نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۱/ ۱۳۹۸
Archive of SID
(DOI): 10.22092/JWRA.2019.119112

واکنش ذرت به تلقیح با ازتوباکتر در شرایط تنش خشکی

هوشنگ خسروی[۱]*

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

hkhosravi@areeo.ac.ir

چکیده

سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی ایران در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده و بنابراین گیاهان با تنش خشکی مواجه هستند. بنابراین افزایش تولید محصول در این شرایط و بر پایه کشاورزی پایدار دارای اهمیت زیادی است. ازتوباکتر یک باکتری تثبیت کننده نیتروژن مولکولی هوا است که می‌تواند رشد گیاهان را توسط ساز و کارهای مختلف تحریک نماید. تلقیح گیاهان با جدایه‌های برتر این باکتری که با مناطق خشک سازگار باشد ممکن است تحمل گیاه به تنش خشکی را افزایش دهد. در این مطالعه، اثر تلقیح جدایه‌های بومی باکتری ازتوباکتر جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک ایران در شرایط تنش خشکی بر رشد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل تیمار تلقیح با ۱۵ جدایه ازتوباکتر، تیمار شاهد (بدون تلقیح و بدون اعمال تنش) و تیمار کنترل (بدون تلقیح و با اعمال تنش خشکی) اجرا شد. برای اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی، رطوبت خاک در محدوده ۴۰ تا ۵۰ درصد تخلیه مجاز و در زمان شروع گلدهی تا مرحله برداشت از محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد تخلیه مجاز به روش وزنی نگهداری شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و وزن خشک خوشه‌ها نسبت به شاهد بدون تنش شد. تلقیح با جدایه Azc10 باعث افزایش معنی-دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار کنترل شد. این جدایه نسبت به تیمار بدون تلقیح در شرایط تنش خشکی موجب حدود ۲۰ درصد افزایش عملکرد اندام هوایی شد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، محرک رشد، مایه تلقیح

---

[۱] – آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات میکروبیولوژی خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب،کرج.

* دریافت: دی ۱۳۹۶ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حدود ۹۰ درصد سرزمین ایران خشک و نیمه‌خشک است و در نتیجه سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی با تنش خشکی مواجه هستند. خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده محیطی برای تولید محصولات کشاورزی و بهره‌وری گیاه است. همچنین آهنگ رشد شدت خشکی در دهه‌های اخیر در ایران روند افزایشی داشته است (بذر افشان و خلیلی، ۲۰۱۳).

ذرت (*Zea mays*. L) از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران است که سطح زیر کشت نوع علوفه‌ای آن ۱۹۹ هزار هکتار با تولید ۲۸۷۶۰۰۰ تن است که برای تغذیه انسان، دام و کاربردهای صنعتی کشت می شود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷) ؛ بنابراین ارائه راهکارهای مبتنی بر کشاورزی پایدار برای افزایش تحمل ذرت به خشکی و تولید محصول در این شرایط دارای اهمیت است. یکی از راهکارها، استفاده از پتانسیل بالقوه ریزجانداران خاک و کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های افزاینده رشد گیاه[2] یا به اختصار PGPR است. از مهمترین دلایل تاثیر PGPR بر رشد گیاه، توان تثبیت نیتروژن مولکولی، تولید هورمون‌های محرک رشد (کوگرجا و همکاران، ۲۰۰٤)، حلالیت فسفات‌های نامحلول (کومار و نارولا، ۱۹۹۹) و تولید سیدروفور (کورنیش و پیج، ۱۹۹۸) گزارش شده است. در بین ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، ازتوباکتر[3] به دلیل توزیع گسترده در خاک‌ها و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها در ریزوسفر گیاهان، دارای اهمیت ویژه‌ای است. مزیت نسبی ازتوباکتر نسبت به سایر محرک رشدها این است که ضمن دارا بودن خصوصیات محرک رشد دارای توان تشکیل کیست[4] است که باعث می‌شود باکتری را در برابر شرایط نامساعد محیطی حفظ کند و درنتیجه در شرایط خشکی ممکن است تا ده‌ها سال نیز همچنان زنده بماند (مورنو و همکاران، ۱۹۸٦). در هر حال عملکرد PGPR تحت تاثیر شرایط تنشی از جمله خشکی قرار می‌گیرد و ممکن است کارایی که در شرایط عادی بر روی گیاه داشته است در شرایط تنش خشکی نداشته باشد. برای این منظور پیشنهاد شده است که از باکتری‌های بومی جداسازی از مناطق خشک که با آن شرایط سخت، سازگار شده‌اند استفاده شود (سون و همکاران، ۲۰۰٦). گزارش شده است که تلقیح گیاه با باکتری‌های بومی جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک باعث مقاومت آن به شرایط تنش خشکی می‌شود (ساندیا و همکاران، ۲۰۱۰؛ مارولاندا و همکاران، ۲۰۰۸). تلقیح ذرت با آزوسپیریلوم تحت شرایط تنش خشکی، وزن توده زنده گیاه را نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش داد (کازانواس و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین تلقیح گندم با آزوسپیریلوم تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه را افزایش داد (سرئوس و همکاران، ۲۰۰٤).

بنابراین سویه یا سویه‌هایی از باکتری‌های PGPR دارای مزیت‌های مختلف و جداسازی شده از مناطق بومی سازش یافته با شرایط خشکی ممکن است اثرات بهتری در رشد گیاه داشته باشند. لازم به ذکر است تاکنون مایه تلقیحی ویژه ذرت برای شرایط خشک در ایران ارائه نشده است. معمولا مایه تلقیح‌ها به صورت مقادیر کم در حدود یک یا چند لیتر و یا کیلوگرم در هکتار به صورت بذرمال توصیه می‌شوند لذا چنانچه موفقیتی در این زمینه حاصل شود این موضوع از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود. در این پژوهش از باکتری‌های ازتوباکتر جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک ایران برای تلقیح ذرت در شرایط تنش خشکی استفاده شد. هدف نهایی از این پژوهش انتخاب یک یا چند جدایه ازتوباکتر برای ادامه پژوهش‌ها در شرایط تنش خشکی درگیاه ذرت بود.

[2] -Plant Growth Promoting Rhizobacteria
[3] - *Azotobacter*
[4] - Cyst

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۵ جدایه ازتوباکتر از بانک ریزجانداران مفید خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. این جدایه‌ها در پژوهش‌های قبلی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران جداسازی و شناسایی شده بودند (شیرین بیان، ۱۳۹۵). مختصات جغرافیایی نقاط مورد نمونه‌برداری خاک‌ها و برخی خصوصیات جدایه‌ها در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک‌های استفاده شده برای جداسازی ازتوباکتر

شماره جدایه	محل نمونه برداری	مختصات جغرافیایی نمونه خاک	$pH_e^{\#}$	$EC_e^{\#}$ ($dS.m^{-1}$)	نوع کاربری زمین	شماره جدایه	محل نمونه برداری	مختصات جغرافیایی نمونه خاک	$pH_e^{\#}$	$EC_e^{\#}$ ($dS.m^{-1}$)	نوع کاربری زمین
Azc1	تاکستان	E 49º42′38″ N 35º50′34″	۷/۵۸	۳/۲۹	زراعی	Azc9	قم	E 51º39′47″ N 35º20′21″	۷/۶۲	۰/۵۶	مرتعی
Azc2	تاکستان	E 49º36′32″ N 35º51′23″	۷/۷۵	۰/۸۰	مرتعی	Azc10	قم	E 51º40′48″ N 35º19′46″	۷/۵۷	۳/۳۴	مرتعی
Azc3	تهران	E 51º26′13″ N 35º39′20″	۷/۵۹	۰/۶۳	زراعی	Azc11	قم	E51º40′48″ N 35º19′46″	۷/۶۷	۱/۳۵	زراعی
Azc4	تهران	E 51º21′09″ N 35º23′52″	۷/۴۳	۲/۲۹	مرتعی	Azc12	قم	E 51º40′48″ N 35º19′46″	۷/۶۱	۲/۹۲	زراعی
Azc5	قم	E 50º50′47″ N 34º50′29″	۷/۶۰	۲/۸۴	مرتعی	Azc13	قم	E 51º40′33″ N 35º19′40″	۷/۸	۱/۶۴	زراعی
Azc6	قم	E 51º27′07″ N 34º47′49″	۸/۲۰	۱/۲۸	مرتعی	Azc14	کرج	E 50º57′10 N 35º45′41″	۷/۶	۱/۲۵	زراعی
Azc7	قم	E 51º29′13″ N 35º31′36″	۷/۹۲	۱/۷۲	مرتعی	Azc15	کرج	E 50º57′22″ N 35º45′36″	۷/۶۵	۱/۱۴	زراعی
Azc8	قم	E 51º39′47 N 35º20′21″″	۸/۲۹	۳/۹۵	مرتعی						

اندازه گیری شده در عصاره اشباع خاک

به منظور بررسی اثر جدایه‌های مذکور بر رشد ذرت در شرایط تنش خشکی آزمایشی بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در شرایط گلخانه‌ای طراحی شد. تیمارها شامل ۱۵ تیمار تلقیحی با باکتری ازتوباکتر، تیمار شاهد (بدون تلقیح و بدون اعمال تنش) و تیمار کنترل مثبت (بدون تلقیح و با اعمال تنش) و در سه تکرار بود. گلدان-های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۲۲ سانتی متر با پنج کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک پنج میلی‌متری پر شد. خاک مورد استفاده برای کشت گلخانه‌ای از مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در حدول دو ارائه شده است. برای تهیه مایه تلقیح از محیط کشت وینوگرادسکی استفاده شد (گاریتی و همکاران، ۲۰۰۵). ارلن‌های حاوی هر باکتری به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد روی شیکر انکوباتوردار قرار گرفتند. جمعیت تقریبی در هنگام تلقیح ۱×۱۰^{۷} سلول در میلی‌لیتر محیط کشت بود. از هر مایه تلقیح پنج میلی‌لیتر به ازای هر بذر استفاده شد. بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. بذرها بر روی ظروف پتری حاوی محیط آب-آگار یک درصد در انکوباتور و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد جوانه‌دار شدند. در هر گلدان سه عدد بذر جوانه دار کشت شد. قبل از آماده سازی گلدان‌ها، خاک مورد استفاده از نظر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بررسی شد. نیتروژن کل به روش کجلدال، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال و فسفر قابل جذب با روش اولسن اندازه‌گیری شد. عناصر روی، آهن، مس و منگنز قابل جذب با استفاده از روش عصاره‌گیری خاک با DTPA و قرائت عناصر یاد شده در عصاره گرفته شده با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شد (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) در عصاره اشباع خاک، کربن آلی با روش والکی بلاک، درصد شن، سیلت و رس خاک با روش هیدرومتر بایکاس و بافت خاک ازطریق مثلث بافت خاک محاسبه شد (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) با استفاده از میانگینی از روش صفحه تحت فشار در ۰/۳ بار و روش گلدانی محاسبه شد. رطوبت نقطه پژمردگی دائم (PWP) با استفاده از روش صفحه تحت فشار در ۱۵ بار اندازه‌گیری شد. بعد از مرحله چهار برگی، دو گیاهچه در هر گلدان باقی گذاشته شد. در طول دوره رشد تنش خشکی به صورت زیر اعمال و مدیریت شد:

از مرحله چهار برگی تا انتهای مرحله رویشی رطوبت خاک در محدوده ٤٠ تا ٥٠ درصد تخلیه مجاز (معادل ٥٠ تا ٦٠ درصد ظرفیت مزرعه) و در زمان شروع گلدهی تا مرحله برداشت از محدوده ٥٠ تا ٦٠ درصد تخلیه مجاز (معادل ٤٠ تا ٥٠ درصد ظرفیت مزرعه) نگهداری شد. رطوبت تیمار شاهد بدون تنش در طول دوره رشد در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه حفظ شد. تنش خشکی با استفاده از نگهداری رطوبت خاک در محدوده‌های ذکر شده اعمال گردید برای این منظور گلدان‌ها به طو روزانه بوسیله ترازو توزین شدند. حد پایین رطوبت مورد نظر ملاک آبیاری در نظر گرفته شد بطوریکه با توزین هر گلدان و افزودن آب و رساندن آن به حد بالای محدوده رطوبتی مورد نظر تنظیم شد. در آخر مرحله رشد، طول بوته‌ها اندازه‌گیری شدند. بعد از ۱۲۰ روز محصول برداشت شد. ابتدا خوشه‌های بلال و سپس کل اندام‌هوایی از محل طوقه جدا شد. نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند. شاخص‌های وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع گیاه و وزن خوشه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statistix 10 و میانگین داده‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای در جدول دو آورده شده است.

اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک اندام هوایی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این جدول اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد.

جدول ۲- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای

pHe*	ECe* ($dS.m^{-1}$)	بافت	رس	شن	سیلت	ماده آلی	ظرفیت مزرعه (FC)	پژمردگی دائم (PWP)	پتاسیم K_{ava}	نیتروژن کل (N)	فسفر P_{ava}	T.N.V	روی (Zn)	مس (Cu)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)
			%										$mg.kg^{-1}$			
۷/۵۴	۰/۴۰	لومی شنی	۱۳/۵	۶۵	۲۱/۵	۰/۴	۲۴/۳	۸/۴	۳۸۰/۳۰	۰/۰۴	۲/۸	۱۰	۰/۵	۱/۲	۵/۳	۱۱/۹

*اندازه‌گیری شده در عصاره اشباع خاک

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک اندام هوایی

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	احتمال (P)
تکرار (بلوک)	۲	۲۰/۴۷	۱۰/۲۳		
تیمار	۱۶	۱۱۹۴/۱۸	۷۴/۶۳**	۳/۳۷	۰/۰۰۲
خطا	۳۲	۷۰۸/۶۳	۲۲/۱۵		
کل	۵۰	۱۹۲۳/۲۷	-		
ضریب تغییرات (CV)	۱۱/۱۵				

www.SID.ir

Archive of SID

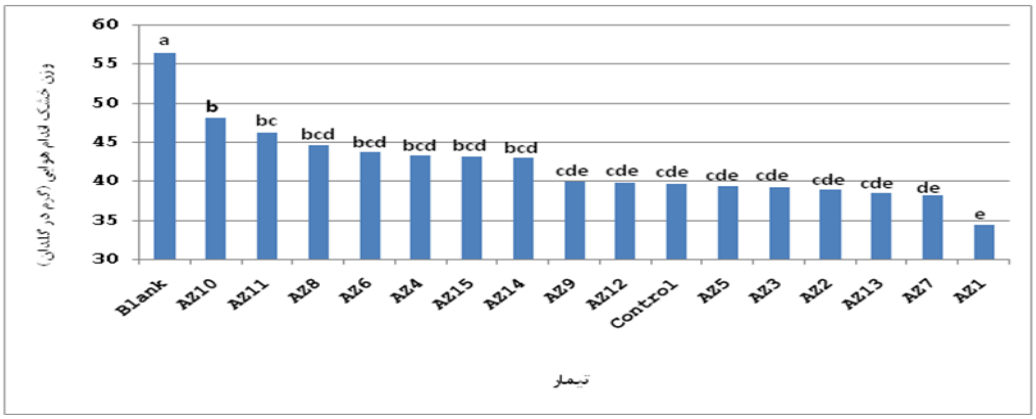
مقایسه میانگین داده‌های وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد در نمودار یک نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمار کنترل و جدایه AZ10 از نظر اثر بر وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک خوشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک خوشه در جدول چهار ارائه شده است. نتایج از حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود.مقایسه میانگین داده‌های وزن خشک خوشه در نمودار ۲ نشان داده شده است. در این نمودار بیشترین اختلاف معنی‌دار مربوط به نمونه شاهد بدون تنش و بدون تلقیح بود.

اثر تیمارهای مختلف برارتفاع بوته

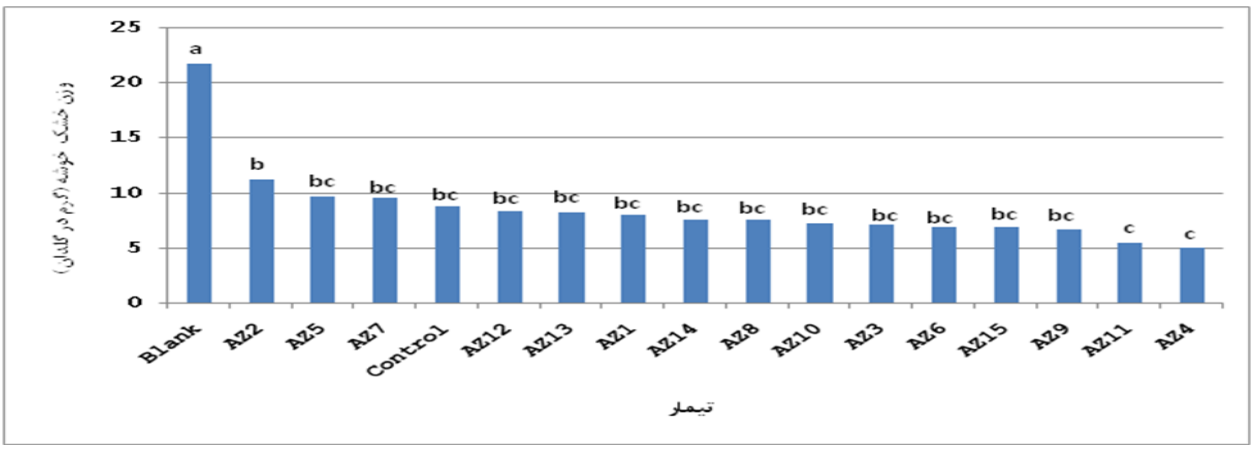
نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته در جدول ۵ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در مورد وزن خشک خوشه مشاهده شد.



نمودار ۱- مقایسه میانگین داده‌های وزن خشک اندام هوایی

جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک خوشه

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	احتمال (P)
تکرار (بلوک)	۲	۹۴/۷۱	۴۷/۳۶		
تیمار	۱۶	۶۵۹/۲۰	۴۱/۲۰**	۴/۴۹	۰/۰۰۰۱
خطا	۳۲	۲۹۳/۳۳	۹/۱۷		
کل	۵۰	۱۰۴۷/۲۴	-		
ضریب تغییرات (**CV**)	۳۵				



نمودار ۲- مقایسه میانگین داده‌های وزن خشک خوشه

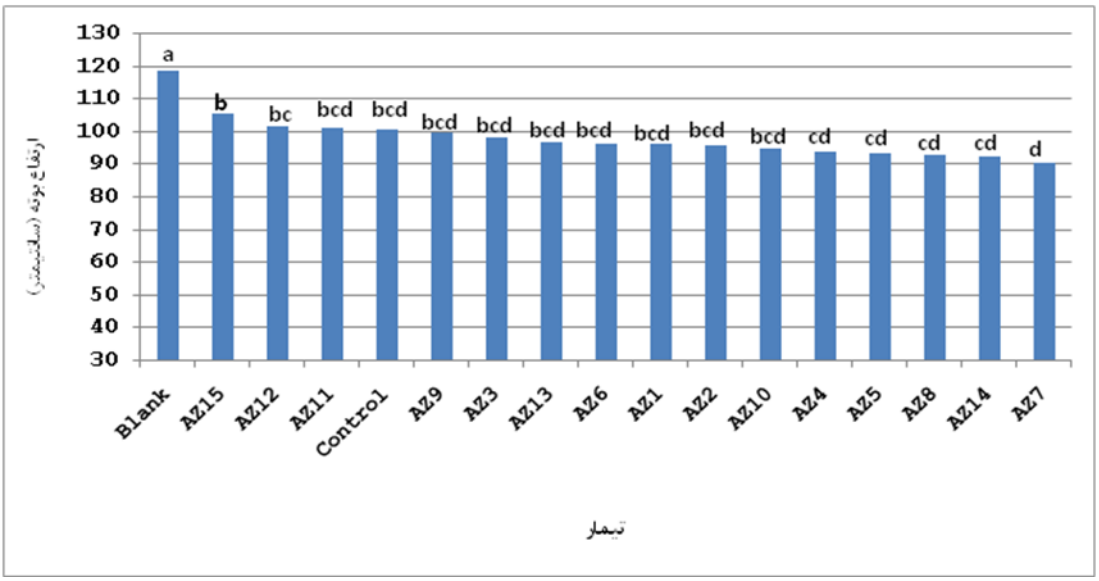
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	احتمال (P)
تکرار (بلوک)	۲	۴۲۸/۷۵	۲۱۴/۳۷		
تیمار	۱۶	۲۰۶۴/۴۱	۱۲۹/۰۳**	۲/۸۶	۰/۰۰۶
خطا	۳۲	۱۴۴۱/۵۹	۴۵/۰۵		
کل	۵۰	۳۹۳۴/۷۵			
ضریب تغییرات (CV)	۶/۸۲				

مقایسه میانگین داده‌های ارتفاع بوته در نمودار سه نشان داده شده است. اختلاف معنی‌دار بوجود آمده مربوط به تیمار شاهد بدون تنش و بدون تلقیح بود. تیمارهای تلقیحی اختلاف معنی‌داری با تیمار کنترل در مورد ارتفاع بوته نشان ندادند.



نمودار ۳- مقایسه میانگین داده‌های ارتفاع بوته

بحث

در پژوهش حاضر از باکتری‌های ازتوباکتر بومی جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک ایران استفاده شد (جدول یک). یکی از استدلال‌های این مسئله این می‌تواند باشد که باکتری‌های بومی مناطق خشک و نیمه خشک از نظر ژنتیکی با شرایط کم آبی و تنش خشکی سازگاری پیدا کرده باشند. لذا استفاده از آنها به عنوان مایه تلقیح در شرایط تنش خشکی ممکن است مقاومت گیاه را در برابر کم آبی بیشتر کند. در این رابطه گزارش شده است که تلقیح گیاهان با باکتری‌های بومی جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک اثرات بهتری نسبت به باکتری‌های غیر بومی بر رشد گیاهان در شرایط تنش دارند (ساندیا و همکاران، ۲۰۱۰؛ مارولاندا و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده است که تلقیح با باکتری-های جداسازی شده از مناطق خشک و بیابانی موجب افزایش رشد فلفل شده است (ماراسکو و همکاران، ۲۰۱۳).

در این پژوهش در مرحله رویشی، رطوبت خاک در محدوده ٤٠ تا ٥٠ درصد تخلیه مجاز و در زمان شروع گلدهی تا مرحله برداشت از محدوده ٥٠ تا ٦٠ درصد تخلیه مجاز نگهداری شد. وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰٤، در چهار دوره استقرار، رویشی، گلدهی و رسیدن محصول به ترتیب ٤۲/۸، ٥۹/۲، ٥۸/۹ و

www.SID.ir

Archive of SID

۶۷/۵ درصد تخلیه FC گزارش کردند. جارالهی و مهدویان (۱۳۷۹) حداکثر تخلیه مجاز ذرت را برای مرحله استقرار ٤٠٪ و برای مراحل رویشی و گلدهی ۵۵ تا ٦۵ درصد و مرحله رسیدن دانه ۸۰٪ گزارش کردند.

همانطوری‌که نتایج نشان داد در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار همه شاخص‌های رشد مورد اندازه‌گیری در ذرت شد؛ بنابراین شرایط لازم برای مشاهده اثر تلقیح باکتری بر رشد گیاه فراهم شده بود. کاکیر (۲۰۰٤) گزارش کرد که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت عملکرد آن را در درجات متفاوت کاهش می‌دهد که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مرحله رشدی گیاه نیز وابسته است. شعرباف و احمدی (۱۳۷۷) در آزمایشی جهت بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های رویشی ذرت گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و ارتفاع گیاه می‌گردد. رنجبر (۱۳۸٤) گزارش داد که اثر تنش شدید خشکی در مراحل مختلف رشد باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه و کاهش عملکرد دانه ذرت گردید. شعاع حسینی و همکاران (۱۳۸۷) در آزمایشی با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد ذرت و صفات وابسته به آن گزارش کردند که بیشترین اثر تنش خشکی بر عملکرد بود.

همانطوریکه نتایج نشان داد تیمار Azc10 در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار بدون تلقیح شد. این جدایه در شرایط تنش خشکی موجب افزایش ۲۱/۳ درصدی عملکرد اندام هوایی نسبت به تیمار بدون تلقیح ولی با همان شرایط تنشی شد. لازم به ذکر است که وزن خشک اندام‌هوایی در ذرت علوفه‌ای شاخص مهمی می‌باشد. گزارش شده است که تلقیح ذرت با باکتری‌های سودوموناس مقاوم به خشکی موجب افزایش برخی شاخص‌های رشد از جمله وزن توده زنده[5] تحت شرایط تنش خشکی شد (ساندیا و همکاران، ۲۰۱۰). ناصری و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تلقیح باکتریایی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با گیاه ذرت تحت تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد بالاترین میزان ارتفاع بوته، ردیف بلال، تعداد دانه و وزن هزار دانه را ایجاد کرده است. چاندراسکار و همکاران (۲۰۰۵) افزایش ارتفاع ارزن را بر اثر تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه بکاربردن اوره گزارش دادند. هادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند ازتوباکتر به همراه مایه تلقیح سویا نسبت به تیمار بدون مایه تلقیح در شرایط تنش خشکی موجب افزایش تعداد و وزن تر و خشک گره شد.

ضرابی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات با افزایش رشد ذرت و جذب فسفر، منجر به افزایش تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش کم‌آبی شدند. توان حل کنندگی فسفات-های نامحلول در سویه‌های مورد بررسی در پژوهش‌های قبلی اثبات شده است (شیرین بیان، ۱۳۹۵).

به نظر می‌رسد دلیل تاثیر باکتری‌های محرک رشد از جمله ازتوباکتر بر رشد گیاه مربوط به مجموع و برآیند خصوصیات منسوب به محرک رشد مختلف باشد. تحقیقات قبلی بر روی این جدایه‌ها دارا بودن خواص محرک رشدی و تحمل به خشکی آنها را اثبات کرده است (شیرین بیان، ۱۳۹۵). استدلال های مستندی در این زمینه وجود دارد که از جمله می‌تواند مرتبط با افزایش سطح سیستم جذبی گیاه باشد. پتن و گلیک (۲۰۰۲) در تحقیقی به‌عنوان کنترل تنش خشکی در گندم با استفاده از باکتری-های محرک رشد دریافتند که تلقیح باکتریایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان آسیب حاصل از تنش خشکی را در گیاه گندم کاهش داد. آن‌ها نیز اشاره داشتند که باکتری-های محرک رشد از طریق ساز و کارهای متعددی چه به-صورت مستقیم و چه غیرمستقیم باعث افزایش تحمل گیاه گندم در برابر تنش خشکی می‌شوند. تلقیح گونه‌های مختلف گیاهی با باکتری‌های PGPR باعث افزایش رشد ریشه و یا افزایش تشکیل ریشه‌های فرعی از طریق ترشح هورمون اکسین توسط این باکتری‌ها شده و به دنبال آن

[5] - Biomass

www.SID.ir

Archive of SID

سطح مؤثر ریشه افزایش‌یافته و نهایتاً جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه تحت شرایط تنش خشکی افزایش می-یابد. تولید ایندول استیک اسید توسط ازتوباکتر باعث تغییرات در معماری سیستم ریشه از طریق افزایش تعداد انشعابات و سطح ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی می‌شود که به گیاهان کمک می‌کند تا با کمبود آب مقابله کنند (مانتلین و تورین، ۲۰۰٤). اصغر و همکاران (۲۰۰۲) افزایش ۵/۸ درصدی ارتفاع بوته ذرت را به‌واسطه تلقیح آن با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش نمودند. آن‌ها تولید ایندول استیک اسید به وسیله سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را عامل افزایش قابل ملاحظه در رشد و عملکرد گزارش کردند.

الافری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که ازتوباکتر و سودوموناس با ترشحات هورمونی خود اثرات تنش خشکی بر گندم را کاهش و موجب بهبود عملکرد این گیاه شدند و همچنین بیان کردند که استفاده از این باکتری‌ها می‌تواند بهره‌وری زیستی آب موجود در خاک را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر جدایه‌های ازتوباکتر جداسازی شده از مناطق خشک و نیمه خشک ایران در شرایط تنش خشکی در یک آزمون گلخانه‌ای بر رشد ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تلقیح با یکی از جدایه‌ها در شرایط تنش خشکی عملکرد اندام هوایی به عنوان شاخصی مهم در ذرت علوفه‌ای نسبت به شاهد بدون تلقیح را افزایش داد. جدایه برتر بدست آمده، برای ادامه پژوهش‌های تکمیلی انتخاب شد.

قدردانی

از آقای دکتر اسدی رحمانی رئیس وقت بخش تحقیقات بیولوژی خاک و کارشناسان این بخش، بویژه خانم‌ها اربابی و علیزاده به خاطر همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

۱. جارالهی، ر. و م. مهدویان. ۱۳۷۹. واکنش عملکرد محصول نسبت به آب. ترجمه نشریه شماره ۳۳ و مباحثی از نشریه شماره ٥٦ فائو .انتشارات شابک، ۳۳۵ صفحه.

۲. رنجبر، ح. ۱۳۸٤. تأثیر تنش خشکی و تنک کردن در مراحل مختلف رشد بر ویژگیهای ظاهری فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز .۱۱٦ صفحه.

۳. شعاع حسینی، م.، فارسی، م. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۸۷. بررسی اثرات کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه علیت. مجله دانش کشاورزی. (۹۲)۱: ۸۵ -۷۱.

٤. شعرباف خجسته، س. و احمدی، م. ۱۳۷۷. بررسی اثرات رژیم مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات کرج. ۷ -٤ شهریور ماه ۱۷۳-۱۷۱.

۵. شیرین‌بیان ش. ۱۳۹۵. غربالگری باکتری‌های ازتوباکتر و بررسی نقش آنها در رشد ذرت در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۹٤ صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

٦. علی احیائی، م .و ع .ا .بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک .سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۸ ، جلد اول، ۱۲۹صفحه.

۷. هادی ح.، اصغرزاده ا.، دانشیان ج.، حمیدی آ.، ۱۳۸۹. تأثیر مایه تلقیح سویا و ازتوباکتر بر گیاهان حاصل از بذرهای سویای تولید شده در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، ۲٤(۱۳): ۱۷۷-۱٦٥.

۸. وردی نژاد، و.، بشارت، س.، و ح. احمدی. ۱۳۹۰ .برآورد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد با استفاده از اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا . نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(٦): ۱۳۵۲-۱۳٤٤.

۹. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی. ۱۱٦ صفحه.

10. Asghar, H., Zahir, Z., Arshad, M. and Khaliq, A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. Biology and Fertility of Soils, 35(4): 231-237.
11. Bazrafshan, J., Khalili, A., 2013. Spatial analysis of meteorological drought in Iran from 1965 to 2003, Dessert, 18, 63-71.
12. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crop Res. 89:1-16.
13. Casanovas, E.M., Barassi, C.A., Sueldo, R.J. 2002. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. Cereal Res. Commun. 30, 343–350.
14. Chandrasekar, B., Ambrose, G. and Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. Journal of Agricultural Technology, 1(2): 223-234.
15. Cornish, A.S., Page, W.J., 1998. The catecholate siderophores of *Azotobacter vinelandii*: Their affinity for iron and role in oxygen stress management. Microbiology, 144, 1747-1754.
16. Creus, C.M., Sueldo, R.J., Barassi, C.A., 2004. Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. Can. J. Bot. 82, 273–281.
17. El-Afry, M., El-Nady, M., Belal, E. and Metwaly, M. 2012. Physiological responses of drought stressed wheat plants (*Triticum aestivum* L.) treating with some bacterial endophytes. J. plant protection, Mansoura Univ, 3(7): 2069-2089.
18. Garrity, G.M., Bell, J.A., Lilburn, T., 2005. Class III.Gammaproteobacteria class. In Bergey's manual of systematic bacteriology, 2nd edn, vol. 2 (The Proteobacteria), part B (The Gammaproteobacteria), p. 1. Edited by D. J. Brenner, N. R. Krieg, J. T. Staley & G. M. Garrity. New York: Springer.
19. Kukreja, K., Suneja S., Goyal, S., Narula, N., 2004. Phytohormone production by *Azotobacter*- A Review. Agric. Rev. 25 (1), 70 –75.
20. Kumar, V., Narula, N., 1999. Solubilization of inorgainc phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biol. Fertil. Soils. 28, 201-305.
21. Mantelin, S. and Touraine, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. Journal of experimental Botany, 55(394): 27-34.
22. Marasco, R., Rolli, E., Vigani, G., Borin, S., Sorlini, C., Ouzari, H., Zocchi, G.,Daffonchio, D., 2013. Are drought-resistance promoting bacteria cross-compatible with different plant models? Plant Signal. Behav. 8 (10), e26741.
23. Marulanda, A., Azco´n, R., Ruı´z-Lozano, J.M. and 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. J. Plant Growth Regul., 27, 10-18.
24. Moreno, J., Gonzalez-Lopez, J. and Vela, G.R. 1986. Survival of *Azotobacter* spp. in dry soils. Appl Environ Microb. 51(1): 123-125.

www.SID.ir

Archive of SID

25. Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A. and Tahmasebei, G.R. 2013. The Effect of deficit irrigation and *Azotobacter Chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components of maize (SC 704) as a second cropping in western Iran. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 2(10): 104-112.
26. Patten, C.L. and Glick, B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and environmental microbiology, 68(8): 3795-3801.
27. Sandhya, V., Ali, S.K.Z., Grover, M., Reddy, G. and Enkateswarlu, B.V., 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regul. 62, 21-30.
28. Son, H.J., Park, G.T., Cha, M.S., Heo, M.S., 2006. Solubilization of insoluble inorganic phosphate by a novel salt- and pH-tolerant Pantoea agglomerans R-42 isolated from soybean rhizosphere. Bioresour. Technol. 97, 204–210.
29. Zarabi, M., Alhadi, I., Akbari Gh.A. 2011. A study on the effects of different biofertilizer combinations on yield, its components and growth indices of corn (Zea mays L.) under drought stress condition. African journal of agricultural research, 6(2): 681-685.

www.SID.ir

Archive of SID

Response of Maize to Inoculation with *Azotobacter* under Drought Stress Conditions

H. Khosravi [1] *

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
hkhosravi@areeo.ac.ir

Abstract

A wide range of Iranian agricultural lands is located in arid and semi-arid regions and, hence, crops face some drought stress. Therefore, sustained agricultural production is important in these circumstances. *Azotobacter* is a molecular-nitrogen-fixing bacterium, which promotes plant growth by various mechanisms and may provide drought resistance. Inoculation of crops with superior bacterial isolates compatible with dry areas may increase plant tolerance to drought stress. In this study, the effect of inoculation of native isolates of *Azotobacter* isolated from arid and semi-arid regions of Iran under drought stress conditions was investigated on the growth of maize silage cultivar i.e. Single Cross 704, in greenhouse conditions. The experiment was conducted as a completely randomized block design (RCBD) with three replications including inoculations with 15 *Azotobacter* isolates, blank (no inoculation and no drought stress), control (no inoculation but with drought stress). In order to apply drought stress by weighing method, soil moisture content in the vegetative stage was allowed to drop to 40-50% of allowable moisture depletion, and at flowering stage to harvesting, a range of 50-60% was maintained. The results showed that drought stress significantly decreased shoot dry weight, plant height, and dry weight of corncob compared to non-stress control. Inoculation with Azc10 resulted in a significant increase in the shoot dry weight compared to the control. This isolate increased the shoot yield by about 20% compared to non-inoculated treatment under drought stress conditions.

Keywords: Water stress, Growth promoter, Inoculum

[1] - Corresponding author: Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.

* - Received: January 2018, and Accepted: May 2019

www.SID.ir