مجله مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد دوم، شماره دوم، ۱۳۹۱
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر کم‌مصرف در دو رقم کلزا تحت تنش شوری

*محمدحسین ارزانش[۱]، نوریه بنی‌عقیل[۲]، مه‌لقا قربانلی[۳] و مریم شهبازی[۴]
[۱]استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات خاک و آب گلستان، [۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، [۳]استاد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، [۴]استادیار پژوهشی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/٤/۱۱

چکیده

باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که می‌توانند باعث تحریک رشد و افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنشی مانند خشکی و شوری شوند. به‌منظور بررسی توانایی جدایه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد گیاه روی کاهش اثرات تنش شوری در کلزا از سه گونه آزوسپیریلوم و دو گونه سودوموناس جدا شده از ریزوسفر کلزا استفاده شد. این آزمایش در بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در شرایط گلخانه و در ظروف شیشه‌ای خاص (جار لئونارد) شامل محلول هوگلند اجرا گردید. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورها شامل رقم کلزا در دو سطح (Hyola 401 و RGS 003)، شوری در ۳ سطح (۰، ۸۰ و ۱٦۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و جدایه باکتری در ٦ سطح شامل (*A. irakense* DSM 11586=Ba_1، *A. irakense* 49=Ba_2، *Azosprillum lipoferum* 45=Ba_3، *P. fluorescens*=Ba_4، *P. putida*=Ba_5 و Control= شاهد تلقیح‌نشده) بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری تا ۱٦۰ میلی‌مولار پارامترهای رشدی مانند وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد برگ‌ها و ارتفاع و سطح برگ‌ها در گیاه کلزا کاهش می‌یابد. تلقیح بذور هر دو رقم کلزا با جدایه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد گیاه اثر تنش شوری را کاهش داد. اثر تنش شوری در گیاهچه‌های تلقیح‌شده با جدایه *A. irakense* DSM 11586 کم‌تر

* مسئول مکاتبه: mharzanesh@yahoo.com

از بقیه بود. اما، غلظت عناصر روی و آهن در ارقام تلقیح‌شده با جدایه باکتری *A. lipoferum* 45 بیش‌تر بود و در دو سطح مختلف شوری اعمال شده اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیش‌ترین میزان منگنز مربوط به گیاهان تلقیح‌شده با جدایه *A. irakens* DSM 11586 بوده و در دو سطح مختلف شوری (۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: باکتری محرک رشد گیاه، آزوسپیریلوم، سودوموناس، کلزا، شوری

مقدمه

با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در این‌حال قسمت قابل‌توجهی از آن از خارج کشور تأمین می‌گردد، توسعه کشت دانه‌های روغنی مانند کلزا اهمیت بسیاری دارد. حدود ۳۳۰۰۰ هکتار از اراضی استان گلستان (آمارنامه، ۱۳۸۷) به کشت این گیاه برای استحصال روغن اختصاص‌یافته که برخی از این مناطق به نوعی متأثر از شوری هستند. شوری و تنش به‌دست آمده از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در کشور ما با محدودیت مواجه ساخته است (کافی و رستمی، ۲۰۰۷). گیاهان در برابر تنش شوری با دو فرایند کم‌آبی و سمیت یون‌ها مواجه هستند (مونس و تستر، ۲۰۰۸). در محیط شور، پتانسیل اسمزی آب خاک منفی است و جذب آب از چنین خاکی به دشواری صورت می‌گیرد. بین گیاهان شیرین رست و شوررست از نظر مقاومت به شوری تفاوت مشخص وجود دارد (عبدل‌زاده و همکاران، ۱۹۹۸). شوری ممکن است سبب کاهش زی‌توده و تغییراتی در ترکیب محصول تولیدی شود (موناس و تستر، ۲۰۰۸). در گیاهان روغنی عملکرد بذر و درصد روغن بذر تحت‌تأثیر شوری قرار می‌گیرد. برای مثال کاهش میزان روغن در گلرنگ ممکن است بسته به رقم تا ٦٠ درصد نیز برسد (هانس‌هنینگ و همکاران، ۲۰۰٤). مقاومت گیاهان در برابر شوری بسته به مرحله رشد گیاه نیز متفاوت خواهد بود. گیاهانی مانند جو، برنج، گندم و ذرت در مراحل اولیه رشد و چغندرقند در طول چرخه زندگی خود به‌جز هنگام جوانه زدن دانه‌ها، شوری را تحمل می‌کنند و گیاه آفتاب‌گردان تنها در مرحله جوانه زدن نسبت به شوری حساسیت نشان می‌دهند (مونس و تستر، ۲۰۰۸).

کلزا از جمله گیاهان مقاوم به شوری محسوب می‌شود و در خاک‌های با شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز قادر به رویش است و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر را با کاهش محصول می‌تواند تحمل کند

(شهبازی و همکاران، ۲۰۱۱). مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گیاهان شامل استفاده از یون‌ها برای تنظیم اسمزی، جذب انتخابی پتاسیم نسبت به سدیم و تراکم مواد آلی اسمزی در سیتوپلاسم می‌باشد (مانوس و تستر، ۲۰۰۸؛ یاماگوچی و بلوموالد، ۲۰۰۵؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۹). یکی دیگر از راه‌های ایجاد مقاومت در گیاهان انتقال ژن‌های مقاومت به شوری به گیاهان بوده (تولید گیاهان تراریخت) یا تلقیح کردن آن‌ها با باکتری‌های محرک رشد گیاه است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۹a؛ مرکوفسکی و میلیچ، ۲۰۰۱؛ مایاک و همکاران، ۲۰۰٤؛ لوسی و همکاران، ۲۰۰٤؛ گلیک و همکاران، ۲۰۰۷؛ اگامبردیوا، ۲۰۰۷).

مکانیسم‌های محرک رشد باکتری‌های ریزوسفری به‌طور کامل مشخص نشده‌اند، اما برخی از مهم‌ترین این مکانیسم‌ها شامل: توانایی تولید هورمون‌های گیاهی (اگامبردیوا، ۲۰۰۷؛ شاهارونا و همکاران، ۲۰۰٦)، تثبیت نیتروژن به‌طور غیرهم‌زیستی (احمد و همکاران، ۲۰۰٦) مقابله با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای گیاهی از طریق تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و یا ترکیبات کشنده قارچ (یانگ و همکاران، ۲۰۰۹a؛ یائو و همکاران، ۲۰۰٦)، حلالیت فسفات معدنی و مواد مغذی دیگر (کاتلان، ۱۹۹۹) و همچنین تولید آنزیم ACC دآمیناز (ارزانش و همکاران، ۲۰۰۸) مؤثر در کاهش اثرات سوء اتیلن تنشی می‌باشد. مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد شامل افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، وزن اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، همچنین کنترل زیستی عوامل بیماری‌زا، مقاومت به خشکی و افزایش فعالیت میکروبی می‌باشد (لوسی و همکاران، ۲۰۰٤). هدف از این پژوهش بررسی تأثیر برخی از جدایه‌های باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر پارامترهای رشد و میزان غلظت عناصر کم‌مصرف دو رقم کلزا تحت تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر روی بعضی از پارامترهای رشدی و میزان غلظت عناصر کم‌مصرف گیاه کلزا از دو رقم هیبرید به‌نام‌های Hyola 401 و RGS 003 برای این آزمایش استفاده گردید. مقدار ۲۰ گرم از بذرهای مختلف کلزا که از نظر اندازه و وزن یکنواخت بودند، سه بار با آب شهر شسته شده و بعد از آب‌گیری آن‌ها به‌مدت ۱۵ ثانیه در الکل ۹٦ درجه غوطه‌ور شدند. سپس الکل اضافی خالی و یک‌بار عمل شستشو با آب مقطر استریل روی بذور صورت گرفت. این بذرها سپس به‌مدت ۵ دقیقه در محلول ۲/۵ درصد هیپوکلریت سدیم غوطه‌ور و سپس با آب مقطر

استریل ۵ بار شستشو داده شدند. بذرهای استریل شده به داخل پلیت‌های پلاستیکی استریل ریخته و در زیر لامینار قرار داده شدند تا هوا خشک شوند. در شرایط استریل ۱ گرم از بذرهای استریل شده با ۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری در داخل تشتک‌های پتری با قطر ۸ سانتی‌متر تلقیح شدند. برای تهیه اینوکولوم باکتری از ۳ جدایه آزوسپیریلومی و دو گونه سودوموناس استفاده شد. ۱ جدایه از ۳ گونه آزوسپیریلوم از شرکت آلمانی DSM با نام *Azosprillum irakense*11586، دو جدایه دیگر (*A. lipoferum* 45 و *A. irakense* 49) و دو جدایه سودوموناس (*Pseudomonas fluorescens* *Gol 86* و *P. putida Gol 87*) از مجموعه باکتری‌های جداسازی شده از ریزوسفر کلزا در استان گلستان متعلق به آزمایشگاه بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان تهیه گردیدند. سوسپانسیون جدایه‌های آزوسپیریلومی با تلقیح یک لوپ از کشت‌های اسلنت به ارلن‌های شامل ۲۰ میلی‌لیتر محیط کشت نوترینت براس[1] و جدایه‌های سودوموناس با تلقیح یک لوپ از اسلنت به ارلن‌های شامل محیط کشت تریپتون سویا براس[2] و بعد از ۷۲ ساعت شیک شدن در ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد آماده شد. در ادامه بذور تلقیح‌یافته در جار لئونارد با شن‌های شسته شده (با اسید کلرید رقیق ۰/۱ مولار) و استریل کشت گردیدند (۸ بذر در هر جار لئونارد). شن‌ها در جار لئونارد توسط فتیله‌ای از کتان به محلول هوگلند ارتباط داشتند. تنش شوری در ۳ سطح ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و شاهد (بدون افزودن کلرید سدیم به محلول هوگلند) اعمال گردید. این مقدار شوری براساس حد آستانه تحمل شوری در کلزا و مقدار بالاتر از حد آستانه تحمل شوری کلزا (۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم برابر ۹/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم برابر ۱۷/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر) در نظر گرفته شد. تنش شوری هم‌زمان با کاشت گیاهچه‌های تلقیح شده و استقرار گیاهچه‌های کلزا صورت گرفت. این گیاهچه‌های کاشته شده در سطوح شوری به‌مدت ۳ هفته در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲۰ درجه سانتی‌گراد در شب و شدت نور ۱۲۰۰۰ لوکس با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در شرایط اتاقک رشد نگهداری شدند، سپس وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع گیاه و همچنین میزان عناصر کم‌مصرف (Cu، Mn، Fe و Zn) در اندام هوایی در پایان دوره آزمایشی اندازه‌گیری شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلدان انجام شد. فاکتورها شامل رقم در ۲ سطح

1- Nutrient Broth
2- Tryptone Soybean Broth

(Hyola 401 و RGS 003)، شوری در ۳ سطح (۰، ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و جدایه باکتری در ٦ سطح شامل (*A. irakense* DSM 11586=Ba_1، *A. irakense* 49=Ba_2، *Azosprillum lipoferum* 45=Ba_3، *P. fluorescens*=Ba_4، *P. putida*=Ba_5 و Control) بودند. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها براساس حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD در سطح ۵ درصد) و نمودارهای مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

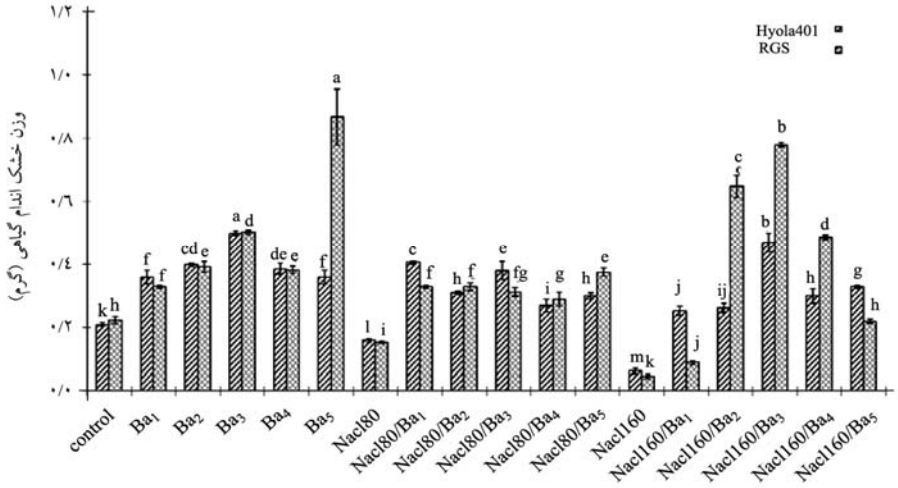
نتایج و بحث

نتایج پارامترهای مختلف رشدی دو رقم کلزا نشان داد که با افزایش شوری، پارامترهای رشدی کلزا تحت‌تأثیر آن قرار می‌گیرند (جدول ۱)، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی (شکل ۱)، تعداد برگ‌ها و ارتفاع و سطح برگ‌ها در سطح شوری ۱٦۰ میلی‌مولار مشاهده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای رشدی دو رقم کلزا تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد پس از ۲۱ روز از کاشت در جار لئونارد.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) صفات مورد بررسی					
		ارتفاع گیاه	سطح برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
رقم	۱	۲٦/۲۰۵۰**	۱۱٦/۳۱۰۰**	۱۱/٦٤۰۰**	۱/۰٦۰۰**	۰/۰۹۰۰**	۰/۰۰۲
جدایه باکتریایی	۵	۳٤۱/۷۹۰۰**	۲۹۷۲/۳۱۰۰**	۸/٤۱۰۰**	۱۷/۲۱۰۰**	۰/۲۵۰۰**	۰/۱۲۰۰**
رقم × جدایه باکتریایی	۵	۷/٦٦۰۰	٤۲۱/۳٦۰۰**	۱/۲۸۰۰**	۰/٦۵۰۰**	۰/۰۳۰۰**	۰/۰٤۰۰**
شوری	۲	۱۱/۲۸۰۰*	۲۳٦٦/۹۷۰۰**	۱/۲۷۰۰**	۱۳/۹۲۰۰**	۰/۱۱۰۰**	۰/۱۰٤۰**
شوری × رقم	۲	۲۳/۷٦۰۰**	۲۲۸/٦۸۰۰**	۰/٦۹۰۰**	۰/۸٦۰۰**	۰/۰۲۰۰**	۰/۰۰۹۰**
شوری × جدایه باکتریایی	۱۰	۱۰/۷۰٤۰**	۵۳/۵٤۰۰**	۰/۳۳۰۰**	۰/٤۳۰۰**	۰/۰۷۰۰**	۰/۱۰٤۰**
رقم × شوری × باکتری	۱۰	٤/٦۰۰۰	۸۵/۲۰٤۰**	۰/۳۸۰۰**	۰/۵۵۰۰**	۰/۰۵۰۰**	۰/۰٤۰۰**
خطای آزمایش	۷۲	۳/۵۲۰۰	۱۲/٤٦۰۰	۰/۰۳۲۰	۰/۰۳۱۰	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳

در پژوهش انجام شده تلقیح بذور هر دو کانولا با جدایه‌های مختلف از باکتری‌های محرک رشد گیاه نشان داد که تلقیح می‌تواند اثر تنش شوری را کاهش دهد، بیش‌ترین میزان اثربخشی تلقیح مربوط به جدایه *Azosprillum irakense* DSM 11586 بود. شوری اثر منفی بر صفات رویشی ارتفاع بوته، وزن تر و خشک داشت.



شکل ۱- وزن خشک اندام هوایی (سه گونه باکتری آزوسپیریلوم: Ba_1=*A. irakense* DSM 11586، Ba_2=*A . irakense 49* و Ba_3=*Azosprillum lipoferum 45* و دو گونه باکتری سودوموناس: Ba_4=P. *fluorescens* و Ba_5=P. *putida.*.

در کل نمک‌ها اثرات عمومی و خاصی روی گیاهان اعمال می‌کنند که به‌طور مستقیم رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش با مشاهده‌های باشان و همکاران (۲۰۱۰) و باشان (۲۰۰٤)، اشرف و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت می‌کند، آن‌ها نشان دادند که تحمل گیاهان در برابر تنش‌های محیطی هم‌چون خشکی، شوری و سمیت‌های به‌دست آمده از عناصر سنگین و آفت‌کش‌ها در اثر تلقیح افزایش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش یا رشد نکردن گیاه در شرایط تنش‌های غیرزیستی مانند شوری، تجمع اتیلن در گیاه می‌باشد (مونس و تستر، ۲۰۰۸؛ مایاک و همکاران، ۲۰۰٤). در این شرایط مقدار ACC (پیش‌ماده ساخت اتیلن) در داخل گیاه افزایش می‌یابد که پیامد آن، افزایش سنتز اتیلن در بافت‌های گیاهی می‌باشد (مایاک و همکاران، ۲۰۰٤؛ پن‌روز و گلیک، ۲۰۰۳). افزایش غلظت اتیلن درون‌زاد در گونه‌های گیاهی، به‌ویژه در بیش‌تر دولپه‌ای‌ها، می‌تواند باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد ریشه گردد. در مدل ارایه شده توسط گلیک و همکاران (۱۹۹۸) پیشنهاد شده است که باکتری‌های ریزوسفری با توانایی تولید آنزیم ACC دآمیناز می‌توانند میزان اتیلن گیاه را کاهش دهند و در نتیجه اثرات سوء شوری را تعدیل نمایند. اما مشاهده‌های ارزانش و همکاران (۲۰۰۸) توانایی تولید ACC- دآمیناز را در باکتری‌های جنس آزوسپیریلوم (از ۲۵ جدایه از ٤ گونه *A. lipoferum*،

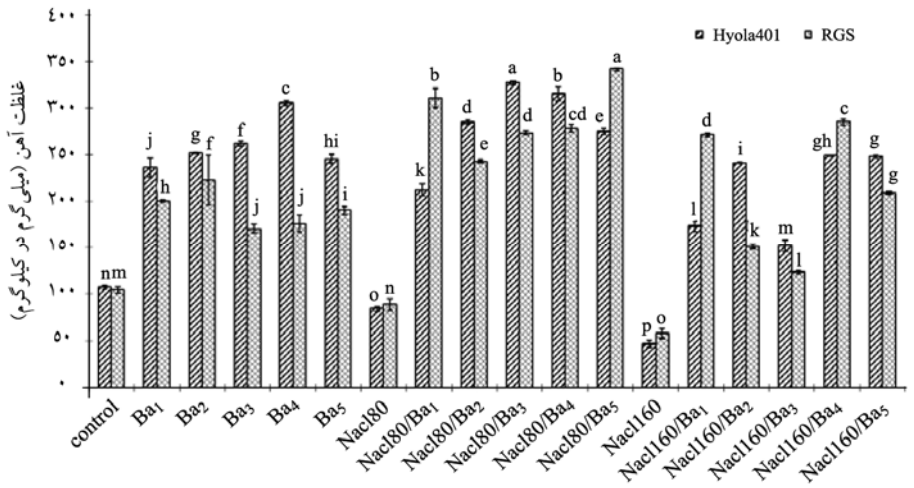
A. brasilense، *A. irakense* و *A. halopreaferense*) اثبات نکرد در نتیجه عامل دیگری مانند تعادل هورمونی (باشان، ۲۰۰٤) یا افزایش و توسعه سیستم ریشه‌ای عامل افزایش مقاومت گیاهان تلقیح شده تحت شرایط تنش شوری است (باشان، ۲۰۱۰).

زید و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که برخی سویه‌های آزوسپیریلوم می‌توانند با ترشح هورمون‌های گیاهی شرایط مناسبی برای رشد ذرت فراهم آورند. شاهرونا و همکاران (۲۰۰٦) با مطالعه اثر سویه‌های مختلف سودوموناس بر رشد ذرت و در شرایط مختلف کودی نشان دادند که سویه‌های مختلف این باکتری می‌توانند وزن خشک ذرت را با توجه به‌میزان کود نیتروژن بین ۱۹/۷–۱۵/۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش دهند. عکس‌العمل گیاهان مختلف به تلقیح در شرایط مختلف تنشی، متفاوت بوده و به همین دلیل درجه تأثیر آن‌ها نیز متفاوت است. نتایج به‌دست آمده از جذب عناصر کم‌مصرف توسط گیاهچه‌های کلزا (جدول ۲) نشان داد که تأثیر تلقیح بر جذب عناصر کم‌مصرف اندام هوایی در سطوح مختلف خشکی از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس غلظت برخی از عناصر میکرو در اندام هوایی دو رقم کلزا تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد پس از ۲۱ روز از کاشت در جار لئونارد.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) عناصر غذایی کم‌مصرف			
		Cu	Fe	Mn	Zn
رقم	۱	۰/۰۹۳۰	۸۵۱۵/۹۲۰۰**	۱۵۰۰۳/۰۱۰۰**	۱٤٦۹٦/۹٦۰۰**
جدایه باکتریایی	۵	۲/۵۰۰۰**	۸۱۳۸۷/۳۸۰۰**	٦٦۷۱۲/٦۸۰۰**	۱۵٦٦۳/۳۱۰۰**
رقم × جدایه باکتریایی	۵	۰/۱۸۰۰	۸۲۸۰/۹۲۰۰**	۵۳۳٦/۹۵۰۰**	۱۰٤٦/٦۰۰۰**
شوری	۲	۲/٤۹۰۰*	٤٤۳۹۳/۰۵۰۰**	۱۸۰٦۷/۳٦۰۰**	۲۹٤/۱۹۰۰**
شوری × رقم	۲	۰/۲۱۰۰	۱۰۷۰۰/۸۳۰۰**	۹۲۸۰۳/٤۷۰۰**	۸۷۱۸/٤۵۰۰**
شوری × جدایه باکتریایی	۱۰	۳/۸۲۰۰**	۵۸۷۰/۲۰۰۰**	۱٦۱۵۳/۹۸۰۰**	۱۱۲۷/۸٦۰۰**
رقم × شوری × باکتری	۱۰	۰/٤٤۰۰	۳٦٤۵/۳۰۰۰**	۱۲۱۵۱/٦۵۰۰**	۲۷۲۲/۰۹۰۰**
خطای آزمایش	۷۲	۰/۱۲٤٦	۸٦۱۱/۸۷۰۰	۵۸/۳۵۰۰	۳٦/۸۵۰۰

همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان عنصر روی و آهن مربوط به گیاهچه‌های تلقیح شده با جدایه باکتری *Azosprillum lipoferum* 45 بوده و در ۲ سطح مختلف شوری از نظر آماری و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند و همچنین بیش‌ترین میزان منگنز مربوط به جدایه باکتری *Azosprillum irakens* DSM 11586 بوده و در ۲ سطح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری نداشته است.



شکل ۲- میزان آهن برگ (سه گونه باکتری آزوسپیریلوم: Ba_1=*A. irakense* DSM 11586، Ba_2=*A . irakense 49* و Ba_3=*Azosprillum lipoferum 45* و دو گونه باکتری سودوموناس: Ba_4=P. *fluorescens* و Ba_5=P. *putida.*.

تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد، موجب تسهیل جذب عناصر کم‌مصرف گردید. داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش با یافته‌های ساپین و همکاران (۲۰۰۷) و ساپین و همکاران (۲۰۰۸) که بیانگر جذب بهتر عنصر کم‌مصرف و مقاومت بهتر در برابر تنش و افزایش سرعت رشد به‌خصوص ریشه‌هایی که در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین و یا فقیر از نظر غذایی می‌شود، مطابقت می‌کند. جذب عناصر کم‌مصرف به‌خصوص آهن، منگنز و روی ممکن است مربوط به توانایی تولید سیدروفور گیاهان یا سیدروفورهای میکروبی باشد. سیدروفورها، کلات‌ها یا ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین و با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای کمپلکس شدن با برخی کاتیون‌ها از جمله آهن هستند. تولید سیدروفور در باکتری‌های محرک رشد گیاه مانند جنس سودوموناس (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۹b)، آزوسپیریلوم (ارزانش، ۲۰۰۸) و ازتوباکتر (احمد و همکاران، ۲۰۰٦) اثبات شده است. گیاهان می‌توانند از سیدروفورهای تولید شده توسط باکتری‌ها به‌عنوان عاملی برای تأمین آهن مورد نیاز خود استفاده کنند (احمد و همکاران، ۲۰۰٦).

منابع

1.Abdolzadeh, A., Kazuto, S., and Chiba, K. 1998. Effect of salinity on growth and ion content in *Lolium multiflorum, L. perenne* and *Festuca arundinacea*. J. Jap. Soc. Reveget. Thec. 23: 161-169.

2.Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbial. Res. 36: 1-9.

3.Arzanesh, M.H., Alikhani, H.A., Rahimian, H.A., and Khavazi, K. 2008. Study of the potential use of some isolates of *Azospirillum* as plant growth promoting rhizobacteria on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) at different levels of drought. Ph.D. Thesis. Soil and Water Engineering, Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, 208p. (In Persian)

4.Ashraf, M., and Mcneily, T. 2004. Salinity tolerance in *Brassica* oil seeds. CRC Press LLC, 23: 157-174.

5.Bashan, Y., and De-Bashan, L.E. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. Adv. Agron. 108: 77-136.

6.Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. Can. J. Microbiol. 50: 521-577.

7.Cattelan, A.J., Hartel, P.G., and Fuhrman, J.J. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1670-1680.

8.Egamberdiyeve, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Appl. Soil. Eco. 36: 184-189.

9.Glick, B.R., Penrose, D.M., and Jiping, L.I. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth-promoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 63-68.

10.Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., and Mc Conkey, B. 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC-deaminase. Crit. Rev. Plant. Sci. 26: 227-242.

11.Hans-Henning, M., Blackshaw, R.E., Byers, J.R., Huang, H.C., Johnson, D.L., Keon, R., Kubik, J., McKenzie, R., Otto, B., Roth, B., and Stanford, K. 2004. Safflower production on the Canadian prairies. Agriculture and Agri-Food Canada. Lethbridge, Alberta, 43p.

12.Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iran. J. Field Crops Res. 5: 121-132.

13.Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leewenhoek, 86: 1-25.

14.Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiol. Biochem. 42: 565-572.
15.Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. Review, Annals of Microbiology, 51: 145-158.
16.Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.
17.Penrose, D.M., and Glick, B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiol. Plant, 18: 10-15.
18.Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil. Biol. Biochem. 38: 2971-2975.
19.Shahbazi, M., Arzani, A., and Saeidi, G. 2011. Effect of NaCl treatments of seed germination and antioxidant activity of Canola (*Brassica Napus*) Cultivars. Bangladesh. J. Bot. 41: 1. 67-73.
20.Spaepen, S., Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., and Vanderleyden, J. 2008. Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants. Plant Soil, 312: 15-23.
21.Spaepen, S., Vanderleyden, J., and Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS Microbiol. Rev. 31: 425-448.
22.Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Sharief, A.E., Ashour, E.H., and Nassef, M.A. 2007. Effect of Horizontal DNA Transfer in *Azospirillum* and *Azotobacter* Strains on Biological and Biochemical Traits of Non-legume Plants. J. Appl. Sci. Res. 3: 73-86.
23.Yang, M.M., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., Bonsall, R.F., Parejko, J.A., Paulitz, T.C., Thomashow, L.S., Yang, H.T., Weller, D.M., and Guo, J.H. 2011. Biological Control of Take-all by *Fluorescent Pseudomonas* spp. from Chinese Wheat Fields. Phytopathology, 101: 14. 81-91.
24.Yamaguchi, T., and Blumwald, E. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends Plant Sci. 10: 615-620.
25.Yang, J.W., Kloepper, J.W., and Ryu, C.M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Sci. 14: 1. 1-4.
26.Yang, W., Xu, H.H., Wang, L.L., Liu, J., Shi, D.C., and Wang, D.L. 2009 Comparative effects of Salt stress sand alkali-stress on the growth, photosynthesis solute accumulation, and ion balance of barley plant. Photosynthetica, 47: 79-86.
27.Yao, A.V., Bochow, H., Karimov, S., Boturov, U., Sanginboy, S., and Sharipov, A.K. 2006. Biocontrol of *Phytophthora* Blight of Red Pepper Caused by *Phytophthora capsici* Using *Bacillus subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11 Formulations. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 39: 323-328.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 2(2), 2012
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress

***M.H. Arzansh[1], N. Benny Aghil[2], M.L. Ghorbanly[3] and M. Shahbazi[4]**
[1]Assistant Prof. of Soil and Water Research Center, Golestan,
[2]M.Sc. Student, Dept. of Biology, Islamic Azad University, Gorgan,
[3]Professor, Dept. of Biology, Islamic Azad University, Gorgan,
[4]Research Assistant Prof., Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj
Received: 01/07/2012; Accepted: 07/01/2012

Abstract

Azospirillum and *Pseudomonas* bacteria are as plant growth promoting rhizobacteria that can stimulate growth and increase plant resistance to stress conditions such as drought and salinity. In order to evaluate the ability of different strains of these bacteria on the reduction of salinity in canola, three species of *Azospirillum* and two species of *Pseudomonas* isolated from the rhizosphere of canola were inoculated. This experiment was performed in the Department of Soil and Water Research in Agriculture and Natural Resources Research Center of Golestan in greenhouse conditions and in special glass containers (Jar Leonard) containing Hoagland's solution. A factorial experiment was conducted in completely randomized design with three replications. Factors include canola varieties at two levels (Hyola 401 and RGS 003), salinity at three levels (0, 80 and 160 mM sodium chloride) and bacterial isolates included six levels (Ba_1= *A. irakense* DSM 11586, Ba_2=*A. irakense* 49, Ba_3=*Azosprillum lipoferum* 45, Ba_4=P. *fluorescens*, Ba_5=P. *putida* and control=not inoculated) respectively. The Results showed that with increasing salinity up to 160 mM NaCl, parameters as shoot fresh and dry weight, leaf number and leaf area per plant are reduced in the rapeseed plant. Both varieties of canola seeds inoculated with different bacteria reduced effects of salinity. The effect of salinity on seedlings inoculated with strain A. *irakense* DSM 11586 was less than the rest. The concentrations of Zinc and Iron in the inoculated cultivar with strain *A. lipoferum* 45 were higher. Manganese was the highest amount in plants inoculated with strain *A. irakense* DSM 11586.

Keywords: Plant growth promoting bacteria, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, Rapeseed, Salinity

* Corresponding Authors; Email: mharzanesh@yahoo.com