ارزیابی تاثیر سودوموناس فلورسنت بر خصوصیات گیاهچه کلزا تحت تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول

Assessing the impact of fluorescent Pseudomonas on properties of canola seedlings induced by polyethylene glycol under drought stress.

سمیه کرمی‌چمه[۱]، معصومه نمروری[۱]، امین فتحی[*۲]، صادق بهامین[۳]، فاخرکردونی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رامین اهواز، اهواز – ایران.
۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت اله آملی، آمل- ایران
۳- دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد – ایران.
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند ایران.

[*]**نویسنده مسوول مکاتبات:** amin_agronomist@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۲۰

چکیده

امروزه تنش و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه‌ی کودهای شیمیایی، از مهم‌ترین معضلات تولید در بخش کشاورزی می‌باشند. این پژوهش با هدف بررسی اثر باکتری سودوموناس بر خصوصیات رویشی گیاهچه کلزا تحت تنش خشکی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه رامین در سال ۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار انجام شد. عامل اول شامل سویه باکتری *Pseodomonas fluorescens* در سه سطح شامل شاهد (عدم تلقیح با بذر)، p۱۰۸ و p۱۶۹ و عامل دوم تنش خشکی در چهار سطح شامل صفر (آب مقطر)، ۰/۳- ۰/۶ و ۰/۹- مگاپاسکال بود. نتایج نشان داد که اثر تنش‌خشکی بر تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. سودوموناس نیز بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن تر و خشک ساقه‌چه تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمارهای آزمایش نیز بر طول ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه معنی‌دار بود. در بالاترین سطح تنش خشکی (۰/۹- مگاپاسکال)، وزن خشک ساقه‌چه به‌مقدار ۰/۰۹ گرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم تنش ۶۲ درصد کاهش داشت. در تیمار تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت p 169، وزن تر ساقه‌چه به‌مقدار ۰/۰۶۸ گرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم تلقیح ۱۵ درصد افزایش داشت. به‌طور کلی استفاده از سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت توانست اثرات خشکی بر خصوصیات گیاهچه کلزا را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، سودوموناس، کلزا، گیاهچه

مقدمه

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی جهان می‌باشد. کلزا پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تولیدکننده روغن است. نحوه تغذیه کلزا یکی از عوامل تاثیرگذار بر عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت دانه آن است. روغن کلـزا تنهـا روغن خـوراکی بوده کـه حـاوی اسیدهای چرب گوگرددار می‌باشد، قسمت عمده ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا را اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل می‌دهد (Ohara *et al.*, 2009). حدود یک سوم کره زمین را مناطق خشک و نیمه خشک در بر می‌گیرد که وسعت این مناطق بیش از ۴۵ میلیون کیلومتر تخمین زده شد. وسعت مناطق خشک و نیمه خشک در ایران بیش از ۱/۵ میلیون کیلومتر مربع است (Aboulhasani *et al.*, 2007). در بین تنش‌های غیر زنده، خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ای است که باعث کاهش عملکرد در محصولات می‌شود که به‌صورت دائم یا دوره‌ای در معرض آن قرار می‌گیرند (Chandra *et al.*, 2008). جوانه‌زنی مرحله مهمی از چرخه زندگی گیاهان در محیط‌های خشک است زیرا از نظر تعداد گیاه سبز در واحد سطح برای تولید محصول تعیین کننده است. مرحله جوانه‌زنی بذر در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح اهمیت دارد و این تراکم مناسب زمانی به‌دست می‌آید که بذور کاشته شده، دارای درصد جوانه‌زنی مناسبی باشند، گیاهان در مرحلـه جـوانه‌زنی و رشـد اولیـه دانهـال حساسیت بیش‌تری به تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی دارند (Farrokhi *et al.*, 2005). آب یکی از مهم‌ترین احتیاجات رشد گیاه است. از آن‌جایی که جوانه‌زنی با جذب آب آغاز می‌شود، کمبود آب در این مرحله برحسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه-زنی یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (حسنی، ۱۳۸۴). با افزایش شدت خشکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه ارزن کاهش یافت. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و علاوه بر به تاخیر انداختن جوانه‌زنی، سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (مومنی، ۱۳۹۰). شناسایی سازوکارهای تحمل به تنش خشکی در گیاهان از مهم‌ترین راهکارها برای کاهش اثرات مضر آن در کشاورزی می‌باشد. با شناسایی این سازوکارها و همچنین نحوه تاثیر تنش‌های محیطی بر رشد گیاهان، امکان دستیابی به‌روش‌های جدیدتر برای مقابله با تنش‌های غیـر زنده فراهم می‌گردد. یکی از این راهکارها استفاده از باکتری‌های ریزوسفری افزایش دهنده‌ی رشد گیاه می‌باشد که باکتری‌های جنس سودوموناس نیز جزیی از آن‌ها هستند. این باکتری‌ها از جمله منابع زیستی بوده که از طریق مستقیـم و غیـر مستقیـم باعث بـهبـود رشـد گیـاه می‌شوند (فتحی، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری بر استفاده از این باکتری‌ها متمرکز شد. نتـایج این تحقیـقـات نشـان داد که سـاز و کارهای زیـادی باعـث افـزایـش رشـد و عملـکـرد گیـاهـان می‌شوند. عـلاوه بر افـزایـش جذب عنـاصـر غذایی، تولیـد هورمون‌های گیاهی توسط ریـزسـازوارههـا، کـنـتـرل پاتـوژن‌هـای و قـدرت حـل‌کنندگی فسفات از جمله این سازوکارها است (ذبیحی و همکاران، ۱۳۸۸). شناخت نقش مفید باکتری‌های خاکزی در افزایش رشد گیاهان، بیش از یک قرن سابقـه دارد و سـودوموناس‌ها از اهمیت ویژه‌ای در میان این گروه از باکتری‌ها برخوردار هستنـد. شـواهـد نـشـان می‌دهـد کـه کاربـرد سودوموناس‌ها همراه بذور سبب محافظت آن‌ها و گیاهان در مقابل عوامل بیماری‌زای خاکزی شـده و در نتیجـه افزایش مـحـصـول می‌شـود (فتـحـی و هـمـکـاران، ۱۳۹۲؛ Mayak *et al.*, 2005). از ویـژگـی‌هـای باکتـری‌های افزاینـده رشد، بهبـود جـذب آب و عناصر غـذایی توسط گیـاه، تاثیـر بر بهبود جوانه‌زنی و ظهور گیاهچـه و کمک به گیـاه برای رشـد در شـرایط تنـش‌های محیطـی می‌باشد. سـویه یا سـویه‌های باکـتـری‌های محـرک رشـد دارای مزیت‌های فـراوانی بوده و می‌تواننـد اثرات مناسبـی در رشـد گیـاه داشتـه باشنـد. به‌عنـوان نمـونـه، کاهش اثرات اتیلـن تنشـی بر رشـد گیـاه می‌توانـد از طریق استفـاده از باکتـری‌های دارای توان تولید آنزیم *ACC Deaminase* حاصل شود. در شـرایط تنـش خشکـی خـاک‌های ایـران این موضـوع می‌توانـد حائـز

اهمیت باشد (خسروی و همکاران، ۱۳۸۹). بهامین و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که تلقیح بذور نخود با *Psedomonas fuloresence* و Rhizobioum منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. یزدانی بیوکی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌هایی مانند اکسین می‌توانند تحمل گندم را به شرایط تنش بهبود بخشند. به‌همین دلیل استفاده از سویه‌های آن‌ها به صورت مایه تلقیح جهت بهبود عملکرد گیاهان به‌ویژه غلات در مناطق خشک قابل توصیه است. همچنین باکتری‌های محرک رشد می‌توانند وزن گیاه و ریشه را افزایش دهند. هدف این تحقیق، مطالعه اثر دو سویه مختلف باکتری سودوموناس فلورسنت بر خصوصیات رشدی گیاهچه کلزا تحت شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف مطالعه اثرات سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس بر خصوصیات رشدی گیاهچه کلزا در شرایط تنش خشکی، در سال ۱۳۹۱ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان صورت پذیرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار انجام شد. عامل اول شامل سویه باکتری *Pseodomonas fluorescens* در سه سطح شامل شاهد (عدم تلقیح با بذر)، p۱۰۸ و p۱۶۹ (سویه‌های باکتری از موسسه تحقیقات آب و خاک کرج تهیه شد) و عامل دوم خشکی در چهار سطح شامل صفر (آب مقطر)، ۰/۳- ۰/۶ و ۰/۹- مگاپاسکال بود. برای اعمال تنش‌های اسموتیک ۰/۴- ، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال به‌ترتیب از ۱۵/۴، ۱۸/۴، ۲۱/۳ گرم پلی اتیلن ۶۰۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد (مظاهری تیرانی و کلانتری، ۱۳۸۵). پتری دیش‌ها پس از شستشو با ماده ضدعفونی به مدت دو ساعت در آون قرار داده شد، تا خشک شوند. ابتدا بذورکلزا رقم opera با هیپوکلریدسدیم یک درصد ضد عفونی شدند. سپس برای تلقیح بذور با باکتری، بذور روی پلاستیک تمیز ریخته و با باکتری تلقیح شدند و پس از خشک‌شدن، آماده کشت در پتری دیش شدند. در هر پتری دیش ۲۵ عدد بذر کشت شد. ظروف پتری دیش به محفظه ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس منتقل گردید. آزمایش به‌مدت ۱۴ روز ادامه یافت. معیار جوانه‌زنی خروج حداقل دو میلی‌متر ریشه‌چه از بذر بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه بودند که در پایان آزمایش، اندازه‌گیری شدند. پس از اطمینان و توزیع نرمال داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که عامل خشکی تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه داشت. باکتری سودوموناس نیز تاثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه داشت. همچنین اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر طول ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه معنی‌دار بود(جدول یک). با توجه به‌نتایج به‌دست آمده در بالاترین سطح تنش خشکی(۰/۹- مگاپاسکال)، طول ساقه‌چه به‌مقدار ۲/۹ سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم تنش ۵۲ درصد کاهش داشت. همچنین در تیمار تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت p169، طول ساقه‌چه به‌مقدار ۴/۸ سانتی‌متر رسید که افزایش ۱۴ درصدی نسبت به تیمار عدم تلقیح نشان داد(جدول دو). اثر متقابل تیمارهای آزمایش نشان دادند در تیمار عدم تنش و تلقیح بذور با سودوموناس p 169 طول ساقه‌چه به ۶/۱۶ سانتی‌متر رسید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها در حالت عدم تنش خشکی نداشت. در حالت اعمال تنش خشکی، بین سطوح باکتری سودوموناس فلورسنت از لحاظ تاثیر بر صفت ذکر شده اختلاف معنی‌داری دیده شد، به‌طوری‌که در همه سطوح تنش بالاترین و پایین‌ترین طول ساقه‌چه با تلقیح

بذرور با باکتری سودوموناس p 169 و تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد(شکل یک).

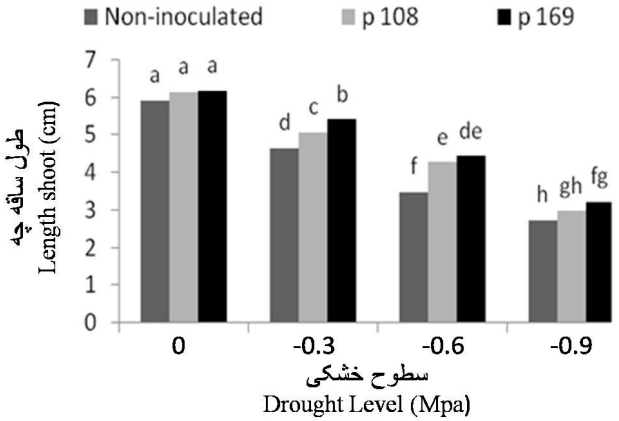
جدول ۱- مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر خصوصیات گیاهچه کلزا

Table 1. The mean square from the analysis of variance test the effect of treatment on the properties of the canola plant

			M.S	میانگین مربعات				
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن تر ساقه‌چه Shoot fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight
Drought stress	تنش خشکی	3	15.85 **	44.17 **	0.013 **	0.003 **	0.005 **	0.001 **
Bacteria	باکتری	2	1.195 **	3.91 **	0.001 **	0.0001 ns	0.0002 **	6.14 ns
Drought stress * Bacteria	تنش خشکی * باکتری	6	0.091 *	0.02 ns	0.0002 **	2.29 ns	2.41 ns	1.1 ns
Error	خطا	24	0.03	0.17	5.19	4.77	1.72	2.65
C.V	ضریب تغییرات	-	3.87	3.2	11.41	17.11	6.5	13.38

*، **و ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی دار

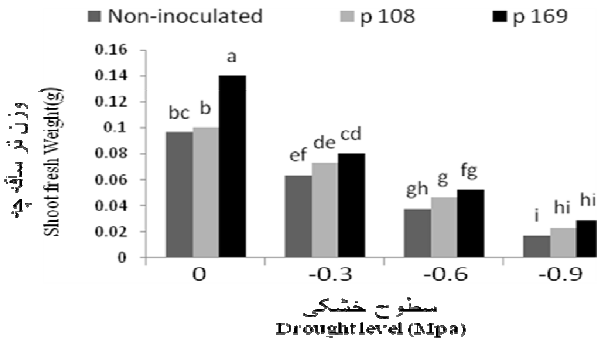
*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و باکتری سودوموناس بر طول ساقه‌چه کلزا

Fig. 1. The interaction of water stress and Pseudomonas on Plumule length of Canola

نتایج نشان داد که در بالاترین سطح تنش(۰/۹- مگاپاسکال)، طول ریشه‌چه ۹/۹ سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم تنش ۳۵ درصد کاهش داشت. در تیمار تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت p 169، طول ساقه‌چه که نسبت به تیمار عدم تلقیح با ۱۰ درصد افزایش به ۱۳/۲ سانتی‌متر رسید(جدول دو). نتایج نشان داد که در بالاترین سطح تنش خشکی(۰/۹- مگاپاسکال)، وزن تر ساقه‌چه به‌مقدار ۰/۰۲ گرم بود که نسبت به تیمار عدم تنش ۸۰ درصد کاهش یافت. در تیمار تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت p 169، وزن تر ساقه‌چه (۰/۰۷ گرم) نسبت به تیمار عدم تلقیح ۳۲ درصد افزایش تشان داد(جدول دو). اثر متقابل تیمارهای آزمایش نشان داد، تیمار عدم تنش و تلقیح بذور با سودوموناس p 169 وزن تر ساقه‌چه ۰/۱۴ گرم به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها در حالت عدم تنش خشکی داشت. همچنین در حالت اعمال تنش خشکی، بین سطوح باکتری سودوموناس فلورسنت از لحاظ تأثیر بر صفت ذکر شده اختلاف معنی‌دار وجودداشت، به‌طوری‌که در همه سطوح تنش بالاترین و پایین‌ترین وزن تر ساقه‌چه با تلقیح بذرور با باکتری سودوموناس p 169 و تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد(شکل دو).



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و باکتری سودوموناس بر وزن تر ساقه‌چه کلزا

Fig. 2. The interaction of water stress and Pseudomonas on shoot fresh weight of canola

با توجه به نتایج به‌دست آمده بالاترین سطح تنش خشکی(۰/۹- مگاپاسکال)، وزن تر ریشه‌چه به ۰/۰۱۹ گرم رسید که نسبت به تیمار عدم تنش کاهش ۷۰ درصدی داشت(جدول دو). در بالاترین سطح تنش خشکی(۰/۹- مگاپاسکال)، وزن خشک ساقه‌چه به ۰/۰۹ گرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار عـدم تنش ۶۲ درصـد کاهـش نشـان داد. در تیمـار تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت p 169، وزن تر ساقه‌چه (۰/۰۶۸ گرم) افزایش ۱۵ درصدی نسبت به تیمار عدم تلقیح داشت(جدول دو). نتایج نشان داد که در بالاترین سطح تنش خشکی(۰/۹- مگاپاسکال)، وزن خشک ریشه‌چه (۰/۰۱۹ گرم) نسبت به تیمار عدم تنش ۵۱ درصد کاهش یافت(جدول دو).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و باکتری سودوموناس بر خصوصیات گیاهچه کلزا

Table 2. Comparison of the effects of Drought stress and bacteria on the characteristics of canola seedlings

تیمار Treatment	تیمار Treatment	طول ساقه‌چه Plumule length(cm)	طول ریشه‌چه Radicle length(cm)	وزن تر ساقه‌چه Shoot fresh weight(g)	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight(g)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight(g)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight(g)
تنش خشکی Drought stress (Mpa)	0	6.06 a	15.11 a	0.11 a	0.06 a	0.090 a	0.05 a
	-0.3	5.03 b	13.70 b	0.072 b	0.04 b	0.070 b	0.04 b
	-0.6	4.05 c	12.13 c	0.045 c	0.03 c	0.050 c	0.03 c
	-0.9	2.96 d	9.94 d	0.02 d	0.01 d	0.030 d	0.02 d
باکتری Bacteria	عدم تلقیح	4.10 b	12.15 c	0.05 b	0.03 a	0.050 b	0.03 a
	P 108	4.60 a	12.72 b	0.06 b	0.04 a	0.063 ab	0.03 a
	P 169	4.80 a	13.29 a	0.07 a	0.04 a	0.068 a	0.04 a

هر صفت سطوح تیماری که دارای حروف مشابه هستند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

Means with the same letter in each column have not statistically significant difference

محققـان نشان دادند که تلقیـح بذور کلـزا با سویـه‌های مختلـف باکتـری *psedomonas* تأثیـر معنی‌داری بر طول اندام هوایی داشت، به‌طوری‌که باکتری p.p.108 موجب افزایش معنی‌دار اندام هوایی رقم RGS003 شد. طول ریشه کلزا رقم Hayola 308 نیز در اثر تلقیح باکتری p.f.108 و طول ریشه رقم RGS003 در اثر تلقیح با تمام سویه‌های منتخب به طور معنی‌داری افزایش یافت(جلیلی و همکاران، ۱۳۸۸). باکتری‌های متعلق به جنس *psedomonas* با تولیـد آنزیـم آمینـوسیـکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دی آمیناز، آمینوسیکلوپروپان-۱- کربوکسیلات را مصرف می‌کننـد. کاهش غلظـت آمینـوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات درون گیاه باعث کاهش مقدار اتیلن و بالطبع آن افزایش طول ریشه می‌گردد(بهامین و همکاران، ۱۳۹۰). باکتری‌های افزاینده رشد، از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه باعث بهبود

جذب آب افزایش جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه می‌گردند. باکتری‌های محرک رشد باعث تحریک عوامل درونی بذر که در جوانه‌زنی نقش دارند، گردیدند(یزدانی بیوکی و همکاران، ۱۳۸۹). طی پژوهشی سه گونه باسیلوس دارای توان تولید آنزیم ACC deaminase در شرایط استریل با کلزا تلقیح شدند، نتایج نشان داد که محور طولی ریشه، طول اندام هوایی و وزن خشک و تر گیاه افزایش یافت(خسروی و همکاران، ۱۳۸۹). تاجیک و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که تأثیر سودوموناس فلورسنس بر تحریک رشد گیاه می‌تواند به‌دلیل تولید فیتوهورمون‌های سیتوکنین باشد. باکتری‌های جنس سودوموناس قادر به تولید اکسین و تحریک رشد گیاه هستند. نتایج بررسی یزدانی بیوکی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم داشت. احتمالاً کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در شرایط کاهش پتانسیل اسمزی می‌تواند ناشی از تجزیه آهسته‌تر مواد آندوسپرم یا انتقال کندتر مواد تجزیه شده به گیاهچه باشد. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر شد. خالص‌رو و آقا علیخانی (۱۳۸۶) بیان داشتند که سطوح تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، ارزن داشت. با تشدید تنش خشکی از ۰/۴- مگاپاسکال به بالا طول ریشه‌چه ارزن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در مورد ساقه‌چه کاملا مشهود بود، زیرا با افزایش تنش کم آبی تا میزان ۰/۱- مگاپاسکال طول ساقه‌چه ۳۳ درصد کاهش یافت. تشدید تنش خشکی از ۰/۳- مگاپاسکال به بالا وزن خشک ریشه‌چه ارزن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به گونه‌ای که این میزان در سطح تنش ۰/۵- مگاپاسکال نسبت به شاهد ۳۰ درصد کاهش یافت. اما در مورد وزن خشک ساقه‌چه از همان سطوح پایین تنش خشکی، کاهش این صفت محرز گردید، به‌طوری‌که در سطح تنش ۰/۶- مگاپاسکال وزن خشک ساقه‌چه ۹۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. تاجیک و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر تنش خشکی بر طول ریشه اولیه سویا مشاهده کردند که تیمار تنش بر این صفت تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که با افزایش تنش از طول ریشه اولیه کاسته شد. طول ریشه اولیه شاخص رشد و نمو و قدرت رویش بذر محسوب می‌شود. بر این اساس می‌توان اظهار نمود که افزایش تنش خشکی باعث کاهش قدرت رویش بذر می‌گردد.

یزدانی بیوکی و همکاران (۱۳۸۹) عنوان داشتند که اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک حاوی باکتری محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم داشت. خسروی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که تلقیح بذور گندم با باکتری محرک رشد در شرایط تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی، طول و وزن ریشه گذاشت. به‌طوری‌که با تلقیح بذور با باکتری *Sinorhizobium meliloti* سویه KIA 40 در سطح تنش خشکی ۱۵-۵ درصد آب قابل استفاده، بیش از هفت درصد افزایش وزن خشک اندام هوایی مشاهده شد. همچنین تلقیح با سویه مذکور در سطح ۳۰-۲۰ درصد آب قابل استفاده، موجب افزایش ۱۴ درصدی طول ریشه شد. تاجیک و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که در سطوح مختلف تنش کم آبی، بین بذور تلقیح شده با کود بیولوژیک عکس‌العمل متفاوتی مشاهده شد. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری مطلوب تفاوتی بین سطوح کود بیولوژیک وجود نداشت اما بذور حاصل از تنش متوسط در تلقیح با باکتری برادی‌ریزوبیوم و بذور تولید شده در شرایط تنش شدید در تلقیح توأم با باکتری‌های برادی‌ریزوبیوم و سودوموناس ریشه بلندتری تولید نمودند. این باکتری‌ها با کاهش غلظت اتیلن درون گیاه و تبدیل آن به منابع نیتروژن، باعث طویل شدن ریشه‌ها شدند. طول ریشه و ساقه اولیه در آزمون جوانه‌زنی استاندارد می‌تواند جهت برآورد بنیه گیاهچه به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گیرد. تاجیک و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که تلقیح توأم بذور سویای حاصل از آبیاری مطلوب رقم زالتزال‌ها با باکتری‌های برادی‌ریزوبیوم و سودوموناس بلندترین ساقه اولیه و تلقیح توأم بذور حاصل از تنش شدید رقم زالتزال‌ها با باکتری برادی‌ریزوبیوم و گلوموس کوتاه‌ترین ساقه اولیه را ایجاد نمود. به‌طور

کلی نتایج نشان داد که هر دو سویه‌ی *Pseodomonas fluorescens* باعث کاهش اثرات تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاهچه کلزا شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که اثر این سویه‌ها بر کلزا، در آزمایش‌های گلدانی و مزرعه‌ای تحت تنش خشکی نیز بررسی شود.

منابع References

بهامین، ص.، آریان مهر، م.، کردونی، ف.، محمودی، س. و آذرپیوند، ح. ۱۳۹۰. بررسی اثر تنش شوری و باکتری افزاینده رشد(سودوموناس فلورسنت) بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آفتابگردان (*Helianthus annus*). اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی دانشگاه زنجان، ۱۹ الی ۲۱ شهریور ۱۳۹۰.

تاجیک، م.، اله دادی، ا.، دانشیان، ج.، ایران نژاد، ح.، حمیدی، آ.، اکبری، غ. و نعیمی، م. ۱۳۸۷. تأثیر کودهای بیولوژیک بر ظهور گیاهچه سویا در مزرعه و قدرت رویش بذر در آزمایشگاه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۵، شماره ۶.

جلیلی، ف.، خاوازی، ک.، پذیرا، ا.، نجاتی، ع. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۸۸. تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت دارای فعالیت آنزیم ACC Deaminase در تعدیل اثرات مضر شوری بر کلزا در مرحله جوانه‌زنی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۳. صفحات ۱۰۵-۹۱.

خالص‌رو، ش.، و آقا علیخانی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش شوری و کم آبی بر جوانه‌زنی بذور سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۷: ۱۵۳-۱۶۳.

خسروی، ه.، علیخانی، ح. و یخچالی، ب. ۱۳۸۹. یخچال اثر تلقیح سویه‌های *Sinorhizobium meliloti* بومی دارای توان تولید آنزیم ACC deaminase بر رشد گندم در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۴ (۲): ۱۲۳-۱۳۱.

ذبیحی، ح.، ثواقبی، غ.، خاوازی، ک. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۸. رشد و عملکرد گندم در پاسخ به تلقیح باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد۷. صفحات ۵۱-۴۱.

فتحی، ا. ۱۳۹۱. تأثیر کودهای بیولوژیک نیتروژنه و فسفاته بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت تحت شرایط اب و هوایی شهرستان دره شهر. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد.

فتحی، ا.، فرنیا، ا. و ملکی، ع. ۱۳۹۲. اثر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت as71 در شرایط آب و هوایی شهرستان دره‌شهر. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی تبریز. جلد هفتم ۱(۲۵). ص۱۰۵-۱۱۴.

مظاهری تیرانی، م.، و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۵. بررسی سه فاکتور سالیسلیک اسید، تنش خشکی و اتیلن و اثر متقابل آنها بر جوانه‌زنی بذر کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست شناسی ایران. ۱۹(۴): ۴۱۸- ۴۰۸.

مومنی، س. ۱۳۹۰. تأثیر پرایمینگ بذر با اسید سالسیلیک و پلی اتیلن گلایکول به‌همراه محلول‌پاشی گیاه با اسید سالسیلیک بر مقاومت به خشکی ذرت (*Zea mays* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد (علوم و تکنولوژی بذر). دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی.

یزدانی بیوکی، ر.، رضوانی مقدم، پ.، کوچکی، ع.، امیری، م.ب.، فلاحی، ج. و دیهیم فرد، ر. ۱۳۸۹. اثرات تغذیه نیتروژنی متفاوت گندم (*Tritium aestivum* L.) رقم سایونز بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تحت تأثیر سطوح تنش خشکی و کودهای بیولوژیک. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۲ (۲): ۲۶۶-۲۷۶.

Aboulhasani, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., and Sarcheshmehpoor, M. 2007. Thestudy of salinity and drought tolerance of *Sinorhizobium meliloti* isolated fromprovince of Kerman in vivo condition. Iranian J. Field Crop Res. 4: 2. 183-195.

Chandra, O., Reddy, P., Sairanganayakulu, G., Thippeswamy, M., SudhakarReddy, P., Reddy, M. K., and Sudhakar, C.H. 2008. Identification of stressinduced genes from the drought tolerant semi-arid legume crop horse gram (*Macrotyloma uniflorum*) through analysis of subtracted expressed sequence tags. Plant Science, 175: 372-384.

Farrokhi, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Abdoulzadeh, A. 2005. Evaluation of drought tolerance genotypes of soybean (*Glycine max. L. Merr*) in germination stage. J. Agric. Sci. and Natur. Resour. 11: 2. 137-149.

Hasani, A. 2005. Effect of water stress induced from polyethylene glycol (PEG) on germination factors of basil (*Ocimum basillicum*). Iranian J. Med. And Aromatic Plants. 21: 4. 535-543.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B.R. 2005. Plant Growth promoting bacteria confer resistance in tomato plants salt stress .Plant Physiol. Biochem. 42:565-572.

Ohara, N., Naito, Y., Kasama, K., Shindo, T., Yoshida, H., Nagata, T., and Okuyama, H. 2009. Similar changes in clinical and pathological parameters in Wistar Kyoto rats after a 13-week dietary intake.