab	۰/۵۸a	۲۴۷/۳bcdef	۲/۸۴۹abcd	۲/۳۸۳bcd	۱۳/۶۳bcdef
Hyola330	Control	۱۳۴abc	۱۷/۸۷cdefg	۰/۴۶abcd	۱۶۷/۳f	۳/۲۲۷abc	۲/۴۱۷bcd	۱۲/۹۱bcdef
Hyola330	p.108+p.169	۱۲۶/۷c	۲۰/۲bcdef	۰/۵۵a	۲۳۶/۵cdef	۳/۲۲abc	۲/۷۷abcd	۱۶/۷۶abcd
Hyola330	p.169	۱۴۵/۳abc	۲۴/۰۳abc	۰/۵۵a	۱۵۳/۳f	۳/۹۱۸abc	۲/۵۵۷abcd	۱۷/۵۹abc
Hyola330	p.108	۱۴۴/۷abc	۲۴abc	۰/۵۳a	۲۲۳/۵cdef	۳/۴۶۸abc	۲/۰۲۷d	۱۷/۱۷abc
Parkland	Control	۱۵۲/۳abc	۱۶/۴defg	۰/۳۶bcd	۲۷۵/۸abcde	۲/۵۹۷bcd	۲/۶۳۳abcd	۱۰/۴defg
Parkland	p.108+p.169	۱۵۴abc	۱۵/۷۳efg	۰/۳۸bcd	۲۸۷/۲abcde	۲/۸۳۸abcd	۲/۳۴۳cd	۱۱/۹۴cdefg
Parkland	p.169	۱۵۴abc	۱۷/۵۷cdefg	۰/۳۹bcd	۳۰۶/۵abcd	۴/۳۲۵abc	۳/۴۱۳ab	۹/۷۶۲efg
Parkland	p.108	۱۴۱abc	۱۹/۶۳bcdef	۰/۳۶bcd	۱۹۵/۲ef	۳/۸۳۴abc	۲/۸۶abcd	۱۲/۰۲cdefg
Goldrush	Control	۱۴۹abc	۲۱/۵۳abcde	۰/۴۹ab	۲۳۲cdef	۴/۹۵abc	۳/۵۲۳a	۱۳/۴۵bcdef
Goldrush	p.108+p.169	۱۴۵/۳abc	۱۹/۸۷bcdef	۰/۴۸ab	۲۰۳ef	۳/۷۸abc	۲/۷۶۳abcd	۱۱/۷۹cdefg
Goldrush	p.169	۱۵۱/۳abc	۱۹/۴۳bcdef	۰/۳۶bcd	۳۴۲/۷ab	۲/۵۶8cd	۲/۴۰۳bcd	۱۳/۶۶bcdef
Goldrush	p.108	۱۴۴/۷abc	۲۲/۲abcde	۰/۵۶a	۲۵۰/۵bcdef	۳/۰۲۹abcd	۱/۹۶d	۱۱/۶۳cdefg
BP.18	Control	۱۶۷/۳ab	۱۳/۸۳fg	۰/۲۱e	۳۱۷/۷abc	۳/۱۰۸abcd	۲/۲۷۳cd	۱۷/۶۵abc
BP.18	p.108+p.169	۱۵۷abc	۱۸/۲۷cdefg	۰/۳۴cde	۲۸۲/۲abcde	۴/۹۹۸abc	۳/۳۰۷abc	۱۱/۱۹cdefg
BP.18	p.169	۱۶۸a	۱۳/۰۳fg	۰/۲۱e	۳۶۷/۲a	۳/۲۷۶abc	۲/۶۸۳abcd	۱۸/۹۸ab
BP.18	p.108	۱۵۹/۷abc	۱۲/۰۳g	۰/۲۲e	۲۷۳/۳abcde	۲/۶۱۵bcd	۱/۸۵۳d	۲۱/۴۶a
Landrace	Control	۱۶۲/۷ab	۱۹/۷bcdef	۰/۴۶abcd	۲۰۴/۵ef	۳/۰۴۲abc	۲/۷۹abcd	۱۵/۴abcde
Landrace	p.108+p.169	۱۶۵/۷ab	۱۹/۳bcdef	۰/۳۳cde	۳۵۳/۲a	۵/۱۰۶ab	۲/۳۸bcd	۶/۳۲۵gh
Landrace	p.169	۱۶۶/۷ab	۱۹/۵۳bcdef	۰/۳۳cde	۲۸۰/۸abcde	۵/۱۴۸a	۲/۷۸۳abcd	۱۲/۸۱bcdef
Landrace	p.108	۱۴۹abc	۱۸/۳cdefg	۰/۳۲de	۲۵۰/۷bcdef	۴/۹۹۸abc	۲/۷۶۳abcd	۸/۶fg

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌داری با آزمون ندارند ($p\leq0.05$).

منابع

۱- پاسبان اسلام، ب.، م. ر. شکیبا، م. ر. نیشابوری، م. مقدم و م. ر. احمدی. ۱۳۸۰. اثرات کمبود آب بر روی میزان و رشد و ظرفیت فتوسنتزی خورجین در کلزا. دانش کشاورزی (۱)۱۱: ۹۴-۸۳.

۲- حسن زاده، ا.، د. مظاهری، م. ر. چایی چی و خاوازی ک. ۱۳۸۶. کارآیی مصرف باکتری های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزا عملکرد جو. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۷۷: ۱۱۸-۱۱۱.

۳- ذبیحی، ح. ر.، غ. ر. ثواقبی، ک. خاوازی و ع. گنجعلی. ۱۳۸۸. رشد و عملکرد گندم در پاسخ به تلقیح باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش های زراعی ایران (۱)۲: ۵۱-۴۱.

۴- ذبیحی، ح. ر.، غ. ر. ثواقبی، ک. خاوازی و ع. گنجعلی. ۱۳۸۸. بررسی کاربرد سویه هایی از سودوموناس های فلورسنت بر عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) (۱)۲۳: ۲۰۸-۱۹۹.

۵- ریحانی تبار، ع. ۱۳۷۹. بررسی جمعیت سودوموناس های فلورسنت در ریزوسفر گندم کشت شده در خاک های زراعی استان تهران و تعیین پتانسیل آنها برای افزایش رشد گیاهان .پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران.

۶- رضوان بیدختی، ش.، ع. ر. دشتبان، م. کافی و س. سنجانی. ۱۳۸۸. ارزیابی اثرات کاربرد سویه هایی از باکتری سودوموناس بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف فسفر. نشریه بوم شناسی کشاورزی (۱)۱: ۴۰-۳۳.

۷- عزیزی، م. و پ. آروین. ۱۳۸۸. اختلاف عملکرد و کارآیی مصرف نور در ارقام بهاره کلزا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی (۴)۱: ۴۸-۳۵.
۸- نظارت، س. و ا. غلامی. ۱۳۸۸. نقش تلقیح مضاعف باکتری های آزوسپریلوم و سودوموناس در بهبود جذب عناصر غذایی در ذرت. نشریه بوم شناسی کشاورزی (۱)۱: ۳۲-۲۵.
۹- وفا بخش، ج.، م. نصیری محلاتی و ع. ر. کوچکی. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارآیی مصرف نور در ارقام کلزا (*Brassica napus L.*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران (۱)۶: ۲۰۴-۱۹۳.
۱۰- ولدیانی، ع.، و م. تاج بخش. ۱۳۸۶. مقایسه مراحل فنولوژیک و سازگاری ۲۵رقم پیشرفته کلزا (*Brassica napus L.*) در کشت پاییزه در ارومیه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱: ۳۴۳-۳۲۹.
11- Belimov, A. A., V. L. Safronova, and T. Mimura. 2002. Response of spring rape to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-car-boxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Canadian Journal of Microbiology 48: 189-199.
12- Carlier, E., M. Rovera, A. R. Jaume, and S. B. Rosas. 2008. Improvement of growth, under field condition, of wheat inoculated with pseudomonas chlororaphis subsp. Aurantiaca. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24 (11): 2633-2658.
13- Egamberdiyerae, D., and G. Hoflich. 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry 35: 937-978.
14- Glick, B.R., C.Liu, S.Ghosh, and E. B. Dumbroff. 1997. Early development of canola seedling in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Soil Biology and Biochemistry 29: 1233-1239.
15- Hernandez, A. N., A. Hernandez, and M. Heydrich. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. Cultivos Tropicales 6: 5-8.
16- Joshee, N., S. R. Mentreddy, and K. Yadav. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Industrial Crops and Products 25: 169-177.
17- Kapulnik, Y., S. Sarig, A. Nur, Y. Okon, and Y. Henis. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. Israel Journal of Botany 31:247-255.
18- Kim, K. K., D. Jordan, and G. A. MacDonald. 1989. Entro *bacter agglomerans*, phosphate solublizing bacterial activity in soil. Effect of carbon sources. Soil Biology and Biology and Biochemistry 89: 995-1003.
19- Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy 19: 453-463.
20- Rasouli Sadaghiani, M. H., K. Khavazi, H. Rahimian, M. J. Malakouti, and H. Asadi Rahmani. 2006. An Evaluation of the potentials of indigenous Fluorescent Pseudomonads of wheat rhizosphere for producing siderophore. Journal of Soil and Water Sciences 20: 134-143.
21- Rudresha, D. L., M. K. Shivaprakasha, and R. D. Prasad. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology 28: 137-145.
22- Salleh-Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their roles on sustainable agriculture. Emergency of production biological fertilizer in Iran. Educational Agriculture press. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Karaj, Iran. (In Persian With English summary).
23- Shaharoona, B., M. Arshad, Z. A. Zahir, and A. Khalid. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. Containing ACCdeaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38: 2971-2975.
24- Siddiqui, I. A, and S. S. Shaukat. 2002. Mixtures of plant disease suppressive bacteria enhance biological control of multiple tomato pathogens. Biology and Fertility of Soils 36: 260-268.
25- Urie, A. L., L. N. Leinnger, and D. E. Zimmer. 1967. Development of safflower seed as influenced by with rowing, varieties and season. Crop Science 7: 584-587.
26- Vazques, P., G. Holguin, and M. E. Puente. 2000. Phosphate solubilizing micro organism associtated with the rizospherte of mangroves in semi arid coastallagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.