اثر پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تنش رطوبتی

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۴، شماره ۴، صفحات ۶۶-۵۷
(زمستان ۱۳۹۷)

داریوش صفری
گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران ✉ dariush.s1987@gmail.com

چکیده کمبود آب و تنش ناشی از آن از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. یکی از راهکارهای زیستی جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی، استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشد. در این پژوهش به منظور تعیین بررسی اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد به صورت پیش‌تیمار بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۷۰ تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده– فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کرمانشاه در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. با اجرای سیستم آبیاری تک شاخه چهار سطح آبیاری شامل بدون تنش، تنش ملایم، متوسط و شدید اعمال شد. همچنین، تلقیح بذور با سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱ و ۱۵۹ و سودوموناس فلورسنس سویه ۲۳ صورت گرفت. نتایج آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن تیمار تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در تمامی صفات مورد مطالعه بود. با افزایش سطح تنش، صفات مورد مطالعه نسبت به شرایط بدون تنش کاهش پیدا کردند. در تمامی سطوح تنش، باکتری‌های محرک رشد سبب بهبود صفات مورد مطالعه شدند. بنابراین، براساس پژوهش حاضر می‌توان پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد به ویژه سویه سودوموناس پوتیدا-۱۵۹ برای بهبود عملکرد و افزایش تحمل به خشکی گیاه را توصیه نمود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۶

واژه‌های کلیدی

- پرایمینگ
- تنش آبی
- تنش خشکی
- کودهای زیستی

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.546030

مقدمه کمبود آب و تنش ناشی از آن، از عوامل مهمی است که تولید محصولات کشاورزی را در ایران با محدودیت مواجه ساخته و بازده استفاده از مناطق خشک را کاهش می‌دهد. تنش کمبود آب از تنش‌های عمومی می‌باشد که اثرات بسیار نامطلوب بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد.[۲۳] تنش خشکی یک پدیده طبیعی است که در گیاهان به وجود می‌آید. علت اصلی تنش آب در گیاه افزایش میزان تلفات آب، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است به همین دلیل قبل از جذب آب توسط ریشه‌ها میزان تلفات آب ناشی از تعرق و میزان تنش افزایش می‌یابد.[۱۱]

یکی از راهبردهای نوین در مقابله با خشکی، تلقیح بذر گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد.[۱۷] باکتری‌های محرک رشد از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، افزایش عناصر معدنی خاک، مهار عوامل بیماری‌زا و نیز تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر و سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شوند.[۲۱] در حال حاضر باکتری‌های افزاینده رشد به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند.[۲۲] باکتری‌های افزاینده رشد، گروهی از باکتری‌ها بوده که به صورت مجتمع در ریشه گیاهان سبب افزایش عملکرد آنها می‌گردند.[۷] عوارض جانبی ناشی از کودهای شیمیایی و مشکل کم باروری خاک را می‌توان با استفاده از مایه تلقیح زیستی کاهش داد.[۲]

ضرابی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی بالاترین میزان تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را در شرایط کم آبیاری از تیمارهای تلقیح با ترکیب کودی باکتری‌های حل کننده فسفر، قارچ مایکوریزا و ۵۰٪ سوپر فسفات تریپل گزارش نمودند.[۲۷] *یاسمین و همکاران (۲۰۱۳)* ضمن شناسایی و معرفی سویه خاصی از باکتری‌های محرک رشد برای مناطق خشک و نیمه‌خشک، اعلام داشتند که باکتری‌های محرک رشد از طریق گسترش ریشه و بهبود مقدار نسبی برگ در گیاه ذرت باعث افزایش مقاومت به خشکی می‌شوند.[۲۴] *قسیمو همکاران (۲۰۱۳)* در پژوهشی جهت کنترل تنش خشکی در گندم با استفاده از باکتری‌های محرک رشد دریافتند که تلقیح باکتریایی به طور قابل ملاحظه‌ای میزان آسیب حاصل از تنش خشکی را در گیاه گندم کاهش می‌دهد. ایشان تأیید کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق سازوکارهای مستقیم و غیرمستقیم متعددی باعث افزایش تحمل گیاه گندم در برابر تنش خشکی می‌شوند.[۱۳] *لوسی و همکاران (۲۰۰۴)* مزایای پیش‌تیمار با باکتری‌های محرک رشد را شامل افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، وزن اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، همچنین مهار زیستی عوامل بیماری‌زا، مقاومت به خشکی و افزایش فعالیت میکروبی بیان کردند.[۱۴]

هدف از این پژوهش یافتن جایگزینی امن و سالم برای کودهای شیمیایی برای بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۷۰ تحت تنش رطوبتی در شرایط اقلیمی استان کرمانشاه بود و نتایج آن می‌تواند به توصیه مناسبی برای کشاورزان در شرایط محدودیت رطوبت منجر شود.

مواد و روش‌ها این آزمایش در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۶

جدول ۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1) Soil physical and chemical characteristics of experimental field

sand (%)	clay (%)	silt (%)	soil texture	organic matter (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (ppm)	EC (dS/m)	pH
36	20	54	loam sandy clay	0.59	288	6.9	0.066	0.47	7.3

متر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت طرح کرت‌های خردشده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح آب آبیاری شامل بدون تنش، تنش ملایم، متوسط و شدید و تلقیح بذور با سویه‌های باکتری شامل سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱[1]، سودوموناس پوتیدا سویه ۱۵۹[2] و سودوموناس فلورسنس سویه ۲۳[3] به همراه یک تیمار شاهد بدون تلقیح با باکتری بود. باکتری‌های مورد نظر از بخش میکروبیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور واقع در کرج تهیه شد. مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از محلول مایه تلقیح باکتری با جمعیت 10^9 سلول در هر میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتری که بر اساس روش شمارش کلنی برآورد شد، در دو نوبت ابتدا قبل از کاشت به صورت تلقیح بذور و دو ماه بعد از آن به صورت محلول پاشی برگی استفاده شد. از آب مقطر نیز به میزان مساوی و هم حجم با تیمار باکتری‌ها به عنوان شاهد استفاده شد.

برای تلقیح بذر قبل از کاشت، بذرهای ذرت هیبرید ۷۷۰ به مدت ۳۰ دقیقه در محلول حاوی ترکیب سویه‌های باکتری خوابانده شده و سپس بلافاصله نسبت به کاشت اقدام شد. کاشت در نیمه اول تیر ماه به عمق ۶ سانتی‌متر به صورت دستی انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۶۰ و فاصله بوته روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت، چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر را شامل شد. آبیاری بلافاصله پس از کشت بذرها و به صورت یکنواخت از طریق سیستم آبیاری بارانی برای همه تیمارها تا مرحله ۸ برگی انجام شد.

در زمان ۸ برگی بوته‌ها، تنش رطوبتی اعمال گردید. به منظور ایجاد سطوح مختلف تنش رطوبتی از سیستم آبیاری تک شاخه استفاده شد.[9] دور آبیاری ثابت فرض شده و یک روز قبل از آبیاری، از خاک نزدیک پای ریشه بوته‌ها در عمق گسترش ریشه، نمونه خاک تهیه و توزین شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۴ درجه سلسیوس قرار داده شد و با توجه به روابط ۱ و ۲ مدت زمان لازم برای کار کردن آب پاش‌ها تعیین گردید.[18]

$$I = \rho b(\theta FC - \theta m)D \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن I ارتفاع آب در هر آبیاری، θFC رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی، θm رطوبت وزنی خاک به هنگام آبیاری، ρb چگالی ظاهری خاک و D عمق مؤثر ریشه. حجم آب آبیاری نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد:

$$V = I \times A \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن V حجم آب مورد نیاز و A برابر مساحت هر کرت بر حسب متر مربع. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک ذرت نیز صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، طول بلال، عملکرد دانه در هر بوته و عملکرد دانه در واحد سطح براساس ۱۰ بوته تصادفی از خطوط دوم و سوم هر تیمار اندازه‌گیری شد.

[1] *Pseudomonas putida* Strain 41
[2] *Pseudomonas putida* Strain 159
[3] *Pseudomonas fluorescence* Strain 23

جدول ۳) تجزیه واریانس برخی صفات ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و تلقیح بذر با باکتری

Table 3) Variance analysis on some corn traits affected by water stress and bacterial inoculation

Source of variations	df	mean of square				
		plant height	ear length	no. of kernels per row	thousand kernel weight	grain yield
Replication	2	500.84**	12.28ns	62.65**	967.44**	814300.96ns
Water stress	3	20918.15**	139.45*	1082.77**	22744.47**	106390485.8**
Error 1	6	24.95	17.59	1.8	69.5	813170.69
Bacteria	3	481.73**	11.24**	297.02**	561*	9178904.09**
Stress × Bacteria	9	75.42ns	0.59ns	15.18**	21.19ns	5722432.58**
Error 2	24	80.71	2.25	2.07	126.94	813236.65
CV (%)		3.42	8.18	4.49	4.77	8.07

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

*and** significant at 5 and 1% probability levels respectively.

برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS ver 9.1 استفاده شد و مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و مقایسه میانگین اثرات متقابل نیز از روش برش‌دهی[1] استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثرات اصلی رژیم آبیاری و باکتری‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل آبیاری در باکتری بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). کاربرد با سویه‌های سودوموناس پوتیدا–۱۵۹ و سودوموناس فلورسنس–۱۲۳ کارایی قابل قبول و بهتری نسبت به سایر تیمارها از خود نشان دادند (جدول ۳). بین سطوح مختلف تنش خشکی، سطوح متوسط و شدید موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شدند (جدول ۴). با افزایش شدت تنش خشکی از ارتفاع بوته کاسته شد و در سطح تنش شدید و عدم کاربرد باکتری به کمترین مقدار خود رسید و کاربرد باکتری‌های محرک رشد در سطوح بدون تنش و تنش ملایم نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری اختلاف معنی‌داری نداشت، در عین حال کاربرد با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا–۱۵۹ و سودوموناس فلورسنس–۲۳ در سطوح تنش متوسط و شدید اختلاف معنی‌داری با تیمار سودوموناس پوتیدا–۴۱ و تیمار عدم کاربرد باکتری داشت (جدول ۵). عدم آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت، اگر چه تأثیر مستقیمی بر عملکرد نهایی دانه ندارد، لیکن بر استقرار بوته و توسعه رشد ساقه تأثیر گذاشته و تجمع مواد در این اندام‌ها را کاهش می‌دهد.[۱۹] *هرناندز و همکاران (۱۹۹۵)* افزایش وزن تر بوته، تعداد برگ و ارتفاع ذرت با تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس را گزارش کرده‌اند.[۱۰] پژوهشگران نشان دادند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی موجب کاهش ارتفاع بوته در ذرت گردید. از آنجا که در شرایط تنش خشکی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه در حال ازدیاد طولی کاهش می‌یابد و از طرفی تولید مواد اصلی از فتوسنتز نیز کم می‌شود، بنابراین، طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تأثیر خشکی به شدت کاهش می‌یابد.[۴]

[1] least square means test

جدول ۳) تأثیر پیش تیمار با باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات زراعی ذرت

Table 3) Effect of seed priming with growth promoting bacteria on some agronomic corn traits

Seed biopriming	plant height (cm)	ear length (cm)	thousand kernel weight (g)
***Pseudomonas putid* Strain 41**	260.67 ab	18.17 ab	235.89 ab
***Pseudomonas putida* Strain 159**	266.95 a	19.36 a	241.79 a
***Pseudomonas fluorescence* Strain 23**	267.38 a	18.73 ab	239.66 a
Non-inoculation (control)	253.92 b	17.08 b	226.34 b

جدول ۴) تأثیر سطوح مختلف تنش آبی بر برخی صفات زراعی ذرت

Table 4) Effect of different drought stress levels on some agronomic corn traits

Drought stress levels	plant height (cm)	ear length (cm)	thousand kernel weight (g)
Very mild stress	292.05 a	20.26 a	234.52 b
Mild stress	259.25 b	17.12 b	210.34 c
Severe stress	204.25 c	14.14 c	201.11 c
Control (normal irrigation)	293.37 a	21.82 a	297.71 a

حرف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می باشد

Similar letter in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level

طول بلال

رژیم‌های آبیاری و کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر طول بلال به ترتیب در سطح ۵ و ۱٪ معنی‌دار می‌باشد، در حالی که اثرات متقابل بین فاکتورها بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد با باکتری‌های محرک رشد طول بلال بیشتری را سبب شد و نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری از طول بلال بالاتری برخوردار بودند و از این میان سویه سودوموناس پوتیدا-۱۵۹ اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم کاربرد باکتری داشت (جدول ۳). طول بلال در تیمار عدم تنش نسبت به دیگر سطوح تنش بیشتر بود که نشان‌دهنده کاهش طول بلال با افزایش تنش خشکی می‌باشد (جدول ۴). طول بلال به طور غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیر دارد. زیرا موجب افزایش تعداد دانه در بوته ذرت شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.[۴] پژوهشگران طی مطالعه‌ای گزارش کردند که تنش خشکی مانع از رشد و توسعه گل آذین ماده در ذرت می‌گردد و کوتاه شدن طول، قطر، وزن خشک و وزن تر بلال در اثر کمبود آب روی بلال است.[۲۰] پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط باکتری‌های محرک رشد و افزایش قابلیت جذب روی، آهن و منگنز و همچنین توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش رشد و طول بلال مؤثر می‌باشد.[۱۶]

عملکرد دانه در ردیف

اثرات اصلی تنش خشکی و باکتری و نیز اثرات متقابل بر صفت عملکرد دانه در ردیف در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در تمام سطوح تنش کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش صفت عملکرد دانه در ردیف شد و با تیمار عدم کاربرد باکتری اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). پژوهشگران علت کاهش تعداد دانه در ردیف بلال را به عمیقی تخمدان گلچه‌ها

در اثر تنش خشکی نسبت داده‌اند.[۱۲] پژوهشگران تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه را به عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر در کاهش عملکرد ذرت، طی تنش خشکی اعلام نمودند.[۱۵] طی مطالعه‌ای مشخص شد که در شرایط بدون تنش رطوبتی صفات طول بلال، قطر چوب بلال، قطر بلال و ارتفاع بوته دارای بالاترین همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه هستند در حالی که در شرایط تنش شدید، صفات تعداد ردیف دانه در بلال، مجموع تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد داشتند.[۸] در پژوهشی بالاترین میزان تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی از تیمارهای تلقیح با ترکیب کودی باکتری‌های حل کننده فسفر، قارچ مایکوریزا و ۵۰٪سوپر فسفات تریپل گزارش نمودند.[۲۷] *فالچیری و فریونی (۱۹۹۴)* افزایش تعداد دانه‌ها در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.[۶]

وزن هزار دانه

اثرات اصلی تنش خشکی و باکتری بر صفت وزن هزار دانه به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل تنش خشکی در باکتری بر این صفت غیر معنی‌دار بود. با افزایش تنش

جدول ۵) اثر تنش خشکی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر برخی صفات زراعی ذرت

Table 5) Effect of drought stress and seed inoculation with plant growth promoting bacteria on some corn agronomic traits

Drought stress levels	Seed biopriming	no. of kernels per row	grain yield (kg/ha)
Control	no inoculation	34 c	13820 c
	Pseudomonas putida Strain 41	42 b	13851 b
	Pseudomonas putida Strain 159	52.17 a	13921.3 a
	Pseudomonas fluorescence Strain 23	48 a	13887 b
Very mild stress	no inoculation	29 d	12798 c
	Pseudomonas putida Strain 41	33.22 c	12812 c
	Pseudomonas putida Strain 159	38.73 a	12862 a
	Pseudomonas fluorescence Strain 23	35.61 b	12830 b
Mild stress	no inoculation	21.16 c	10098.1 d
	Pseudomonas putida Strain 41	29.82 b	11022.9 c
	Pseudomonas putida Strain 159	32.53 a	11258 a
	Pseudomonas fluorescence Strain 23	30.45 ab	11125 b
Severe stress	no inoculation	17.16 c	2777.1 c
	Pseudomonas putida Strain 41	21.52 b	7996.2 b
	Pseudomonas putida Strain 159	24.18 a	8847.6 a
	Pseudomonas fluorescence Strain 23	23.42 a	8820.2 a

در هر ستون و هر سطح تیمار آبیاری، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون برش‌دهی اثر متقابل در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column and irrigation treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using L.S.MEANS Test.

خشکی وزن هزار دانه کاهش یافت. همچنین سویه‌های مورد بررسی در این پژوهش توانستند وزن هزار دانه را افزایش دهند اما این افزایش در تمامی این سویه‌ها یکسان نبوده و نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری (شاهد) اختلاف معنی‌داری داشتند. کمبود آب در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش فتوسنتز گیاه، کاهش میزان مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌های ذرت می‌شود.[۴] یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه است.[۵] *یانادر و همکاران (۲۰۱۵)* گزارش کردند که کمبود آب در دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن دانه می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.[۲۵] پژوهشگران طی مطالعه‌ای اثر باکتری‌های محرک رشد بر وزن هزار دانه ذرت ۷۰۴ در سطح ۵٪ معنی‌دار دانسته و علت آن را تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد و تأمین عناصر غذایی توسط باکتری‌های محرک رشد دانسته‌اند که بدین صورت باعث تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه می‌شود.[۱۸]

عملکرد دانه

اثرات اصلی تنش خشکی، باکتری و همچنین اثرات متقابل تنش خشکی در باکتری بر عملکرد دانه در هکتار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تیمار با باکتری‌ها باعث افزایش عملکرد دانه در هکتار را شد و با تیمار شاهد به غیر از کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا-۴۱ در سطوح تنش کم اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه نسبت به گلدهی را می‌توان به انتقال مجدد مواد پرورده نسبت داد، به طوری که اگر گیاه در هنگام پر شدن دانه با تنش‌های محیطی به ویژه تنش خشکی روبرو شود، سهم مواد پرورده در انتقال مجدد در پر شدن دانه بیشتر می‌شود.[۳] پژوهشگران گزارش کردند که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت عملکرد آن را در مراحل مختلف کاهش می‌دهد، که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مراحله رشدی گیاه وابسته است.[۱] *زهیر و همکاران (۲۰۰۰)* افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح توأم بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس گزارش کردند.[۲۶]

نتیجه‌گیری کلی افزایش تنش میزان جذب مواد آلی و معدنی از خاک توسط گیاه را کاهش می‌دهد که این امر سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گردید از سوی دیگر مشخص گردید که افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح با باکتری‌ها حاکی از تأثیر مثبت باکتری‌ها در جذب فسفر به ویژه با افزایش تنش می‌باشد. بنابراین می‌توان اعلام نمود که باکتری‌های محرک رشد با ویژگی‌های محرک رشدی می‌توانند سبب افزایش تحمل گیاه نسبت به شرایط کم آبی گردند. بنابراین می‌توان از باکتری‌های محرک رشد به عنوان یک راه کار برای مقابله با تنش خشکی استفاده کرد.

سپاسگزاری بدینوسیله از رییس محترم مرکز تحقیقات کرمانشاه و همچنین کارکنان این مرکز و مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور به دلیل همکاری و مساعدت‌های لازم در اجرای این طرح بی‌نهایت تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Cakir R (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16.
2. Demissie SH, Muleta D, Bercha G (2013) Effect of phosphate solubilizing bacteria on seed germination and seedling growth of faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agricultural Research 8(3): 123-136.
3. Emam Y (2007) Cereal Production. (3rd ed.), Shiraz University Publication: Shiraz. [in Persian]
4. Emam Y, Seghatel Eslami MJ (2005) Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Publication: Shiraz. [in Persian]
5. Emam Y, RanjbarGh H (2001) The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize. Iranian Journal of Crop Science 2(3): 50-62. [in Persian with English abstract]
6. Fulchieri M, Frioni L (1994) Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays* L.): Effect on yield in a field experiment in Central Argentina. Soil Biology and Biochemistry 26(7): 921-923.
7. Gholami A, Shahsavani S, Nezarat S (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering 3(1): 9-14.
8. Ghazian Tafrishi SH, Ayenehband A, Tavakoli H, Khavari Khorasani S, Joleini M (2012) Investigating sweet corn (*Zea mays* L.) yield determining traits under normal irrigation and water deficit stress, using multivariate statistical methods. Environmental Stresses in Crop Sciences 5(1): 95-98. [in Persian with English abstract]
9. Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP, Wilson GD (1976) Line Source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Science Society of American Journal 40(3): 426-429.
10. Hernandes AN, Hernandes A, Heydrich M (1995) Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. Cultivos Tropicales 6: 5-8.
11. Hajebi AAH, Heydari Sharif Abad H (2005) Investigation of effect of drought on growth and nodulation of three species of clovers. Pajouhesh va Sazandegi 18(66): 13-22. [in Persian with English abstract]
12. Kalamian S, Modares Sanavi SA M, Sepehri A (2005) Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize. Agricultural Research (Water, Soil and Plant) 5(3): 38-53. [in Persian with English abstract].
13. Kasim WA, Osman ME, Omar MN, Abd El-Daim IA, Bejai S, Meijer J (2013) Control of drought stress in wheat using plant-growth- promoting bacteria. Journal of Plant Growth Regulation 32 (1): 122–130.
14. Lucy M, Reed E, Glick BR (2004) Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leewenhoek 86(1): 1-25.
15. Lack SH, Naderi A, Siadat SA, Ayenehband A, Nour-Mohammadi Gh, Moosavi SH (2008) The effects of different levels of irrigation, nitrogen and plant population on yield, yield components and dry matter remobilization of corn at climatical conditions of Khuzestan. Journal of Water and Soil Science, 11(42): 1-14. [in Persian with English abstract].
16. Mrkovacki N, Milic V (2001) Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. Annals of. Microbiology 51(2): 145-158.
17. Marulanda Aguirre A, Azcon R, Manuel Ruız Lozano J, Aroca R (2008) Differential effects of a bacillus megaterium strain on lactuca sativa plant growth depending on the origin of the arbuscular mycorrhizal fungus coinoculated: physiologic and biochemical traits. Journal of Plant Growth Regulation 27(1): 10-18.
18. Mahrokh A,Khajehpour MR (2010) Water regime effect on growth indices and quantitative and qualitative yields characteristics of sugar beet. Iranian Journal Field Crop Sciences 41(2): 235-246. [in Persian with English abstract].

19. Payero JO, Tarkalson DD, Irmak S, Davison D, Petersen JL (2009) Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management 96(10): 1387-1397.
20. Pandey RK, Maranville JW, Admou A (2000) Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural Water Management, 46(1): 1-13.
21. Sifola MI, Barbieri G (2006) Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil growth under different levels of nitrogen in the field. Scientic Horticulturae 108(4): 408-413.
22. Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheunga KC, Wong MH (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125(1-2): 155–166.
23. Xiong L, Schumaker KS, Zhu JK (2002) Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The Plant Cell 14: 165- 183.
24. Yasmin H, Bano A, Samiullah A (2013) Screening of PGPR isolates from semi-arid region and their implication to alleviate drought stress. Pakistan Journal of Botany 45(SI): 51-58.
25. Yoder AD, Beyer RS, Jones CK (2015) The effects of drought-affected grain and carbohydrase inclusion in starter diets on broiler chick performance. The Journal of Applied Poultry Research 24(2): 177-185.
26. Zahir AZ, Abbas SA, Khalid M, Arshad M (2000) Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Sciences 3(2): 289- 291.
27. Zarabi M, Alahdadi I, Akbari Gh, Abbas, Iran Nejad H, Ali-Akbari GH (2010) Reduction of drought stress effects on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) using mixed biofertilizers and phosphorus. Journal of Crops Improvement 12(2): 37-50. [in Persian with English abstract].

Effect of seed priming with growth promoting bacteria on yield and yield components of corn under drought stress

Agroecology Journal
Vol. 14 No. 4 (57-66)
(winter 2019)

Dariush Safari
Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of the Persian Gulf, Bushehr, Iran ✉dariush.s1987@gmail.com

Received: 09 November 2018 **Accepted:** 05 February 2019

Abstract Water deficit and resulted drought stress are the main factors of crop yield lose in arid and semi-arid regions. Plant growth promoting bacteria can be used as a biological solution to mitigate negative effects of drought stress. To investigate the effect of seed priming with growth promoting bacteria on yield and yield components of corn SC770 under different drought stress conditions, a split-factorial experiment based on randomized complete block design was conducted at Kermanshah Research Center during growing season of 2017-2018. Four irrigation levels including normal irrigation, very mild, mild, and severe stress were applied by implementing of single-branch irrigation system. The seeds are inoculated by *Pseudomonas putida* Strain 41, 159 and *Pseudomonas fluorescence* Strain 23. Bacterial inoculation had significant impact on all studied traits. Increasing stress level depressed all studied traits compared to normal irrigation condition. Also, at all stress levels, bacterial inoculation improved corn traits. Therefore, seed priming with growth-promoting bacteria especially *P. putida* Strain 159 is recommended for improving yield and plant drought tolerance.

Keywords
- bacterial inoculation
- biofertilizers
- bio-priming
- water stress

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.546030