

مقاله پژوهشی

جوانه‌زنی و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*) در

پاسخ به تنش شوری

اعظم جمشیدی‌زاده^۱، معصومه فرزانه^{۲*}، افراسیاب راهنما^۳، فاطمه ناصر نخعی^۲

چکیده مبسوط

مقدمه: از آن‌جا که کلرید سدیم محلول‌ترین و فراوان‌ترین نمک موجود می‌باشد، بدیهی است که تمامی گیاهان سازوکارهایی را به‌منظور مهار انباشت آن به‌کار گیرند. پیچک یکی از ده علف‌هرز مسئله‌ساز دنیاست که تکثیر آن به وسیله بذر، ریشه‌های خزنده زیرزمینی و ریزوم می‌باشد. سامانه ریشه‌ای وسیع همراه با جوانه‌های بسیار زیاد و مواد اندوخته‌ای فراوان، سبب مقاوم‌تر شدن پیچک در رقابت با گیاه زراعی در شرایط تنش شوری یا کم آبی می‌گردد. شناخت صفات مورفوفیزیولوژیکی علف‌هرز پیچک در شرایط تنش شوری و مقایسه شاخص تحمل به شوری آن در زمان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای، می‌تواند در مهار موفق آن تأثیر بسزایی داشته باشد. به منظور بررسی جوانه‌زنی و صفات رویشی گیاهچه پیچک تحت تنش شوری دو آزمایش جداگانه اجرا گردید. مواد و روش‌ها: آزمایش جوانه‌زنی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ سطح شوری شامل آب مقطر (شاهد)، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر با ۴ تکرار در شرایط آزمایشگاهی و آزمایش گلدانی در ۵ سطح شوری شامل آب تصفیه (شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر با سه تکرار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی، شاخص بنبه بذر با افزایش شوری کاهش ولی نسبت طولی ریشه‌چه به ساقچه افزایش یافت. صفات رشدی ریشه و اندام هوایی پس از دو هفته تنش کاهش نشان داد. طبق مدل لجستیک برازش داده شده به شاخص تحمل پیچک صحرایی، در مرحله گیاهچه‌ای، شوری بیش از ۷/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۵۰ درصدی تحمل به شوری گیاه گردید و ۵۰ درصد بازدارندگی تحمل جوانه‌زنی به شوری در سطح ۱۹/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد که بیانگر این است که آستانه تحمل به شوری پیچک در مرحله جوانه‌زنی سه برابر تحمل این گیاه در مرحله گیاهچه‌ای است.

نتیجه‌گیری: افزایش نسبت طولی ریشه‌چه به ساقچه در جوانه‌زنی تا سطح شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر و همچنین در مرحله گیاهچه‌ای بالا رفتن انشعابات فرعی ریشه تا سطوح شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد حفظ سطح و انشعابات ریشه یکی از سازوکارهای تحمل به شوری در پیچک صحرایی باشد. طبق مدل لجستیک سه پارامتره، حد تحمل به شوری پیچک در مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای به ترتیب حدود ۲۰ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: انشعابات ریشه، شاخص تحمل، محتوای نسبی آب برگ، مدل لجستیک

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- آستانه تحمل به شوری پیچک در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه اندازه‌گیری شد.
- ۲- شاخص تحمل به شوری پیچک در جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای مقایسه و معرفی صفت تأثیرگذار در تحمل به شوری پیچک معرفی گردید.
- ۳- بهترین مدل سیگموئیدی بر اساس معیار شوری برای شاخص تحمل به شوری پیچک صحرایی معرفی شد.



مقدمه

پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) گیاهی چندساله از تیره Convolvulaceae است که در دنیا حدود ۲۵۰ گونه و در ایران ۳۹ گونه دارد. پیچک، علف‌هرزی خزنده و بومی اروپا و غرب آسیاست که هم اکنون در سراسر نواحی معتدل جهان گسترش پیدا کرده است. تکثیر آن به وسیله بذر، ریشه‌های خزنده زیرزمینی و ریزوم می‌باشد (دیجینیارو و ولر^۱، ۱۹۸۴). پیچک یکی از علف‌های هرز مهم ایران است که به دلیل دایمی و بومی بودن در مزارع غلات، باغ‌ها و محصولات تابستانه گسترش دارد (شیمی و ترمه^۲، ۲۰۰۴). این گیاه به شدت با گندم زمستانه برای رطوبت و مواد غذایی رقابت می‌کند و در صورت عدم مهار می‌تواند تا ۵۰٪ عملکرد گندم را کاهش دهد. پیچک صحرایی همچنین باعث ورس در غلات دانه ریز می‌گردد و در امر برداشت تداخل ایجاد می‌کند. خسارت این گیاه تنها به فصل رشد گیاه محدود نگردیده بلکه در سال آیش نیز آب و عناصر غذایی خاک را تخلیه کرده و باعث کاهش رشد و عملکرد گندمی که بعداً در زمین آلوده کشت می‌گردد، می‌شود (اوگ و یانگ^۳، ۱۹۹۱). تراکم بالای علف‌هرز پیچک می‌تواند عملکرد محصول را ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد. علاوه بر آن با پیچیدن به دور غلات دانه‌ریز سبب ایجاد مشکل در امر برداشت آنها می‌شود. پیچک به سرما و یخبندان مقاوم است، ولی دمای ۸- تا ۱۰- درجه سلسیوس ساقه‌های هوایی آن را از بین خواهد برد. مطالعات کشت بافت پیچک نشان داده است که این گیاه حاوی پروتئین‌هایی جهت سازگاری به تنش شوری است (اریکسون و آلفینیتو^۴، ۱۹۸۴). دانه پیچک به مدت طولانی در خاک زنده باقی می‌ماند، ولی پس از خورده شدن توسط پرندگان و عبور از دستگاه گوارش آنها قوه نامیه خود را از دست می‌دهد (وایز^۵ و همکاران، ۱۹۹۷). جوانه‌زنی دانه‌های پیچک در طول سال و در صورت فراهم بودن رطوبت و دیگر شرایط امکان پذیر خواهد بود. دمای مناسب برای جوانه‌زنی دانه‌های پیچک

۲۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد (بارنیا^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). بذرها پیچک به دلیل آنکه پوسته غیرقابل نفوذ دارند، قادرند تا ۲۰ سال و حتی در شرایط آزمایشگاهی تا ۵۰ سال هم به حالت خواب باقیمانده و قوه نامیه خود را از دست ندهند (راشد محصل^۷ و همکاران، ۲۰۰۱). مناطقی با شرایط آب و هوایی مرطوب و نیمه‌مرطوب با خاک‌هایی عمیق، حاصلخیز، سبک و قلیایی برای رشد گیاه مناسب است (راشد محصل و همکاران، ۲۰۰۱).

تنش شوری یکی از مسائل حال حاضر است که علت آن کیفیت نامناسب آب مورد استفاده در کشاورزی است و محدودیت مهمی در تولید محصولات غذایی بوده و ظرفیت کشاورزی را برای ثابت نگهداشتن و تأمین غذای جمعیت رو به افزایش جهان به مخاطره می‌اندازد (فلاورز^۸، ۲۰۰۴). تنش شوری از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و عملکرد گیاه تأثیر دارد (حاجلویی^۹، ۲۰۱۰). سطوح بالای نمک در سلول‌ها، اثرات اولیه و ثانویه‌ای به وجود می‌آورد که موجب بروز اثرات منفی در بقا، رشد و نمو گیاه می‌شود. اثرات اولیه شامل سمیت یونی، عدم توازن یونی و اسمولیتیه زیاد است. یون‌های سدیم و کلر موجب بازداری فعالیت اندامک‌های سلولی می‌گردد. همچنین از اثرات اولیه سطوح بالای نمک کاهش پتانسیل است که نتیجه آن، کاهش تورژسانس سلول و در نهایت محدودیت توسعه سلول است (هاسگوا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۰؛ مانز و تستر^{۱۱}، ۲۰۰۸). اثرات ثانوی تنش شوری ناشی از کلرید سدیم، ایجاد اختلال در جذب یون پتاسیم، مختل نمودن نقش غشای سلولی، اختلال در فتوسنتز و سایر فرآیندهای بیوشیمیایی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن و در نهایت مرگ برنامه‌ریزی شده سلول می‌باشد (ژو^{۱۲}، ۲۰۰۳).

مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی در مراحل مختلف چرخه زندگی متفاوت است و معمولاً در اغلب

⁶ Yarnia

⁷ Rashed Mohasel

⁸ Flowers

⁹ Hajlaoui

¹⁰ Hasegawa

¹¹ Munns and Tester

¹² Zhu

¹ Degenearo and Weller

² Shimi and Termeh

³ Ogg and Young

⁴ Ericson and Alfinito

⁵ Wiese

ذرت و کلزای روغنی را کاهش داد (کاستا^۵ و همکاران، ۲۰۰۳).

به دلیل توسعه شوری و گسترش گرما، بررسی نوع علف‌های هرز و یا گیاهان خودرو در هر منطقه جهت مهار آنها و ممانعت از کاهش تولید، ضروری است. لازم است بدانیم در آن شوری و یا گرمای آینده کدام گیاهان استعداد استقرار دارند. لذا، علف‌هرز پیچک که علف‌هرزی چندساله و بسیار مشکل ساز است، در یک شرایط شوری مصنوعی کشت داده شد تا شناخت بهتری از قدرت استقرار و میزان مقاومت آن به شوری صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

بذرهای مورد مطالعه پیچک‌صحرايي، در خرداد ماه ۱۳۹۴ از فضای سبز محوطه دانشگاه شهید چمران اهواز، جاهایی که به دلیل درخت یا ناهمواری، خاک‌ورزی در چندین سال قبلی انجام نشده بود جمع‌آوری گردید. به منظور بررسی اثر شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی، ابتدا آزمون جوانه‌زنی به منظور بررسی خواب بذرهای انجام شد و با توجه به اینکه حدود ۱۰۰ درصد بذرهای خواب داشتند، بنابراین بذرهای با اسید سولفوریک غلیظ ۹۵-۹۸ درصد به مدت ۳۰ دقیقه خراش‌دهی شیمیایی شد (راشد محصل، ۱۹۹۸)، آزمایش جوانه‌زنی در محیط پتری به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۹ سطح شوری با استفاده از نمک خالص کلرید سدیم (شرکت مرک آلمان) شامل: شاهد (آب مقطر)، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر با ۴ تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدچمران اهواز اجرا گردید.

جهت اعمال تنش شوری درون هر پتری، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آماده شده متناسب با هر تیمار، به آرامی با پیپت افزوده گردید و به منظور جلوگیری از تبخیر رطوبت دور پتری‌ها با پارافیل بسته شد. پتری‌ها به ژرمیناتور با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، رطوبت ۵۰٪، دمای ۳۰ درجه سلسیوس در روز و ۲۰ درجه سلسیوس در شب انتقال یافتند (مصطفوی و

گیاهان، مرحله ابتدایی رشد به عنوان حساس‌ترین مرحله تلقی می‌گردد (اسلامی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). درصد و سرعت جوانه‌زنی دانه‌ها با افزایش شوری آب یا خاک کاهش می‌یابد. برای انجام فعالیت‌های حیاتی بذر و به دنبال آن جوانه‌زنی بایستی آب به میزان کافی توسط بذر جذب گردد، چنانچه جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود یا به کندی صورت گیرد فعالیت‌های داخل بذر به آرامی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد (انواری^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). شوری باعث افزایش فشار اسمزی محلول و کاهش جذب آب از طریق بذر می‌شود. از طرفی شوری زیاد باعث سمیت و بهم خوردن تعادل یونی می‌شود که روی فعل و انفعالات حیاتی بذر اثر می‌گذارد و باعث جلوگیری از جوانه‌زنی بذر می‌شود (سرمدنیا^۳، ۱۹۹۶).

تغییرات سلولی که در نتیجه القای شوری در غشاء پلاسمایی رخ می‌دهد توسط اسمولیت‌ها کاهش می‌یابد که باعث حفاظت از غشاء و تحمل شوری می‌گردد. اسمولیت‌هایی مانند پرولین، قندهای محلول و آمینواسیدها نقش مهمی در تنظیم اسمزی طی تنش‌هایی از جمله تنش شوری ایفا می‌کنند که باعث پاکسازی رادیکال‌های آزاد و پایداری ساختارهای درون سلولی می‌گردد (یانگ^۴ و همکاران، ۲۰۰۹).

مهار اصولی علف‌های هرز نیازمند درک اثر عامل‌های محیطی بر زیست‌شناسی آنها می‌باشد. به همین جهت به نظر می‌رسد که شناخت زیست‌شناسی و بوم‌شناسی علف‌های هرز بتواند در مهار موفق آنها تأثیر بسزایی داشته باشد. با شناخت تأثیر عوامل محیطی و با مدیریت صحیح این عوامل می‌توان روش مناسبی جهت مهار آنها پیدا کرد. پیچک یکی از مشکل سازترین علف‌های هرز در بسیاری از محصولات مثل گندم، لوبیا، سویا، عدس، نخود و محصولات زراعی آبی دیگر است. ثابت شده است که پیچک روی ذرت، نیشکر و گندم اثر دگرآسیبی دارد. ترشحات ناشی از ریشه‌های پیچک می‌تواند جوانه‌زنی برخی از گیاهان زراعی را کاهش دهد. همچنین بقایای گیاهی پیچک‌صحرايي وزن تر گندم، جو، چغندر قند،

¹ Eslami

² Anvari

³ Sarmadnia

⁴ Yang

⁵ Costea

گل زردی^۱، ۲۰۱۰). برای هر تیمار ۴ عدد پتری دیش در نظر گرفته شد و درون هر پتری دیش تعداد ۲۵ بذر روی کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۱) قرار داده شد. جهت بررسی صفات رشدی گیاهچه، تعداد جوانه ها روزانه در ساعت معینی از روز شمارش و ثبت گردید. شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در شمار بذرهاى جوانه زده مشاهده نشد. در نهایت آزمایش ۸ روز به طول انجامید. صفات رشدی جوانه شامل درصد جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه چه، شاخص بنیه بذر و شاخص تحمل به شوری اندازه گیری گردید.

به منظور محاسبه درصد جوانه زنی از رابطه ۱ (کادر و جاتزی^۲، ۲۰۰۴) و شاخص بنیه بذر از رابطه ۲ (رزمی^۳، ۲۰۱۳) استفاده شد،

$$\text{رابطه ۱: } GP = 100 (N_G / N_T)$$

که در آن GP، درصد جوانه زنی؛ N_G ، تعداد بذرهاى جوانه زده و N_T ، تعداد کل بذرها می باشد.

$$\text{رابطه ۲: } VI = (RL + SL) \times GP$$

که VI (شاخص بنیه گیاهچه) از حاصل ضرب طول گیاهچه (مجموع طول ساقه چه (SL) و طول ریشه چه (RL)) در درصد جوانه زنی (GP) به دست آمد.

به منظور بررسی ویژگی های رشدی ریشه و اندام هوایی و تحمل به شوری گیاه پیچک صحرایی در مرحله گیاهچه ای (پس از مرحله ۶ برگی)، آزمایشی گلخانه ای در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، در ۵ سطح شوری شامل شاهد (آب مقطر)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر، با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، اجرا شد. جهت مهار بهتر شوری خاک و رشد بدون محدودیت ریشه، از لوله های پی وی سی با اندازه های یکسان (قطر ۱۰/۵ سانتی متر و طول ۵۰ سانتی متر) استفاده گردید. هر واحد آزمایشی در هر تکرار شامل ۴ عدد لوله پی وی سی بود. در راستای ایجاد شوری یکسان و یکنواخت در طول ستون لوله های پی وی سی، منافذ مشابهی (تعداد ۴۲ منفذ به قطر ۱ سانتی متر) در سرتاسر سطح دیواره طولی هر لوله، جهت نفوذ افقی

محلول ایجاد گردید. انتهای هر لوله پی وی سی نیز با استفاده از تلق های شفاف همراه با منافذی جهت خروج زه آب پوشانده شد. جهت یکنواختی رشد، بذرهاى جوانه دار شده در عمق ۲ سانتی متری سطح خاک، در لوله های پی وی سی کشت شد، سپس با مخلوط خاک و ماسه نرم الک شده پوشانده شد و سپس با آب تصفیه شده آبیاری شدند. بستر کاشت شامل مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه با نسبت حجمی معین (۱:۱) بود. بر اساس نتایج آزمون خاک و حدود بحرانی عناصر، مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برآورد و به خاک اضافه شد (جدول ۱).

برای اعمال یکنواخت تنش شوری در پروفیل خاک و همچنین جلوگیری از متراکم شدن و نشست خاک موجود در لوله های پی وی سی، لوله های پی وی سی در داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شدند و محلول های حاوی تیمار شاهد و سطوح شوری به داخل کیسه پلاستیکی (با گنجایش ۱۲ لیتر) تا ارتفاع تقریباً ۴۵ سانتی متر (حدود ۴-۳/۵ سانتی متر زیر عمق کاشت بذر) اضافه شد. پس از ۱۵ دقیقه و اطمینان از نفوذ محلول اضافه شده به داخل لوله های پی وی سی از طریق منافذ جداره، تخلیه محلول از طریق لوله های پلاستیکی که در زیر هر کیسه پلاستیکی نصب شده بود، انجام شد (فخری^۴ و همکاران، ۲۰۱۶).

با توجه به این که بهترین شرایط رطوبتی برای رشد گیاه زراعی در حالت ظرفیت زراعی است، در طول دوره آزمایش برای مهار پتانسیل آب (پتانسیل ماتریک) در حد ظرفیت مزرعه، آبیاری و اعمال تنش با محلول های شوری مورد نظر هر ۲۴ ساعت یک بار انجام گرفت. برای جلوگیری از وارد آمدن شوک به گیاه، اعمال تیمار شوری به صورت تدریجی و پلکانی پس از استقرار کامل گیاهچه (پس از ۶ برگی) اعمال شد، به این ترتیب که سطح شوری آب مورد استفاده به صورت دو روز در میان افزایش یافت تا گلدان ها به سطح شوری مورد نظر رسیدند و نمونه برداری دو هفته پس از زمان رسیدن به سطح تنش مورد نظر انجام شد. در پایان آزمایش به منظور اندازه گیری شوری تجمع می در خاک، هدایت الکتریکی در عمق ۲۰ سانتی متری خاک اندازه گیری

¹ Mostafavi and golzardi

² Kader and Jutzi

³ Razmi

⁴ Fakhri

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Physical and chemical analysis of the soil tested

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC(dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K ⁺ (mg.kg ⁻¹)	مواد آلی (%) Organic matter (%)
لوم شنی (Sandy loam)	2.5	8.58	0.36	2.9	6.2	0.21

جدول ۲. میزان هدایت الکتریکی خاک پس از پایان آزمایش گلدانی

Table 2. The degree of electrical conductivity of the soil after the end of the pot experiment

سطوح شوری اعمال شده Salinity levels	دسی‌زیمنس بر متر (ds.m ⁻¹)				
	شاهد (1.5±3 dS.m ⁻¹) Control	10	20	30	40
سطوح شوری خاک در پایان آزمایش Soil salinity levels at the end of the experiment	2.35	21	34	39.3	52

جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای طبق فرمول هتیمی^۲ (۱۹۹۹) تعیین گردید (رابطه ۴).
رابطه ۴:

$$100 \times \frac{\text{وزن خشک گیاه در تنش شوری}}{\text{وزن خشک گیاه در شرایط بدون تنش شوری}} = \text{شاخص تحمل به شوری}$$

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شد. با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه میانگین تیمارها انجام شده و رسم اشکال مربوط به مقایسات میانگین با کمک نرم افزار SigmaPlot 14.0 انجام گرفت. شاخص تحمل به شوری محاسبه شده در آزمایش جوانه‌زنی و مرحله گیاهچه‌ای در سطوح مختلف شوری، توسط نرم افزار SigmaPlot 14.0 با استفاده از توابع سیگموئیدی مانند لجستیک^۳، گامپرتز^۴، هیل^۵ و ویبول^۶ و توابع چندجمله‌ای مانند خطی^۷، درجه ۲^۸ و درجه ۳^۹ (روابط ۵ تا ۱۰) برازش داده شد و سپس با کمک معیارهای سنجش مدل نظیر ضریب تبیین (R²_{adj}) و

شد. که در جدول ۲ برای هر سطح از شوری گزارش شده است. دو هفته پس از اعمال سطح تنش مورد نظر، به منظور تسهیل جداسازی ریشه‌ها از خاک و جلوگیری از ایجاد خسارت به ریشه‌های اصلی و فرعی، لوله‌های پی‌وی‌سی به مدت ۳۰ دقیقه در ظروف حاوی آب قرار داده شدند تا اشباع شوند. پس از سپری شدن این مدت، کیسه پلاستیکی حاوی بستر کاشت و ریشه درون آن به آهستگی از لوله پی‌وی‌سی خارج گردید. شستشوی ریشه‌ها با استفاده از فشار ملایم آب به‌وسیله هدایت از طریق یک آبپاش و مهار آب ورودی و خروجی صورت گرفت. ریشه‌ها بدون آسیب به ریشه‌های اصلی و فرعی از خاک جدا شدند.

طول ریشه اصلی و طول انشعابات فرعی ریشه‌ها پس از رنگ‌آمیزی با استفاده از اسکنر اندازه‌گیری سطح ریشه (Delta T, DevicesUK) مجهز به نرم‌افزار $\Delta T - Scan$ (version 1) اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta T, Devices UK) تعیین گردید.

اندازه‌گیری پرولین از بافت تر گیاهی طبق روش بتس^۱ (۱۹۷۳)، و شاخص تحمل به شوری مرحله

² Hatimi³ Logistic⁴ Gampertz⁵ Hill⁶ Weibull⁷ Linear⁸ Cubic⁹ Quadratic¹ Bates

در این رابطه n تعداد نقاط نمونه گیری است و هر چه عدد معیار اطلاعاتی آیکائیکه^۱ کوچک تر باشد مدل مناسب تر است.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص های جوانه زنی بذر پیچک صحرایی (جدول ۳)، اثر تیمار شوری بر تمام صفات اندازه گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید.

مقایسه میانگین شاخص های جوانه زنی گیاهچه پیچک صحرایی نشان داد درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر با افزایش میزان شوری به طور چشمگیری کاهش یافت. مقدار جوانه زنی در سطح شاهد ۸۰ درصد بود و این مقدار در سطح ۲۵ دسی زیمنس بر متر به ۱۳ درصد کاهش یافت و درصد جوانه زنی در سه سطح پایانی تنش به صفر رسید (شکل ۱الف). به دنبال روند افزایش شدت تنش شوری در گیاه پیچک صحرایی، بنیه بذر نیز کاهش چشمگیری نشان داد، بیشترین بنیه بذر مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۱۷۰/۱ و کمترین مقدار بنیه بذر به تیمار ۲۵ دسی زیمنس بر متر با مقدار ۱۰/۱ تعلق داشت (شکل ۱ب). که این نتایج با گزارش مصطفوی و گل زردی (۲۰۱۰) هم خوانی دارد. چوهان و همکاران (۲۰۰۶) نیز در تحقیقی روی بذرهای شیرتیغ در استرالیای جنوبی دریافتند که محلول کلرید سدیم با غلظت حدود ۹۰ میلی مولار، جوانه زنی بذرهای این گیاه را به میزان ۵۰ درصد کاهش می دهد. نسبت ریشه چه به ساقه چه نیز تحت شوری روند افزایشی به همراه داشت (شکل ۱ج). در آزمایش حاضر با افزایش شدت تنش، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه ابتدا ثابت و سپس افزایش معنی دار داشت. چنانچه بین تیمار شاهد و تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی داری مشاهده نشد و این افزایش در تیمار ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر بود.

شاخص آیکائیک تصحیح شده (AICc) رابطه (۱۱) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، بهترین مدل برازش داده شاخص تحمل به شوری تعیین گردید و مدل های دیگر به دلیل عدم معنی داری مدل ها کنار گذاشته شد (جدول ۸). بهترین برازش مدل برای شاخص تحمل جوانه زنی و گیاهچه ای مدل لجستیک سه پارامتری (رابطه ۵) برآورد شد و برازش اطلاعات مدل لجستیک سه پارامتری با مدل خطی $y=a\pm bx$ برای شاخص تحمل به شوری هر دو مرحله مقایسه شد.

رابطه ۵: لجستیک $Y = a / \{1 + (x / x_{50})^b\}$

رابطه ۶: گامپرتز $Y = a \exp^{(-\exp(-(x-x_0)/b))}$

رابطه ۷: هیل $Y = ax^b / (c^b + x^b)$

رابطه ۸: ویبول $Y = a(1 - \exp^{-(bx)^c})$

رابطه ۹: درجه ۳ $Y = y_0 + ax + bx^2 + cx^3$

رابطه ۱۰: درجه ۲ $Y = y_0 + ax + bx^2$

در این مدل ها y میزان صفت شاخص تحمل به شوری در سطوح مختلف شوری (x)، a بیانگر مجانب بالای منحنی یا حداکثر مقدار این صفت، X_{50} غلظت کلرید سدیم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر مقدار شاخص های مذکور و b نشانگر شیب مدل می باشد و در نهایت c پارامتر شکل دهنده مدل است.

ضریب تبیین که توصیفی از قابلیت پیش بینی مدل را ارائه می کند و هر چه نزدیک تر به یک، نشانگر برازش بهتر مدل به داده ها می باشد (رابطه ۱۱):

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSM} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

RMSE کوچک تر به مفهوم شاخص نیکویی برازش مدل هاست و اختلاف نسبی بین مقادیر شبیه سازی و مشاهدات را نشان می دهد (رابطه ۱۲):

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

رابطه ۱۳: شاخص آیکائیک

$$AIC = N \times \ln \left(\frac{SSE}{N} \right) + 2 \times k$$

در این فرمول ها SSE مجموع مربعات خطا، SSM مجموع مربعات مدل و MSE میانگین مربعات خطا N تعداد مشاهدات و k تعداد ضرایب مدل است.

در آزمایشاتی که تعداد نقاط یا نمونه ها (n) کوچک است از شاخص آیکائیک تصحیح شده (AICc) استفاده می شود (رابطه ۱۴):

$$AICc = AIC + (2k(k+1))/(n-k-1) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

¹ Akaike information criterion

² Chauhan

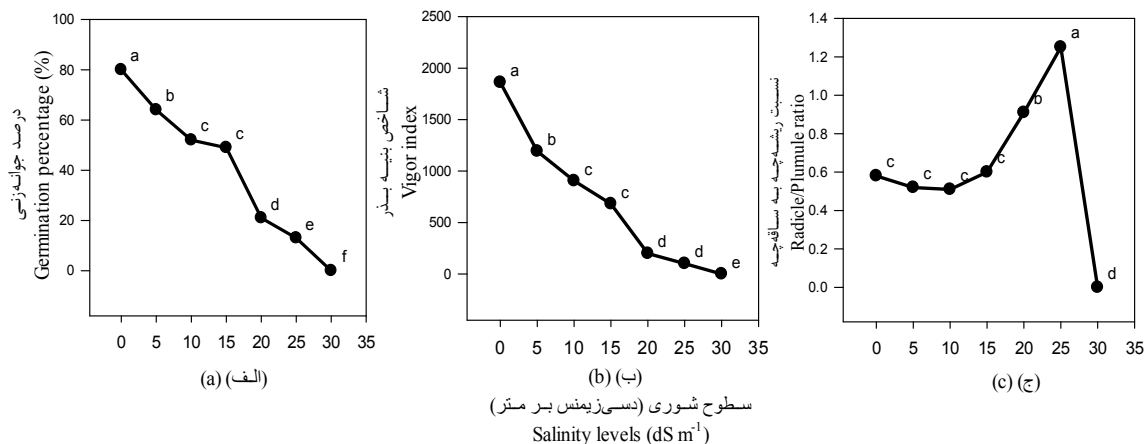
جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری (NaCl) بر صفات جوانه‌زنی پیچک صحرایی

Table 3. Results of analysis of variances for the effects of salinity (NaCl) on germination traits of *Convolvulus arvensis*

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	نسبت ریشه‌چه به ساقچه	شاخص تحمل به شوری
Source Of Variance	df	Germination percentage	Vigor index	Radicle/plumule ratio	Tolerance index
شوری (Salinity)	8	3578.9**	7.67**	1.37**	5228.2**
خطا (Error)	27	15.52	0.010	0.003	47.32
ضریب تغییرات (درصد) (C.V) (%)	-	13	6	7.5	8.9

**: Significant at $P < 0.01$.

** در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار می‌باشد.



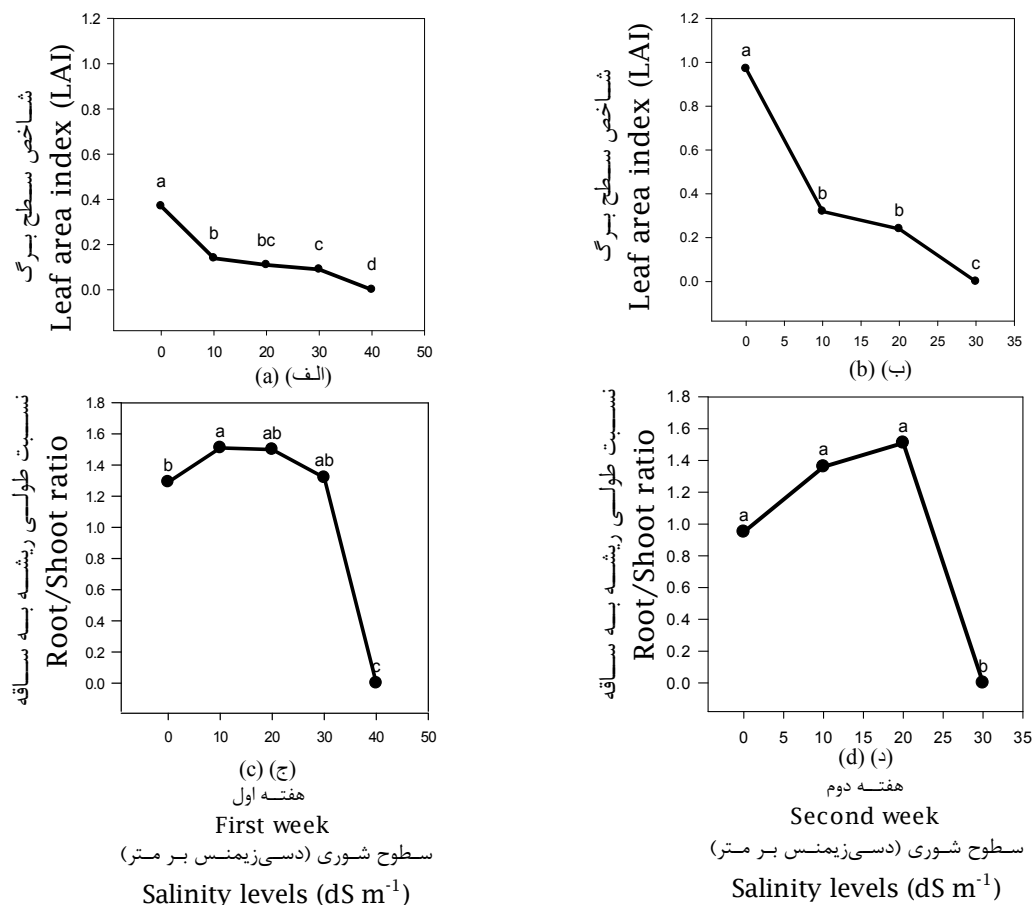
شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی (الف)، شاخص بنیه بذر (ب) و نسبت ریشه‌چه به ساقچه (ج)

Fig. 1. Effect of different salinity levels on germination percentage (a), vigor index (b) and radicle/plumule ratio (c)

که اثر تنش شوری بر طول ریشه‌چه یازده رقم پنبه مورد مطالعه قرار گرفت، نشان داده شد که طول ریشه‌چه تأثیرپذیری بیشتری نسبت به طول ساقچه‌چه داشت. تحت تنش شوری عملکرد هورمون سیتوکینین در ریشه‌چه متوقف می‌شود بنابراین، طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای اندازه‌گیری تحمل به تنش شوری در گیاهان مختلف است (نور^۳ و همکاران، ۲۰۰۱). بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) یک هفته پس از تنش، شوری بر صفات شاخص سطح برگ، طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نسبت طولی ریشه به ساقه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد.

در آزمایشی بر بذر گیاه کهورک میزان شوری بر طول ریشه‌چه و طول ساقچه‌چه تأثیر معنی دار داشت. به‌طوری که طول ریشه‌چه در تیمار شاهد ۳ برابر تیمار ۲۴۰ میلی‌مولار نمک بود (آل‌ابراهیم^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). تنش شوری باعث کاهش تقسیم و طولی شدن سلول‌ها می‌گردد و به این طریق منجر به کوتاه شدن ارتفاع گیاه می‌شود. به‌نظر می‌رسد رشد بهتر ریشه‌چه نسبت به شاهد در گونه‌های هالوفیت در سطح معینی از شوری (حدود ۲۰۰ میلی‌مول کلروید سدیم در *Salsola abarghuensis*) سازوکاری برای تحمل شوری می‌باشد (مصلح آرانی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). در تحقیقی

¹ Alebrahim² Mosleh-Arany³ Noor



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص سطح برگ (الف و ب) و نسبت طولی ریشه به ساقه (ج و د)، هفته اول و دوم پس از تنش
Fig. 2. Effect of different salinity levels on leaf area index (a, b) and root/shoot ratio (c, d) after first and second weeks of salinity stress application

دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری در هر دو هفته وجود نداشت و کمترین مقدار در این صفت در سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. در صفت نسبت طولی ریشه به ساقه بین سطوح مختلف شوری در هر دو هفته تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ج-د). یکی از مهم‌ترین مضرات شوری محلول خاک، تغییر نسبت ساقه به ریشه است (رنگاسامی^۱، ۲۰۰۶). می‌توان کاهش رشد اولیه اندام هوایی در شرایط تنش را با سیگنال‌های هورمونی ایجاد شده توسط ریشه مرتبط دانست (مانز، ۲۰۰۲). کاهش رشد برگ گیاه تحت تأثیر شوری، موجب کاهش ظرفیت فتوسنتز کل گیاه می‌شود

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، دو هفته پس از تنش شوری، اثر شوری بر تمام صفات مورفوفیزیولوژیکی پیچک مانند وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه اصلی در سطح ۵ درصد و وزن خشک ریشه، طول انشعابات فرعی، نسبت طولی ریشه به ساقه، میزان پرولین برگ، وزن خشک اندام هوایی، طول ساقه و شاخص تحمل به شوری در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید اما تأثیر شوری بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نگردید.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲) یک و دو هفته پس از تنش، شاخص سطح برگ (الف و ب) کاهش نشان داد، در صفت مذکور سطوح ۱۰ و ۲۰

¹ Rengasamy

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری (NaCl) بر پارامترهای مورفوفیزیولوژیک پیچک‌مصرایی پس از یک هفته تنش شوری
Table 4. Results of analysis of variances for the effects of salinity (NaCl) on morphophysiological characteristics of *Convolvulus arvensis* one week after application of salinity stress

میانگین مربعات (Mean Squares)									
منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول ساقه Stem length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	طول ریشه Root length	نسبت طولی ریشه به ساقه Root/Shoot ratio	وزن خشک ریشه Root dry weight	شاخص تحمل به شوری Tolerance index	
بلوک (R)	2	0.0067**	2.21*	0.0023 ^{ns}	3.95 ^{ns}	0.0072 ^{ns}	0.0007 ^{ns}		
تیمار (Salinity)	4	0.1205**	43.18**	0.1099**	83.76**	1.31**	0.0197**		
خطا (Error)	8	0.0005	0.3833	0.0013	1.49	0.0108	0.0007		
ضریب تغییرات (درصد) (C.V) (%)	-	7.5	11.5	26.7	15.8	9	23.7		

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: عدم معنی‌داری

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری (NaCl) بر پارامترهای مورفوفیزیولوژیک پیچک‌مصرایی پس از دو هفته تنش شوری
Table 5. Results of analysis of variances for the effects of salinity (NaCl) on morphophysiological characteristics of *Convolvulus arvensis* two weeks after application of salinity stress

میانگین مربعات (Mean Squares)									
منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول ساقه Stem length	محتوای نسبی آب برگ RWC	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	طول ریشه root length	نسبت طولی ریشه به ساقه Root/shoot ratio	وزن خشک ریشه Root dry weight	شاخص تحمل به شوری Tolerance index
بلوک (R)	2	0.02*	17.6 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.06 ^{ns}	14.7 ^{ns}	0.002 ^{ns}	343.03*	65.21 ^{ns}
تیمار (Salinity)	4	0.33**	96.7**	0.02 ^{ns}	0.21*	45.86*	1.15**	692.6**	50.42**
خطا (Error)	8	0.001	3.9	0.05	0.01	4	0.01	26.5	35.4
ضریب تغییرات (درصد) (C.V) (%)	-	8	18	14	9	16	20	20.5	18

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: عدم معنی‌داری
 * and ** : Significant at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, ns: Non significant

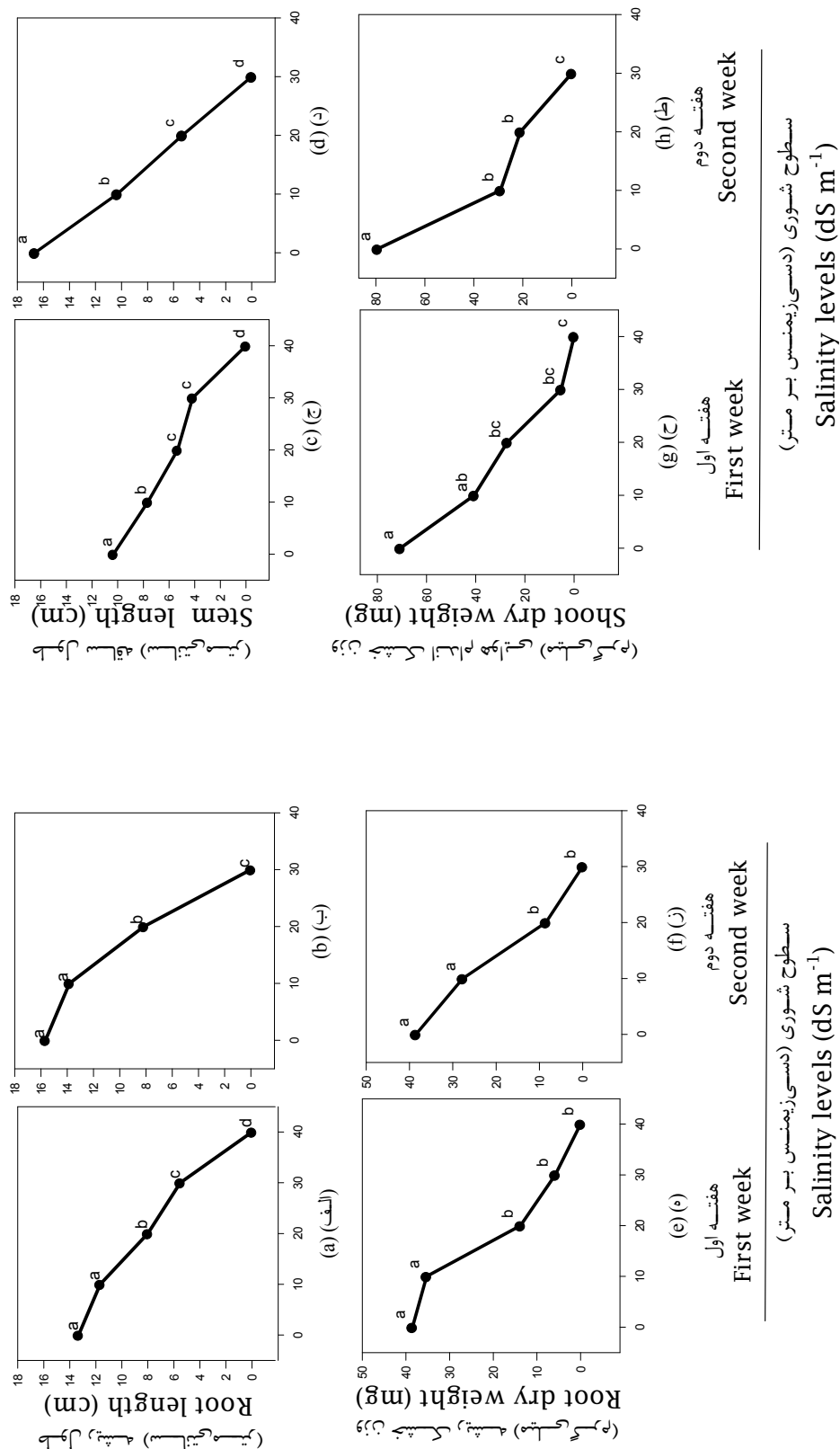


Fig. 3. Effect of different salinity levels on seminal root length (a, b), stem length (c, d), root dry weight (e, f) and shoot dry weight (g, h), after first and second weeks of salinity stress application

الف^۴). در گیاه *Kochia prostrata* نیز گزارش شده که مقدار پتاسیم، منیزیم و کلسیم در شوری کاهش یافت، در مقابل مقدار سدیم، کلر و پرولین با افزایش شوری چندین برابر شد (کریمی^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). با افزایش شوری طول انشعابات فرعی پیچک، در تیمارهای شاهد و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت اما در سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش شوری افزایش معنی‌داری داشت (شکل ۴ب). افزایش جزئی در انشعابات ریشه شاید نشانگر سازوکاری برای مقابله با شوری تا سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر برای پیچک باشد. تحریک انشعاب‌زنی در اثر شوری به عنوان یک واکنش انطباقی برای تضمین بقای گیاه در شرایط نامناسب رشد گزارش شده است (راهنما^۶ و همکاران، ۲۰۱۱).

انعطاف‌پذیری فنوتیپی در شرایط تنش به شدت تحت تأثیر رشد ریشه‌های جانبی قرار می‌گیرد (اوگاوا^۷ و همکاران، ۲۰۱۱)، به‌طوری که با افزایش شوری، تعداد ریشه جانبی ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس بیشتر است که احتمالاً باعث جذب آب بیشتر در شرایط تنش می‌شوند (فخری و همکاران، ۲۰۱۵). تجمع نمک در منطقه ریشه از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، از جذب آب توسط ریشه جلوگیری می‌کند. هر چند که مولکول‌های آب در خاک شور با نیروی چسبندگی زیاد به ذرات خاک نچسبیده‌اند، اما وجود نمک باعث می‌شود گیاه برای جذب آب نیروی بیشتری صرف کند که این امر می‌تواند عامل تنش برای گیاه باشد. در واقع سطح زیاد نمک در محیط ریشه باعث کاهش میزان آب برگ‌ها می‌شود (وارنس^۸ و همکاران، ۲۰۰۲). از آنجایی که ریشه‌های جانبی طول ریشه را تا ۳۰ برابر افزایش می‌دهند (گرگوری^۹، ۲۰۰۶) لذا افزایش انشعابات ریشه و ریشه‌های مویی به استفاده کارآمدتر از آب و مواد غذایی و افزایش تحمل به تنش در گیاه منجر می‌گردد (مالمی^{۱۰}، ۲۰۰۵).

(یئو^۱، ۲۰۰۷) و رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) صفات رشدی ریشه و اندام هوایی، نشان داد اعمال شوری طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی پیچک را در هر دو هفته پس از تنش کاهش داد و بیشترین مقدار در این صفات در شاهد مشاهده شد و گیاهچه‌ها پس از یک هفته در سطح ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر و دو هفته تنش در سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر حساسیت خود را با خشک شدن اندام هوایی نشان دادند.

پس از دو هفته کمترین طول ریشه اصلی در سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح شاهد و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر داشت. به‌نظر می‌رسد افزایش یون‌های سمی سدیم و کلر و برهم خوردن توازن یونی یک دلیل کاهش رشد گیاه تحت شوری باشد (کریمی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

دو هفته پس از اعمال شوری وزن خشک اندام هوایی در سطوح ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشتند و بیشترین مقدار این صفت در سطح شاهد به‌دست آمد. طول ساقه در سه سطح شاهد، ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نشان داد. در هر دو هفته، وزن خشک در سطح شاهد و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و پس از آن روند نزولی صفات ریشه مشاهده گردید. ارچنگی^۳ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاهش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ نتیجه افزایش سطح شوری در گیاه سنبليله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بود. کایا^۴ و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند شوری رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود.

با توجه به مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴) پس از دو هفته تنش، میزان پرولین در سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (شکل

⁵ Karimi

⁶ Rahnema

⁷ Ogawa

⁸ Warrence

⁹ Gregory

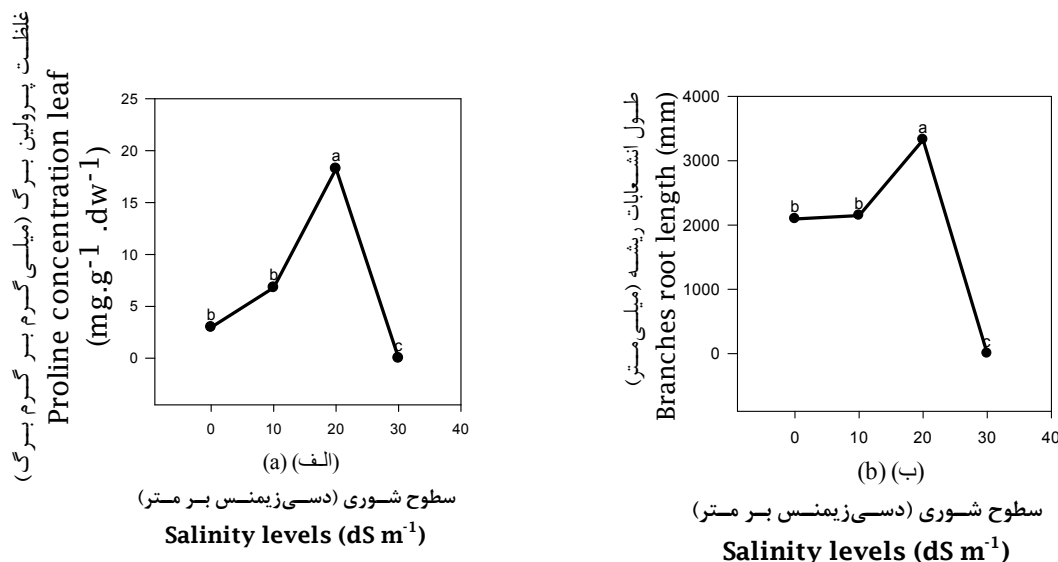
¹⁰ Malamy

¹ Yeo

² Karimi

³ Archangi

⁴ Kaya



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف شوری بر محتوای پرولین برگ (الف) و طول انشعابات فرعی (ب) پس از دو هفته تنش شوری
Fig. 4. Effect of different salinity levels on leaf proline concentration (a) and root branches length (b) after two weeks of salinity stress application

۷۹/۹۸ بود که این مدل در هر دو مرحله شاخص نکویی کمتر و آیکاییک بالاتری نسبت به مدل لجستیک برازش داده شده داشت (جدول ۶ و ۷). اطلاعات سایر مدل‌های برازش داده شده در جدول ۸ آمده است. در مطالعه سوس^۲ و همکاران (۲۰۱۴)، از دو مدل لجستیک و گامپرتز در پیش‌بینی جوانه‌زنی بذره‌های قهوه استفاده کردند و بیان داشتند که مدل گامپرتز از دقت بالاتری در پیش‌بینی جوانه‌زنی بذره‌های قهوه در مقایسه با مدل لجستیک بر اساس ضریب آکائیک و ضریب تبیین تصحیح شده داشت.

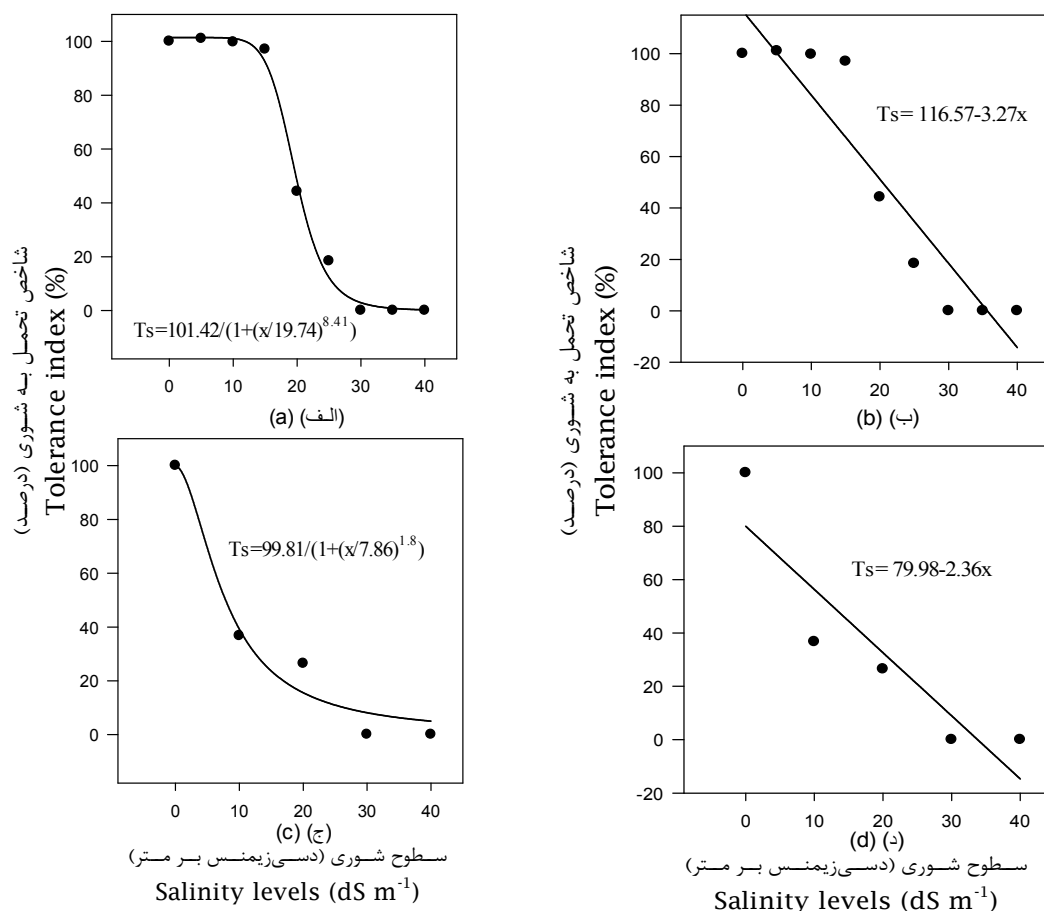
در پژوهشی بر بذر پیچک، مصطفوی و گل‌زردی، (۲۰۱۰) بیان کردند بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری برازش داده شده برای شرایط تنش شوری مشخص شد که حد تحمل بذر پیچک برای جوانه‌زنی و استقرار سریع گیاهچه حدود ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و درصد جوانه‌زنی در سطح ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر ۵۰ درصد کاهش یافت.

مدل لجستیک سه پارامتری برازش شده^۱ $Ts=101.42/(1+(x/19.74)^{8.41})$ توصیف خوبی از پاسخ جوانه‌زنی بذر پیچک به شوری نشان داد ($r^2=0.99$) که در جدول ۶ آمده است و با توجه به مقادیر دو پارامتر a و X_{50} مدل، به‌ترتیب حداکثر مقدار شاخص تحمل جوانه‌زنی بذر پیچک ۱۰۱/۴۲ درصد و ۵۰ درصد بازدارندگی در ۱۹/۷۴ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۵ الف).

در آزمایش حاضر سطح ۱۹/۷۴ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم سبب بازدارندگی از ۵۰ درصد این میزان تحمل گردید. بر اساس مدل سه پارامتری برازش داده شده^۱ $Ts=99.81/(1+(x/7.86)^{1.8})$ غلظت بازدارنده ۵۰ درصد شاخص تحمل به شوری مرحله گیاهچه‌ای در ۷/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۵ ج). مقادیر پارامترهای مدل لجستیک و همچنین مدل خطی برازش داده شده به مقدار شاخص تحمل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای به‌ترتیب در جدول ۶ و ۷ آمده است که علامت (*) معنی‌داری ضرایب مدل را نشان می‌دهد. مشتق مدل خطی برآورد شده مرحله جوانه‌زنی برابر با ۱۱۶/۵۷ و این مقدار در مرحله گیاهچه‌ای برابر با

² Sousa

¹ Tolerance index



شکل ۵. تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص تحمل به شوری مرحله جوانه‌زنی (الف و ب) و گیاهچه‌ای (ج و د) پس از دو هفته تنش. خط رسم شده نماینگر مدل لجستیک سه پارامتری (الف و ج) و مدل خطی (ب و د) برازش داده شده به اطلاعات است.

Fig. 5. Effect of different salinity levels on germination tolerance index (a, b) and seedling tolerance index (c, d) after two weeks. The line drawn represents the three-parameter logistic model (a, c) and linear model (b, d) of information

جدول ۶. پارامترهای برآورد شده بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری برازش داده شده (\pm خطای استاندارد)

Table 6. Estimated parameters according to three-parameter logistic model (\pm standard error)

شاخص تحمل به شوری Tolerance index	حداکثر مقدار پارامتر (a)	50 درصد بازدارندگی (X_{50})	شیب خط (b)	ضریب تبیین r^2	شاخص آکائیک AICc	خطای جذرمیانگین مربعات RMSE	مدل Model
جوانه‌زنی Germination	101.42** (± 2.1)	19.74** (± 0.35)	8.41** (± 1.12)	0.99	38.4	14	$T_s = 101.42 / (1 + (x/19.74)^{8.41})$
گیاهچه‌ای Seedling	99.81* (± 10.4)	7.86 ^{ns} (± 2.61)	1.80 ^{ns} (± 0.88)	0.93	26.8	108	$T_s = 99.81 / (1 + (x/7.86)^{1.8})$

جدول ۷. پارامترهای برآورد شده بر اساس مدل خطی برازش داده شده (\pm خطای استاندارد)

Table 7. Estimated parameters according to linear model (\pm standard error)

شاخص تحمل به شوری Tolerance index	Y_0	A	ضریب تبیین r^2	شاخص آکائیک AICc	خطای جذرمیانگین مربعات RMSE	مدل Model
جوانه زنی Germination	116.57** (± 11.05)	- 3.27** (± 0.46)	0.85	60.5	323	$T_s = 116.57 - 3.27x$
گیاهچه ای Seedling	79.98* (± 14.95)	- 2.36* (± 0.61)	0.77	57.0	372	$T_s = 79.98 - 2.36x$

جدول ۸. پارامترهای برآورد شده از مدل های سیگموئیدی و خطی برازش داده شده به مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای پیچک صحرایی

Table 8. Estimated parameters according to sigmoidal and linear models fitted to germination and seedling stage of *Convolvulus arvensis*

	درجه ۲			درجه ۳			گامپرتز			ویبول			هیل		
شاخص تحمل به شوری Tolerance index	r^2	AICc	RMSE	r^2	AICc	RMSE	r^2	AICc	RMSE	r^2	AICc	RMSE	r^2	AICc	RMSE
جوانه زنی Germination	0.99	39	14	-2	106	837	0.97	49	48	0.95	66	103	0.83	67	376
گیاهچه ای Seedling	1	-179	1.38	-6	48	12050	0.95	25	83	0.89	127	27	0.92	124	27

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که درصد جوانه زنی و شاخص بنيه بذر با افزایش شوری کاهش یافت ولی نسبت طولی ریشه چه به ساقچه افزایش یافت. در آزمایش حاضر گیاه پیچک پس از یک هفته مواجهه با تنش شوری، خشک شدن گیاهچه ها در سطح ۴۰ دسی زیمنس بر متر و پس از دو هفته تنش در سطح ۳۰ دسی زیمنس بر متر را به دنبال داشت. در نهایت بهترین مدل برازش داده شده مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای پیچک صحرایی مدل لجستیک سه پارامتری با شاخص نکویی کمتر و شاخص آیکاییک تصحیح شده کمتر بود. طبق مدل لجستیک برازش داده شده به شاخص تحمل پیچک صحرایی، در شرایط گلدانی، شوری بیش از ۷/۸۶ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۵۰ درصدی تحمل به شوری گیاه گردید در حالیکه ۵۰ درصد بازدارندگی تحمل به شوری مرحله جوانه زنی در شوری ۱۹/۸۴

دسی زیمنس بر متر برآورد شد، که بیانگر تحمل بیشتر در مرحله جوانه زنی نسبت به گیاهچه ای است. همچنین مشاهده حفظ محتوای نسبی آب برگ، افزایش انشعابات فرعی ریشه تحت تنش، بیانگر تحمل بالای این گیاه در سطوح شوری تا ۲۰ دسی زیمنس بر متر می باشد و به نظر می رسد حفظ انشعابات ریشه یکی از سازوکارهای تحمل به شوری در گیاه پیچک باشد. در مورد گونه هایی که به شوری حساسیت دارند تکثیر از طریق بذر مناسب نمی باشد زیرا جوانه زنی به شدت کاهش می یابد. برای استقرار موفق گیاهان در محیط های شور، بذرها بایستی در محیط های خیلی شور قدرت بقاء داشته باشند و زمانی که شوری کاهش می یابد جوانه بزنند. با توجه به اینکه برخی گیاهان مقاوم به شوری مرحله جوانه زنی خود را پس از بارانهای فصلی و با کاهش شوری سطح خاک با موفقیت پشت سر می گذارند و بدین ترتیب دوره رشد خود را در شوری بالاتر در مراحل بعدی تسهیل می کنند، تحمل بیشتر

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت تأمین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد پژوهانه به شماره ۹۵/۳/۰۲/۳۱۴۰۰ می‌باشد، تشکر و قدردانی می‌گردد.

پیچک‌صحرايي در مرحله جوانه‌زني نسبت به گياهچه‌اي در اين آزمون مي‌تواند گواهي بر موفقيت اين علف‌هرز باشد، بنابراین پیچک با توان پراکنش وسیع هم از طریق بذر و هم رویشی با تکثیر قابل ملاحظه حتی در شرایط شور می‌تواند زمینه‌ساز مشکلات تولید گیاهان زراعی گردد.

منابع

- Alebrahim, M.T., Sharifi, K.V. and Darvishi, M. 2013. Effect of salinity stress on germination indices of weed seed (*Prosopis farcta*). In the 5th Iranian Weed Congress, Biology and Weeds Ecology, September 2013, 127-130. [In Persian with English Summary].
- Anvari, S.M., Mehdikhani, H., Shahriari, A.R. and Nouri, GH.R. 2009. Effect of salinity stress on 7 species of range plants in germination stage. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 16(2): 262-273. [In Persian with English Summary].
- Archangi, A., Khodambashi, M., Mohamadkhani, A. 2013. The effect of salt stress on morphological characteristics and Na⁺, K⁺ and Ca⁺ ion contents in medicinal plant fenugreek (*Trigonella foenum-gracum*) under hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 10: 33-40. [In Persian].
- Bates, L. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39: 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Chauhan, B.S., G. Gill and C. Preston. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. *Weed Science*, 54: 854-860. <https://doi.org/10.1614/WS-06-047R.1>
- Costea, M., Weaver S.E. and Tardif F.J. 2003. The biology of Canadian weeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(2): 631-668. <https://doi.org/10.4141/P02-183>
- Degenearo, F.P. and Weller, S.C. 1984. Differential susceptibility of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes to glyphosate. *Weed Science*, 32(4): 472-476. <https://doi.org/10.1017/S0043174500059361>
- Ericson, M.C. and S.H. Alfinito. 1984. Proteins produced during salt stress in tobacco cell culture. *Plant Physiology*, 74: 506-509. <https://doi.org/10.1104/pp.74.3.506>
- Eslami, V., Behdani, M.A., and Ali, S. 2009. Effect of salinity on germination and early seedling growth of canola cultivars. *Environment Stress in Agriculture Science*, 1(1): 39-46. [In Persian with English Summary].
- Fakhri, Sh., Rahnama, A. and Meskarbashi, M. 2016. Relation between root growth traits and physiological indices of two bread wheat cultivars under salt stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 47(1): 109-117. [In Persian with English Summary].
- Flowers, T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55: 307-319. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>
- Gregory, J.P. 2006. *Plant Roots: their growth, activity, and interaction with soils*. First published 2006 by Blackwell Publishing Ltd.
- Hajlaoui, H., El Ayeb, N., Garrec, J.P. and Denden, M. 2010. Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation based on root and leaf tissue senescence of two-silage maize (*Zea mays* L.) varieties. *Industrial Crops and Products*, 31(1): 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.09.007>

- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A. and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463-499. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463>
- Hatimi, A. 1999. Effect of salinity on the association between root symbionts and *Acacia cyanophylla* Lind: growth and nutrition. *Plant and Soil*, 216: 93-101. <https://doi.org/10.1023/A:1004745707277>
- Kader, M.A. and Jutzi, S.C. 2004. Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of Sorghum at 42/19 °C. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190: 35-38. <https://doi.org/10.1046/j.0931-2250.2003.00071.x>
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavari Nejad, R.A. and Assareh, M.H. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum*, 49(2): 301-304. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-1304-y>
- Karimi, H., Abdolzadeh, A., Sadeghipour, H.R., Mehraban, P. and Norinia, A.A. 2011. Evaluation of salinity tolerance in *Sesbania aculeata* (Willd.) Pers., *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(1): 172-186. [In Persian with English Summary].
- Kaya, C., Higgies, D., Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27(3-4): 47-59.
- Malamy, J.E. 2005. Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture. *Plant Cell and Environment*, 28(1): 67-77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01306.x>
- Mosleh-Arany, A., Bakhshi-Khaniki, G., Nemati, N. and Soltani, M. 2011. Investigation on the effect of salinity stress on seed germination of *Salsola abarghuensis*, *Salsola arbuscula* and *Salsola yazdiana*. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 18(2): 267-279. [In Persian with English Summary].
- Mostafavi, Kh. Golzardi, F. 2010. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). *Journal of Weed Ecology*, 1(2): 91-102. [In Persian with English Summary].
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell & Environment*, 25(2): 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Noor, E., Azhar, F.M. and Khan, A.L. 2001. Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(4): 345-347.
- Ogawa, A., Shirado, S. and Toyofuku, K. 2011. Comparison of effect of salt stress on the cell death in seminal root and lateral root of rye seedlings by the modified TUNEL method. *Plant Root*, 6: 5-9. <https://doi.org/10.3117/plantroot.6.5>
- Ogg, A.G. and Young, F.L. 1991. Effects of pre-plant treatment interval and tillage on herbicide toxicity to winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology*, 5: 291-296. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00028128>
- Rahnama, A., Munns, R., Poustini, K. and Watt, M. 2011. A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. *Journal of Experimental Botany*, 62(1): 69-77. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq359>
- Rashed Mohsel, M.H. 1998. Bindweed (Identification and control of important weeds of Iran). First Edition. Mashhad University Press, 29p. [In Persian].

- Rashed Mohsel, M.H., Najafi, H. and Akbarzadeh, M.D. 2001. Biology and Weeds Control. First Edition. Mashhad University Press. 404p. [In Persian].
- Razmi, Z., Hamidi, R. and Pirasteh-Anosheh, H. 2013. Seed germination and seedling growth of three sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes as affected by low temperatures. International Journal of Farming and Allied Sciences, 2: 851-856.
- Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany, 57:1017-1023. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>
- Sarmadnia, Q.H. 1996. Seed technology (translation). 2nd Edition. Mashhad University Press. 228p. [In Persian].
- Shimi, P. and Termeh, F. 2004. Weeds of Iran. Agriculture Research, Education and Extension Organization Press, 152p.
- Sousa, I.F., Neto, J.E.K., Muniz, J.A., Guimarães, R.M., Savian, T.V. and Muniz, F.M. 2014. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. Ciência Rural, 44(11): 2016-2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131341>
- Warrence, N., Pearson, K.E. and Bavder, J.W. 2002. The basic of salinity and sodicity effect on soil physical properties. Journal of Plant Physiology, 25: 64-70.
- Wiese, A.L., Schoenhals, M.G., Bean, B.W. and Salisbury, C.D. 1997. Effect of tillage timing on herbicide toxicity to field bindweed. Journal of Production Agriculture, 10(3): 459-461. <https://doi.org/10.2134/jpa1997.0459>
- Yang, F., Xiao, X., Zhang, S., Korpelainen, H. and Li, C. 2009. Salt stress responses in *Populus cathayana* Rehder. Plant Science, 176(5): 669-677. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.02.008>
- Yarnia, M., Farajzadeh, E., Ahmadzadeh, V. and Nobari, N. 2009. Allelopathic effects of *Convolvulus arvensis* on Triticum aestivum. 8th International Conference Ecophysiological Aspects of Plant Responses to Stress Factors. Poland, September 16-19.
- Yeo, A.R. 2007. Salinity. In: Yeo A.R., Flowers T.J. (Eds.). Plant solute transport. Blackwell, Oxford, 340-365. <https://doi.org/10.1002/9780470988862>
- Zhu, J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology, 6(5): 441-445. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00085-2)

Research Article

Germination and Some Morphophysiological Traits of *Convolvulus arvensis* in Response to Salinity Stress**Azam Jamshidzade¹, Masoumeh Farzaneh^{2,*}, Afrasiab Rahnema ghahfarokhi³, Fatemeh Nasernakhaei²****Extended Abstract**

Introduction: It is obvious that all plants adopt mechanisms to control NaCl accumulation because sodium chloride is the most soluble and most abundant salt. Binweed (*Convolvulus arvensis* L.) is among the ten widespread noxious weeds in the world that it is reproduced by seed, horizontal lateral root, and rhizome. Because of the extensive underground root system of the bindweed with abundant buds and established root reserves, binweed competes more tolerant than crops under salinity and drought stress. More information on morphophysiological traits of binweed under salinity conditions and comparison of salinity tolerance index between germination and seedling can also be contributed to the most effective management. In order to investigate the germination and seedling growth characteristics of binweed two experiments were conducted separately under salinity stress.

Materials and Methods: Germination experiment was done in a completely randomized design with 9 levels of salinity stresses include 0 (control), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 dS.m⁻¹, with four replications in the lab. The seedling experiment was performed in a random complete block design consisted of five levels of salinity (tap water, 10, 20, 30, and 40 dS.m⁻¹) with three replications as the pot in a non-shade greenhouse of Agricultural College of Shahid Chamran University of Ahvaz.

Results: The results showed that with raising salinity, percentage germination and vigour index of seed declined, but Radicle/ Plumule ratio rose. After two weeks, in response to salinity a decrease in root and shoot characteristics of the seedling was observed. Salinity stress data were fitted to a three-parameter logistic for seedling stage showed that the salinity levels higher than 7.86 dS.m⁻¹ led to 50 percent reduction in tolerance index. It was found that 19.84 dS.m⁻¹ caused 50% decrease in the tolerance index at germination stage. Sufficient tolerance index growth stage variation in response to salinity was found which suggests that binweed tolerance to salinity at germination stage is about 3 times more than that of seedling stage.

Conclusions: Radicle/ plumule ratio at germination stage and root lateral branches at seedling stage increased in concentrations of up to 25 and 20 dS.m⁻¹, respectively. It seems the maintenance of root area and branches in response to increased salinity provide an acceptable mechanism of salinity tolerance for binweed. According to the three-parameter logistic model, the salinity tolerance of bindweed at germination and seedling stages was estimated at 20 and 8 dS.m⁻¹, respectively.

Keywords: Logistic model, Root lateral branches, Relative water content, Salinity tolerance index

Highlights:

- 1 Salinity tolerance of bindweed was investigated in germination and seedling growth.
- 2- Salinity tolerance index was compared between germination and seedling of bindweed and was introduced a proper trait which is more effective to pointing salinity tolerance.
- 3- The best sigmoidal model based on salinity criterion was introduced for salt tolerance index of bindweed.

¹ M.Sc. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

³ Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1399.7.2.4.3>

DOI: 10.29252/yujs.7.2.89

**CrossMark**

* Corresponding author, E-mail: m.farzaneh@scu.ac.ir