تأثیر دو جدایه باکتری مقاوم به شوری بر رشد جو در سطوح مختلف شوری خاک

صفورا جعفری، مصطفی چرم[1]، نعیمه عنایتی‌ضمیر و حسین معتمدی

کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ **Jafari_sa64@yahoo.com**

دانشیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ **mchorom@yahoo.com**

استادیار، گروه مهندسی علوم خاک ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ **n.enayatzamir@scu.ac.ir**

دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ **hh.motamedi@yahoo.com**

دریافت: **92/7/23** و پذیرش: **93/11/29**

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که از رشد و بهره‌وری گیاهان جلوگیری می‌کند. استفاده از باکتری‌های ریزوسفری مقاوم به شوری یک راهبرد مؤثر برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر دو جدایه باکتری ریزوسفری مقاوم به شوری بر ارتقاء رشد جو در خاک‌های شور می‌باشد آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور شوری در 4 سطح (2، 4، 8 و 12دسی‌زیمنس‌برمتر) و باکتری در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح شده با *باسیلوس سابتیلیس* و *کورینه‌باکتریوم گلوتامیکوم*) در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه اجرا شد. پس از 8 هفته برخی شاخص‌های رشد جو از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد برگ و میزان کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح شوری بر تمام پارامترها معنی‌دار شد. تلقیح باکتری در سطوح مختلف شوری به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی (P<0/05)، میزان کلروفیل برگ (P<0/05) و ارتفاع بوته (P<0/001) گردید. نتایج این تحقیق تأثیرات بهبودبخشنده‌ی باکتری‌های ریزوسفری مقاوم به شوری را بر کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در جو نشان داد.

واژه‌های کلیدی: *باسیلوس سابتیلیس*، تنش، شاخص‌های رشد، *کورینه‌باکتریوم گلوتامیکوم*

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

مقدمه

یکی از معضلات جدی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مسئله شوری و تجمّع املاح در لایه سطحی خاک می‌باشد که باعث کاهش عملکرد و سطح زیرکشت می‌گردد (جلیلی و همکاران، 1386). در حال حاضر خاک‌های شور 7 درصد از اراضی سطح زمین را اشغال کرده‌اند (اولین و همکاران، 2009). در ایران حدود 20 درصد از کل اراضی کشور (34 میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارد (سادات و همکاران، 1389). مهم‌ترین اثرات تنش شوری بر رشد گیاه عبارتند از اثر تنش اسمزی، برهم خوردن تعادل یونی در گیاه و اثر سمیت یونی (همایی، 1381؛ اولین و همکاران، 2009). اثرات منفی شوری روی رشد گیاه به وسیله یون‌های سمّی مثل کلر و سدیم، تولید اتیلن، پلاسمولیز، عدم تولید مواد غذایی، ممانعت از فتوسنتز و در نهایت ممانعت از جوانه-زنی بذرها و رشد آنها، گلدهی و تشکیل میوه اعمال می‌شود (بارتلز و سانکار، 2005).

راهبردهای اساسی برای کاهش تنش شوری عبارتند از: آبشویی نمک‌های محلول اضافی از سطح خاک به اعماق پایین خاک، مسطح و تراز کردن خاک‌های دارای پوسته-نمکی در سطح، کاهش نمک به وسیله برداشت بخش‌های هوایی گیاهان تجمع‌کننده نمک و ایجاد گیاهان مقاوم به شوری از طریق مهندسی ژنتیک (باسیلیو و همکاران، 2004). یکی از راهکارهای مقابله با شوری که چندی است مورد توجه قرار گرفته، تلقیح بذر گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد (گلیک و همکاران، 1995). باکتری‌های مقاوم[1] به شوری طیف وسیعی از باکتری‌ها را تشکیل می‌دهند که در برابر نمک مقاوم هستند، بدین معنی که در حضور نمک و یا غیاب آن می‌توانند رشد کنند و شامل بعضی از انواع باسیلوس[2]، میکروکوکوس[3]، کورینه‌باکتریوم[4] و استرپتوکوکوس[5] هستند (کفیل زاده و همکاران، 1389). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه[6] باکتری‌های ریشه‌ای هستند که در ریزوسفر گیاهان حضور داشته و قابلیت استقرار یک رابطه مداوم با گیاهان برای افزایش زیست‌توده و رشد ریشه را دارند و می‌توانند از طریق مکانیسم‌هایی مانند افزایش قابلیت جذب عناصرغذایی، تولید مواد زیستی محرک رشد گیاه مانند هورمون‌ها و حفاظت‌کننده‌های زیستی و زیست‌پالایی به طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب افزایش رشد گیاه شوند (یائو و همکاران، 2010). یکی از مکانیسم‌هایی که باکتری در شرایط تنش از طریق آن به رشد گیاه کمک می‌کند کاهش سطح اتیلن تنشی گیاه از طریق تولید آنزیم ACC (1-آمینوسیکلوپروپان 1- کربوکسیلات[7]) - دآمیناز است (گلیک و همکاران، 2004). در شرایط تنش میزان ACC که پیش‌ماده تولید اتیلن است در داخل گیاه افزایش می‌یابد (جلیلی و همکاران، 1386). هولگوین و گلیک (2001) نشان دادند که برخی گونه‌های آزوسپریلیوم[8] از مکانیسم‌های دیگری غیر از تولید ACC-دآمیناز برای افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش استفاده می‌کنند. ممکن است این گونه‌ها ایندول استیک اسید[9] (IAA) تولید کرده و باعث ارتقاء رشد در شرایط شوری شوند. یائو و همکاران (2010) نشان دادند که تلقیح پنبه با باکتری *سودوموناس پوتیدا*[10] سویه RS198 در خاک شور، منجر-به تنظیم فشار اسمزی در گیاهچه‌های پنبه و بهبود سرعت جوانه‌زنی و رشد این گیاه می‌شود.

شیلو و همکاران (2010) افزایش وزن تر گیاه و بهبود توسعه ریشه‌ای را در گیاه آفتابگردان تلقیح شده با *سودوموناس فلورسنس*[11] تولیدکننده ایندول استیک اسید و سیدروفور در شرایط تنش مشاهده کردند. جو در بین غلات چه در مرحله جوانه زنی و چه در مرحله بعدی رشد گیاهی نسبتاQ مقاوم به شوری است (آستانه تحمل به شوری 8 دسی زیمنس برمتر)، اما با این حال شوری رشد این گیاه را نیز کند می کند و مانع از رشد گیاهچه-های آن می گردد (داداشی و همکاران، 1386). افزایش شوری باعث افزایش جذب سدیم و کاهش جذب پتاسیم و کلسیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در جو می‌شود. همچنین تعداد برگهای روی ساقه اصلی و تعداد سنبلچه-ها در سنبله تحت تاثیر شوری به طور معنی‌داری محدود و تعداد پنجه‌ها شدیداً کاهش می‌یابد (اپستین و راشو، 1980). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات تلقیح باکتری‌های مقاوم به شوری بر برخی خصوصیات رشدی گیاه جو در شرایط تنش شوری می‌باشد.

---

1. Halo tolerant
2. Bacillus
3. Micrococcus
4. Corynebacterium
5. Streptococcus
6. PGPR
7. 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate
8. Azospirillum
9. indole acetic acid
10. *Pseudomonas putida*
11. *Pseudomonas fluorescence*

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر دو باکتری ریزوسفری مقاوم به شوری بر رشد گیاه جو در شرایط تنش شوری آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل چهار سطح شوری خاک (2، 4، 8 و12دسی‌زیمنس-برمتر) و سه سطح تلقیح باکتری (شامل بدون تلقیح با باکتری، تلقیح با *باسیلوس سابتیلیس* و تلقیح با *کورینه-باکتریوم گلوتامیکوم*) بود. در این تحقیق تعدادی نمونه خاک با شوری بیش از 10 دسی‌زیمنس‌برمتر از مزارع اطراف شهر اهواز جمع‌آوری گردیده و پس از تهیه سوسپانسیون خاک و ایجاد سری‌های رقت، باکتری‌های مقاوم به شوری در محیط کشت آگار مغذی با غلظت نمک 20میلی مولار (2 دسی زیمنس‌برمتر) شامل مخلوطی از نمک های کلرید کلسیم، سدیم و منیزیم، کشت و جداسازی شدند. جدایه های رشدیافته با اشکال متفاوت که از لحاظ فراوانی نیز مناسب بودند در محیط حاوی نمک با غلظت های 100، 200، 400 و 600 میلی مولار (به ترتیب معادل 12، 24، 46، و 64 دسی‌زیمنس برمتر) نمک کشت شدند. 2 جدایه که بیشترین رشد را در تمام سطوح شوری داشتند انتخاب و بر اساس آزمون‌های بیوشیمیایی و شکل ظاهری به نام‌های *باسیلوس سابتیلیس* و *کورینه باکتریوم گلوتامیکوم* شناسایی شدند (جعفری و همکاران، 1391).

خاک مورد استفاده در آزمایش که از مزارع تحقیقاتی اطراف دانشگاه شهید چمران جمع‌آوری شده بود، پس از چند روز هواخشک شدن، کوبیده و از الک 2 میلی‌متر عبور داده شد و برخی خصوصیات شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین گردید. جهت اعمال تیمارهای شوری مورد نظر، از محلول‌های حاوی نمک‌های کلریدسدیم، کلریدکلسیم و کلرید منیزیم با نسبت 3 : 2 : 1 استفاده گردید (ذبیحی و همکاران، 1388). در هر یک از سطل-های بزرگ آبشویی که دارای مجرای زهکشی در کف آن-ها و بستر شنی به قطر 5 سانتی‌متر بودند، به میزان 20 کیلوگرم خاک ریخته و خاک‌ها تا رسیدن به سطوح شوری مورد نظر به طور جداگانه با این محلول‌ها آبشویی شدند. قبل از شروع آزمایش و پس از هر مرحله آبشویی شوری خاک و زه‌آب خروجی سطل‌ها اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد خاک‌ها به درون 40 گلدان 3 کیلوگرمی منتقل شدند. برای هر سطح شوری 10 گلدان در نظر گرفته شد (یک گلدان به عنوان گلدان تخریبی برای اندازه‌گیری هر سطح شوری). در هر گلدان 10 بذر جو رقم کارون کاشته شد. بذرها جهت ضدعفونی کردن سطحی، با قارچ کش گندزدایی و به مدت 5 دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم 5 درصد غوطه ور شده و 8 تا10 مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند (کریمی و همکاران، 1384).

هم‌زمان با کاشت بذرها تیمارهای باکتری اعمال گشتند؛ به این منظور برای هر بذر یک حفره ایجاد شد و پس از کاشت بذر 1 میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتری که حاوی 10^8 سلول در هر میلی‌لیتر از آن بود به هر بذر و خاک اطراف آن تلقیح شد (ربیعی و المدینی، 2005؛ فضائلی و همکاران، 1389). در طول دوره رشد جو آبیاری با آبی که شوری آن کمتر از 1 دسی‌زیمنس‌برمتر بود، صورت گرفت. جهت جلوگیری از شسته شدن نمک‌ها آبیاری بدون ایجاد زه‌آب انجام شد و رطوبت خاک گلدان‌ها در این دوره از طریق وزنی تقریباً در حد 70 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) نگه داشته شد. (جلیلی و همکاران، 1386). همچنین برای حفظ سطوح شوری مورد نظر در طول دوره رشد گیاه در چند مرحله میزان شوری خاک در گلدان‌های تخریبی اندازه گیری شد.

برای تأمین عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر مورد نیاز گیاه، کوددهی بر اساس آزمون خاک و توصیه‌های کودی برای گیاه جو انجام شد. کود اوره به میزان 100 کیلوگرم در هکتار و کودهای سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تغلیظ شده هر کدام به میزان 50 کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شدند که مقداری از آنها به صورت پایه و بقیه به شکل سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. پس از گذشت 8 هفته از زمان رشد جو میزان کلروفیل برگ‌ها با دستگاه کلروفیل‌سنج مدل SPAD 502 تعیین گردید (جلیلی و همکاران، 1386). همچنین ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد برگ در هر بوته نیز اندازه‌گیری شد. پس از آن بوته‌ها همراه با ریشه به آرامی از گلدان‌ها خارج شدند. پس از جدا کردن خاک از اطراف ریشه به وسیله آب معمولی، اسید ضعیف و آب مقطر شستشو داده شدند. پس از آن، ریشه‌ها از محل طوقه برش داده شده و اندام هوایی و ریشه به طور جداگانه توزین شده و به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون قرارگرفتند و جهت اندازه‌گیری وزن خشک آنها مجدداً توزین شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و MSTATC و گروه‌بندی میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول 1 برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	اسیدیته گل اشباع	ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی اکی‌والان در 100 گرم)	کربن آلی (درصد)
لومی	48	32	20	7/81	7/6	1/6

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر تیمارهای شوری بر شاخص‌های وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد برگ و میزان کلروفیل برگ در گیاه جو در سطح احتمال 0/001 معنی‌دار است. معنی‌داری تأثیر تلقیح جدایه های باکتری بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته در سطح احتمال 0/001 ، میزان کلروفیل برگ در سطح 0/01 و وزن خشک ریشه و تعداد پنجه نیز در سطح 0/05 مشاهده گردید ولیکن این فاکتور تأثیری بر تعداد برگ در گیاه نداشت. تأثیر متقابل فاکتورهای شوری و تلقیح باکتری نیز بر وزن تر و خشک اندام هوایی و میزان کلروفیل برگ در سطح احتمال 0/05 و بر ارتفاع بوته در سطح 0/001 معنی‌دار گردید. معنی‌داری تأثیر متقابل فاکتورها بر وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و تعداد برگ مشاهده نگردید.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شوری، وزن تر و خشک اندام هوایی جو به خصوص در سطوح بالاتر شوری به طور معنی‌داری (P<0/001) کاهش یافت (شکلهای 1 و 2). این کاهش ممکن است به دلیل کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع کلر و سدیم در اندام‌ها و یا تخریب ساختمان کلروپلاست باشد و یا از طریق به هم زدن تعادل یونی بر وزن خشک و تر گیاه اثر بگذارد (برین و همکاران، 1385).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر شاخص‌های رشد جو

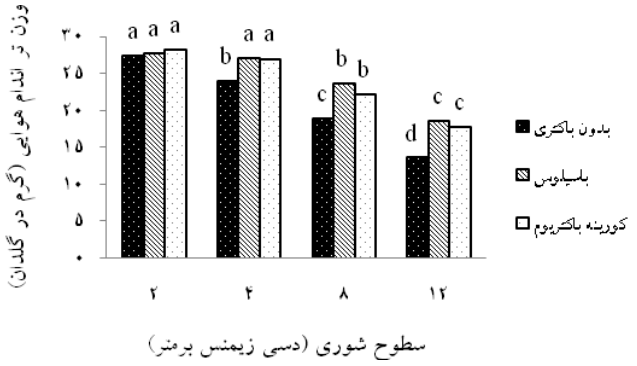
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	تعداد برگ	کلروفیل برگ
شوری	3	222/38***	90/85***	0/76***	751/33***	8/40***	20/54***	319/68***
باکتری	2	37/62***	7/61***	0/04*	67/31***	1/08*	0/44ns	39/7**
شوری x باکتری	6	3/37*	1/45*	0/004ns	9/68***	0/15ns	0/29ns	13/59*
خطا	24	1/33	0/58	0/01	1/45	0/27	0/5	5/41

***، **و* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 0/001، 0/01 و 0/05

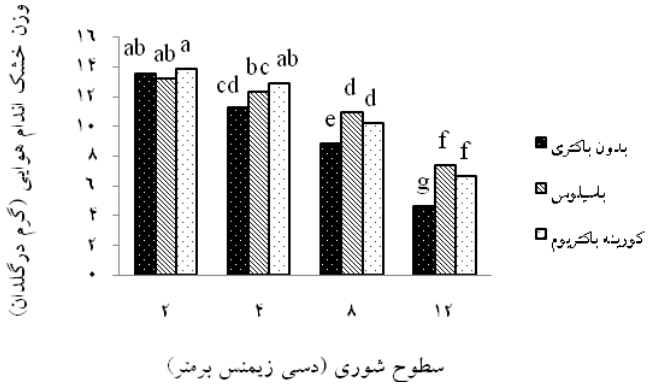
فضائلی و همکاران (1389) نشان دادند که با افزایش شوری خاک تا سطح 12 دسی‌زیمنس‌برمتر وزن خشک اندام هوایی یونجه به دلیل اثرات اسمزی و سمیت یونها بر رشد گیاه، کاهش می‌یابد. محققین مختلفی از جمله آندریولو و همکاران (2005) و ممون و همکاران (2010) نیز به نتایج مشابهی رسیدند. در تمام سطوح شوری در تیمارهای حاوی باکتری وزن تر و وزن خشک اندام هوایی به طور معنی‌داری (P<0/05) نسبت به تیمار بدون باکتری بیشتر بود اما در بیشتر سطوح هر دو نوع باکتری تأثیر مشابهی بر وزن خشک اندام هوایی داشتند (شکل-های 1 و 2). یو و همکاران (2011) نشان دادند که در فلفل تیمار شده با *باسیلوس‌سابتیلیس* وزن تر گیاه به طور معنی‌داری بالاتر از گیاهان تیمار نشده بود که این به‌دلیل توانایی تولید سیدروفور و افزایش آهن قابل جذب برای گیاه بود. در گیاهان تلقیح شده با باکتری جذب آب بیشتر و درنتیجه فشار تورژسانس به دلیل پتانسیل کم آب بالاتر رفته و منجربه بهبود تغذیه و رشد بیشتر اندام هوایی و ریشه می‌شود (ذبیحی و همکاران، 1388). مطابق مشاهدات چیتراشری و همکاران (2011) وزن خشک اندام هوایی برنج در گیاهان تیمار شده با *باسیلوس-پومیلوس*[1] و *سابتیلیس* به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای بدون باکتری بود و از بین آن‌ها *باسیلوس-سابتیلیس* بیشترین میزان وزن خشک را در برنج ایجاد

1. *Bacillus pumilus*

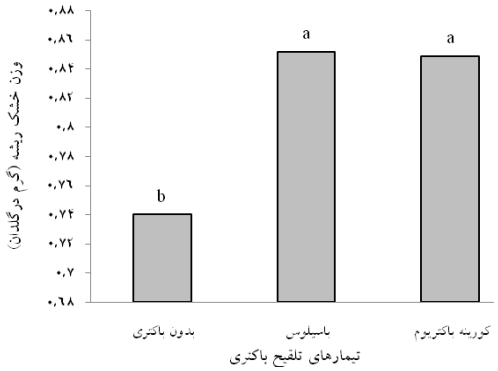
نمود. تأثیر شوری بر کاهش وزن خشک ریشه گیاه به خصوص در سطوح شوری بالا (8 و 12 دسی‌زیمنس-برمتر) معنی‌دار بود (P<0/001). تحت شرایط تنش شوری روزنه‌های هوایی بسته شده و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و در نهایت رشد ریشه متوقف می‌شود. طبق نتایج برین و همکاران (1385) با افزایش شوری وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی کاهش یافت که این کاهش احتمالاً در اثر پتانسیل پایین آب در محیط اطراف ریشه و مسمومیت ناشی از تجمع یون‌های سمی می‌باشد. کوهلر و همکاران (2009) نیز کاهش وزن توده ریشه گیاه را با افزایش شوری گزارش کردند. تلقیح باکتری باعث کاهش معنی‌دار (P<0/05) اثرات تنش شوری بر وزن خشک ریشه گیاه شد (شکل 3) اما تفاوت بین تیمارها در سطوح مختلف شوری معنی‌دار نبود. باکتری‌های ریزوسفری محرّک رشد با تولید هورمون‌های رشد و ACC-دآمیناز، باعث افزایش سطوح ریشه‌ای از طریق افزایش وزن توده ریشه‌ها، رشد طولی و تولید تارهای کشنده شده و در نتیجه باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی می‌شوند (سرچشمه‌پور و همکاران، 1388؛ عموآقایی و همکاران، 2002). اگامبردیوا و هافلیچ (2004) مشاهده کردند که باکتری‌های ریزوسفری محرّک رشد شامل باسیلوس، سودوموناس و آزوسپریلیوم باعث افزایش وزن خشک ریشه نخود نسبت به گیاهان بدون باکتری شدند که بیشترین افزایش در گیاه تیمار شده با سودوموناس مشاهده گردید.



شکل 1- تأثیر تلقیح باکتری بر وزن تر اندام هوایی جو در سطوح مختلف شوری



شکل 2- تأثیر تلقیح باکتری بر وزن خشک اندام هوایی جو در سطوح مختلف شوری



شکل 3- تأثیر تلقیح باکتری بر وزن خشک ریشه جو

سطوح شوری اثر متفاوت و معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشتند، با افزایش سطوح شوری میزان ارتفاع گیاه به طور معنی‌داری (P<0/001) کاهش یافت. عده‌ای از محققین علت این کاهش را کاهش جذب آب و عناصر غذایی به دلیل برهم خوردن تعادل عناصرغذایی عنوان نموده‌اند و عده دیگری افزایش تولید اتیلن در شرایط تنش شوری را از دیگر علل کاهش ارتفاع گیاه می‌دانند (ذبیحی و همکاران، 1388). مطابق شکل 4 کاربرد باکتری‌های مقاوم به شوری در تمام سطوح شوری باعث افزایش معنی دار (P<0/001) ارتفاع گیاه نسبت به تیمار بدون تلقیح باکتری شد، البته این افزایش تنها در سطوح سوم و چهارم شوری معنی‌دار بود و بیشترین افزایش در سطح شوری 12 دسی-زیمنس‌برمتر مشاهده گردید. همچنین به جز در سطح شوری 8، تفاوت چشمگیری بین دو تیمار دارای باکتری مشاهده نشد. مطابق مشاهدات چیتراشری و همکاران (2011) ارتفاع بوته برنج در گیاهان تیمار شده با *باسیلوس سابتیلیس* و *باسیلوس پومیلوس* به طور معنی-داری بالاتر از تیمارهای بدون باکتری بود. مایاک و همکاران (2004) نیز گزارش کردند که در گیاهان گوجه تلقیح شده با باکتری *اکروموباکتر پیچاودی*[1] رشد طولی جوانه‌های گوجه در شوری 120 میلی‌مولار نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت ولی در سطح شوری 2/7میلی‌مولار رشد طولی هر دو متوقف گردید.

با افزایش شوری خاک تعداد پنجه در گیاه به طور معنی‌داری (P<0/001) کاهش یافت. طبق جدول 2 و شکل 5 تلقیح باکتری به خاک باعث افزایش معنی‌دار (P <0/05) تعداد پنجه در گیاه جو نسبت به تیمار بدون باکتری شد اما این افزایش در سطوح شوری مختلف معنی‌دار نبود (P>0/05). دو تیمار دارای باکتری‌های *باسیلوس* و *کورینه‌باکتریوم* نیز تأثیر مشابهی بر تعداد پنجه گیاه داشتند. واگار و همکاران (2004) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های حاوی ACC-دآمیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که این باکتری‌ها تعداد پنجه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند .آن‌ها این اثر را به‌دلیل کاهش سطح اتیلن در گیاه توسط باکتری‌های مذکور دانستند.

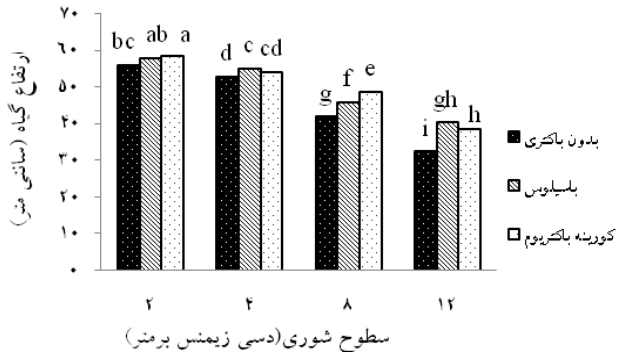
با افزایش سطوح شوری تعداد برگ در جو نیز کاهش یافت ولی اختلاف بین دو سطح اول شوری (2 و4 دسی-زیمنس‌برمتر) معنی‌دار نشد و در سطح شوری 12 دسی-زیمنس‌برمتر کمترین تعداد برگ مشاهده گردید. تأثیرات مضر شوری بر تعداد برگ توسط محققان زیادی از جمله گاما و همکاران (2007) و جمیل و همکاران (2007) بررسی شد و به نتایج مشابه با تحقیق حاضر رسیدند.

عبدالقدوس (2011) نیز مشدهده کرد که افزایش غلظت نمک کلریدسدیم، باعث کاهش تدریجی تعداد برگ‌ها در گیاه شد ولی این تأثیر فقط در سطوح بالای شوری معنی‌دارشد. کاهش تعداد برگ‌ها به دلیل تجمع کلریدسدیم در دیواره سلولی و سیتوپلاسم برگ‌ها می‌باشد. در این شرایط واکوئل نمی‌تواند کلرید سدیم بیشتری در خود ذخیره کند و درنتیجه غلظت نمک در درون سیتوپلاسم سلول‌ها افزایش یافته و باعث خرد شدن و از بین رفتن برگ‌ها می‌شود. در این بررسی تأثیر تلقیح باکتری و اثر متقابل شوری و تلقیح باکتری بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نشد (P>0/05).

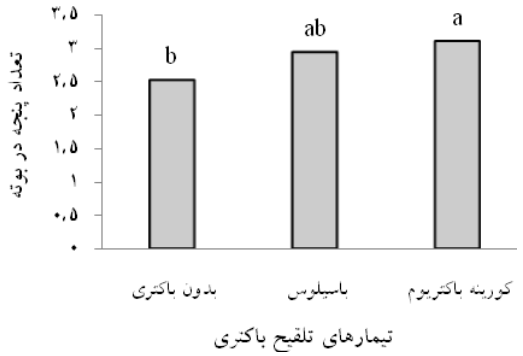
سطوح مختلف شوری تأثیر متفاوت و معنی‌داری (P<0/001) بر میزان کلروفیل برگ داشتند (شکل6). در شرایط شوری بالا غلظت کلروفیل در گیاه به دلیل تخریب ساختار کلروپلاست‌ها و فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز کاهش یافته و به دنبال آن دریافت نوری و فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد (گیری و همکاران، 2003). تافو و همکاران (2010) بیان کردند که با افزایش غلظت نمک در گیاه کل محتوای کلروفیل گیاه کاهش می‌یابد. اضافه کردن باکتری

1. *Achromobacter piechaudii*

به خاک باعث افزایش معنی‌دار (p<0/01) میزان کلروفیل برگ در دو تیمار دارای باکتری نسبت به تیمار بدون باکتری شد. تأثیر متقابل دو فاکتور شوری و تلقیح باکتری نیز بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار شد (p<0/05). در سطوح شوری پایین‌تر (2 و 4 دسی‌زیمنس‌برمتر) تفاوت بین تیمارها کمتر بوده ولی در سطوح شوری 8 و 12 دسی‌زیمنس‌برمتر میزان کلروفیل در تیمارهای دارای باکتری به طور معنی‌داری (p<0/05) بالاتر از تیمار بدون باکتری شد، به طوری که میزان این شاخص در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس‌برمتر با اضافه کردن باکتری مقاوم به شوری به خاک منجربه افزایش شاخص SPAD از 23/63 در تیمار بدون باکتری به 30/97 در تیمار دارای باسیلوس شد. لیکن دو تیمار دارای باسیلوس و کورینه-باکتریوم تفاوت چندانی از این نظر نداشتند.



شکل 4- تأثیر تلقیح باکتری بر ارتفاع جو در سطوح مختلف شوری



شکل 5-تأثیر تلقیح باکتری بر میانگین تعداد پنجه گیاه

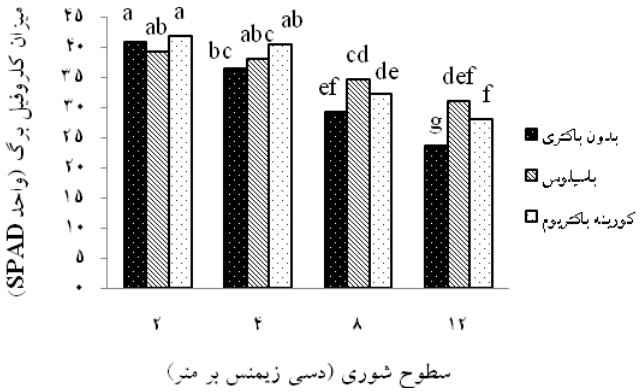
نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش شوری خاک، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، تعداد برگ و میزان کلروفیل در گیاه جو به طور معنی‌داری کاهش یافت. تلقیح باکتری‌های مقاوم به شوری شامل دو جنس *باسیلوس* و *کورینه‌باکتریوم* به خاک باعث کاهش اثرات نامطلوب شوری بر این فاکتورها شد که این تأثیر به دلیل مقاوم بودن این دو جنس به تنش شوری و تأثیراتی است که بر تولید هورمون‌های رشد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی برای گیاه و کاهش تولید اتیلن تنشی دارند. با توجه به گستردگی اراضی دچار مشکلات شوری و اهمیت مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور، استفاده از باکتری‌های ریزوسفری مقاوم به شوری راهکار مناسبی در جهت افزایش عملکرد گیاهان به ویژه جو در خاک‌های شور محسوب می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق باکتری‌های *باسیلوس سابتیلیس* و *کورینه‌باکتریوم گلوتامیکوم* به عنوان گونه های مناسب جهت کاربرد در خاک‌های شور به‌منظور حفظ گیاه در مقابل تنش شوری توصیه می‌شوند، لیکن لازم است در ترویج این باکتری‌ها و استفاده از آنها در سطح وسیع احتیاط نمود زیرا شناسایی باکتری‌های مذکور از طریق مولکولی انجام نشده

و فقط با استفاده از تست های بیوشیمیایی مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته‌اند.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ فراهم نمودن اعتبار پژوهشی این تحقیق در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد تقدیر و تشکر می نمایند.



شکل 6- تأثیر تلقیح باکتری بر میزان کلروفیل برگ جو در سطوح مختلف شوری

فهرست منابع:

1. برین، م.، ن.، علی‌اصغرزاده و ع.، صمدی، 1385، اثر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری حاصل از NaCl و مخلوط املاح، مجله علوم آب و خاک، ج20، ش 1، ص 105-94.
2. جعفری، ص.، م.، چرم، ن.، عنایتی‌ضمیر و ح.، معتمدی، 1391، بررسی تأثیرات *باسیلوس سابتیلیس* و *کورینه باکتریوم گلوتامیکوم* بر برخی شاخص‌های میکروبی خاک در سطوح مختلف شوری، مجله مهندسی زراعی (خاکشناسی و ماشین های کشاورزی)، ج 35، ش 2، ص70-55.
3. جلیلی، ف.، ک.، خاوازی، ا.، پذیرا و ه.، اسدی رحمانی، 1386، بررسی تأثیر *سودوموناس‌های فلورسنت* دارای فعالیت آنزیم ACC deaminase بر جوانه زنی و رشد دو رقم کلزا در شرایط شور، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، 83-82.
4. داداشی، م.ر.، الف.، مجیدی هروان، الف.، سلطانی و ع.ع.، نوری نیا، 1386، ارزیابی واکنش لاین‌های مختلف جو به تنش شوری، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ج 13،ش 1،ص 191-181.
5. ذبیحی، ح.ر.، غ.ر.، ثواقبی، ک.، خاوازی و ع.، گنجعلی، 1388، بررسی تأثیر کاربرد سویه‌هایی از سودوموناس‌های فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ج 23، ش 1، ص 208-199.
6. سادات، ع.ا.، غ.ر.، ثواقبی، ف.، رجالی، م.، فرحبخش، ک.، خاوازی و م.، شیرمردی، 1389، تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ج 24، ش1، ص 62-53.
7. سرچشمه‌پور، م.، غ.ر.، ثواقبی، ن.، صالح راستین، ح.ع.، علیخانی و الف.، پوربابایی، 1388، جداسازی، غربالگری، شناسایی نسبی و تعیین تحمل به تنش شوری و خشکی جدایه های برتر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) درختان پسته، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ج 40، ص190-177 .

8. فضائلی، ع.، ح.، بشارتی و ن.، پیرولی بیرانوند، 1389، تأثیر شوری بر کارایی همزیستی سینوریزوبیوم ملیلوتی با ارقام مختلف یونجه، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ج 24، ش 3، ص 263-253.
9. کریمی، ق.، م.ل.، قربانعلی، ح.، حیدری شریف‌آباد و م.ح.، عصاره، 1384، بررسی مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گونه مرتعی *Atriplex verucifera*، مجله پژوهش و سازندگی، ج 73، ص 48-42.
10. کفیل‌زاده، ف.، ح.، جاوید و م.، کارگر، 1386، جداسازی میکروارگانیسم‌های هالوفیل و هالوتولرانت از دریاچه بختگان و اثر فاکتورهای فیزیکی- شیمیایی بر فراوانی آن‌ها، مجله آب و فاضلاب، ج 63، ص 87-81.
11. همایی، م.، 1381، واکنش گیاهان به شوری، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
12. Abdul Qados, A.M.S. 2011. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 10: 7-15.
13. Amooaghaie, R., Mostajeran M. and Emtiazi, G. 2002. The effect of strain and concentration of *Azospirillum brasilense* bacterium on growth and development of root in wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 33(2): 213-222.
14. Andriolo, J.L., Gean, L.D., Maiquel, H.W., Rodrigo, D.S.G., Gisele, T.B. and Orcial, C.B. 2005. Growth and yield of lettuce plants under salinity. Horticultura Brasileira 23 (4): 931–934.
15. Bacilio, M., Rodriguez, H., Moreno, M., Hernandez, J.P. and Bashan, Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertilty of Soils 40:188–193.
16. Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24:23–58.
17. Chithrashree, A.C., Udayashankar, S., Chandra Nayaka, M.S. and Reddy, C.S. 2011. Plant growth-promoting rhizobacteria mediate induced systemic resistance in rice against bacterial leaf blight caused by *Xanthomonas oryzae*. Biological Control 59(2): 114–122.
18. Egamberdiyeva, D. and Hoflich, G. 2004. Effect of plant growth-promoting bacteria on growth and nutrient uptake of cotton and pea in a semi-arid region of Uzbekistan. Journal of Arid Environments 56(2): 293–301.
19. Epstein, E., Norlyn, J.D., Rush, D.W., Kingsbury, R.W., Kelly, D.B., Cunningham, G.A. and Wrona, A.F. 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. Science Journal 210: 399-404.
20. Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress:a review. Annals of Botany 104(7):1263–1280.
21. Gama, P.B.S., Inanaga, S., Tanaka, K. and Nakazawa, R. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. African Journal of Biotechnology 6 (2): 79–88.
22. Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K.G. 2003. Influence of arbuscular mycorhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soils 38: 170–175.
23. Glick B.R. 2004. Bacterial ACC deaminase and the alleviation of plant stress. Advances in Applied Microbiology 56:291–312.
24. Glick, B.R., Karaturovic, D.M. and Newell, P.C. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting *Pseudomonads*. Canadian Journal of Microbiology 41:533-536.
25. Holguin, G., and Glick, B.R. 2001. Expression of the ACC deaminase gene from *Enterobacter cloacae UW4* in *Azospirillum brasilense*. Microbial Ecology 41:281–288.
26. Jamil, M., Rehman, S. and Rha, E.S. 2007. Salinity effect on plant growth, psII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris L.*) and cabbage (*Brassica oleracea capitata L.*). Pakistan Journal of Botany 39 (3): 753–760.

27. Kohler, J., Hernandez, J.A., Caravaca, F. and Roldan, A. 2009. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. Environmental and Experimental Botany 65:245-252.
28. Mayak, S., Tirosh, T. and Glick, B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42:565–572.
29. Memon, S.A., XiLin, H. and LiangJu, W. 2010. Morphological analysis of salt stress response of pak Choi. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 9 (1): 248–254.
30. Rabie G.H. and Almadini A.M. 2005. Role of bioinoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology 4(3):210-222.
31. Shilev, S., Sancho, D.E. and Benlloch-Gonzalez, M. 2010. Rhizospheric bacteria alleviate salt-produced stress in sunflower. Journal of Environmental Management 1-5.
32. Taffouo, V.D., Wamba, O.F., Yombi, E., Nono, G.V. and Akoe, A.2010. Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean L. verdc.*) landraces grown under saline conditions. International Journal of Botany 6 (1): 53–58.
33. Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z.A. and Arshad, M. 2004. Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat cultivars . Pakistan Journal of Agricultural Sciences 41: 119-124.
34. Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I. and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46:49-54.
35. Yu, X., Ai, C., Xin, L. and Zhou, G. 2011. The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis CAS15*, has a biocontrol effect on *Fusarium* wilt and promotes the growth of pepper. European Journal of Soil Biology 47:138-145.