نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۷ / شماره ۱/ ۱۴۰۲
10.22092/jwra.2023.360235.948

اثر تنش شوری و روش کاشت بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شیرین‌بیان در گلخانه

هانیه حمیدیان، حمید سودائی‌زاده[1]، رستم یزدانی بیوکی، محمد علی حکیم‌زاده اردکانی، مهدی سلطانی گردفرامرزی و ساره خواجه حسینی

دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.**hhani6074@gmail.com**

دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.**hsodaie@yazd.ac.ir**

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.**R. yazdani@areeo.ac.ir**

دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.**hakim@yazd.ac.ir**

کارشناس پژوهش بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.**m_soltani50@yahoo.com**

دانش آموخته دکتری گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران.**sarehkhajahhosseini@gmail.com**

دریافت: مهر ۱۴۰۱ و پذیرش: اسفند ۱۴۰۱

چکیده

پژوهش گلدانی حاضر با هدف بررسی پاسخ گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) به روش‌های مختلف کاشت و سطوح مختلف شوری آب به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مرکز ملی تحقیقات شوری در استان یزد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح شوری آب (شوری ۰/۹ (شاهد)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان فاکتور اول و روش کاشت (نشاء و کاشت مستقیم بذر) به‌عنوان فاکتور دوم بودند. در این پژوهش صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ، وزن خشک کل، و صفات فیزیولوژیکی شامل میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید و همچنین میزان عناصر سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۶۲ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی (۷۰ عدد در بوته)، سطح برگ (۱۰۳۲ سانتی‌متر مربع)، وزن خشک کل (۲/۶۸ گرم در بوته) در تیمار شوری شاهد و کاشت نشاء، کاروتنوئید (۵/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل در تیمار شاهد و کشت بذر (۵۱/۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، سدیم در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و کشت نشاء (۱۵/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)، پتاسیم در تیمار شاهد و کشت بذر (۱۴/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) مشاهده شد. نیز، با افزایش شوری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع در هر دو روش کاشت کاهش یافت. همچنین افزایش شوری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به کاهش ۸۴٪ تعداد شاخه جانبی و ۸۸/۵٪ سطح برگ شد. پارامترهای کلروفیل کل، کاروتنوئید و پتاسیم نیز به طور معنی‌داری کاهش نشان داد ولی میزان یون سدیم روند افزایشی داشت. کشت نشاء در بیشتر پارامترها به غیر از صفات کلروفیل کل و سدیم نتایج بهتری داشت. افزایش تنش شوری منجر به کاهش ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ و همچنین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید گردید. بطور کلی روش کاشت نشا از کارایی بالاتری نسبت به کشت مستقیم بذر برخوردار بوده و با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌گردد که در شرایط با منابع آب شور و کمبود آب شیرین آبیاری نشاء با آب شیرین انجام شود و بعد از انتقال نشاء، آبیاری با آب شور صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب شور، سمیت سدیمی، نشاکاری، کشت مستقیم بذر، شورپسند

---

[1]- آدرس نویسنده مسئول: hsodaie@yazd.ac.ir

مقدمه

شوری بالا در خاک‌های کشاورزی و آب آبیاری، گیاه را با تنش مواجه کرده که همین امر یکی از مشکلات اساسی در تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌آید (زو و مو، ۲۰۱۶). تنش شوری رشد گیاه را توسط فرآیندهای فیزیولوژیکی همچون فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، جذب یونی، سنتز پروتئین، سنتز اسید نوکلئیک، فعالیت آنزیمی و تعادل هورمونی به تأخیر انداخته و همچنین بر روند انتقال آب و یون‌ها تأثیر گذاشته که درنتیجه سمیت یون‌ها و عدم تعادل تغذیه‌ای ایجاد شده و به دنبال آن ویژگی‌هایی نظیر وزن خشک، ارتفاع گیاه و سطح برگ به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (مانس و تستر، ۲۰۰۸؛ تایز و زایگر، ۲۰۱۰). تنش شوری بعد از تنش خشکی از موانع اصلی در تولید گیاهان دارویی در بسیاری از مناطق به‌ویژه مناطق خشک است (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۶). در همین راستا، پژوهشگران گزارش کردند که شوری ناشی از کلرید سدیم، شاخص‌های رشدی گیاه دارویی خرفه، از قبیل طول ریشه، وزن‌تر ریشه، کلروفیل b و کلروفیل کل را کاهش می‌دهد (طالعی و همکاران، ۱۳۹۷). در پژوهشی دیگر، افزایش شوری در محیط هیدروپونیک، کاهش وزن تر ساقه، وزن تر و خشک ریشه و طول ساقه در اسطوخودوس را به دنبال داشت (خراسانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۵).

استفاده از گیاهان مقاوم به شوری می‌تواند در قالب راهکاری مناسب به‌منظور کاهش اثرات شوری و افزایش بهره‌وری از آب‌ها و زمین‌های شور مطرح شود (حیدری و کریمی، ۱۳۹۷). گیاهان شورپسند گیاهانی با پتانسیل بالقوه اقتصادی هستند که علاوه بر اینکه کمک شایانی به ترمیم و تجدید محیط‌زیست می‌کنند، به‌واسطه دارا بودن مواد فعال زیستی سبب ارتقاء سلامتی نیز شده و به‌عنوان ذخیره منابع دارویی نیز کاربرد دارند (قسیم و همکاران، ۲۰۱۱).

شیرین‌بیان از جمله گونه‌های شورپسند بوده و به‌عنوان گیاهی مناسب برای احیاء اراضی خشک و شور به کار می‌رود (یزدانی بیوکی و همکاران، ۱۳۹۹). شیرین‌بیان با نام علمی .Glycyrrhiza glabra L، از خانواده بقولات[۲]، گیاهی چندساله با ارتفاعی متفاوت، بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر بوده و دارای برگ‌هایی مرکب و به رنگ سبز تیره با گل‌هایی به‌صورت مجتمع در انتهای ساقه‌های گل‌دهنده و به رنگ زرد است (قهرمان، ۱۳۷۸؛ امیدبیگی، ۱۳۸۴). این گیاه ملین، خلط‌آور و مدر بوده و در درمان بیماری‌های زخم معده و اثنی‌عشر، بیماری‌های دستگاه تنفسی مانند برونشیت و التهاب نای به کار می‌رود (نصیری اصل و حسین زاده، ۱۳۸۶). مطالعات محدودی در زمینه اثر تنش شوری بر رشد شیرین‌بیان صورت گرفته است. در این رابطه نتایج یک پژوهش، نشان‌دهنده افزایش در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شیرین‌بیان و تحمل بالاتر این گیاه با افزایش سطوح شوری بود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). در آزمایشی دیگر با افزایش سطح تنش شوری در شیرین‌بیان، میزان وزن خشک، ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه و همچنین مقدار پتاسیم و فسفر در بخش هوایی کاهش یافت (خدابندلو و همکاران، ۱۳۹۸).

مدیریت مناسب مراحل مختلف کاشت محصول همچون تهیه بستر، وضعیت قرارگیری بذر در خاک، سیستم کاشت، مدیریت آبیاری و آبشویی و سایر جنبه‌های مدیریت زراعی در کاهش اثر تنش شوری بر تولید، برای دست‌یابی به عملکرد اقتصادی و تولید پایدار در شرایط شور ضروری به نظر می‌رسد (طباطبائیان، ۲۰۱۴). روش کاشت گیاه از جمله عواملی است که می‌تواند بر میزان مقاومت به شوری گیاه تأثیرگذار باشد (گراتان و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج بررسی‌ها نشان داده که در مناطق دارای منابع آب‌وخاک به نسبت شور، کاشت گیاهانی مثل چغندرقند به‌صورت نشاء، با اطمینان ۹۹ درصد بهتر از کاشت مستقیم بذر آن گیاه بوده است (گوهری، ۱۳۷۳).

1- Fabaceae

یزدانی بیوکی (۱۴۰۰) با ارزیابی سطوح شوری ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر بر گیاه دارویی شیرین‌بیان در محیط کنترل‌شده نشان داد که شیب کاهش عملکرد ماده خشک اندام هوایی گیاه به ازای هر واحد افزایش شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۵/۵۰ درصد است. همچنین میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی و عملکرد صفر شد به ترتیب برابر با ۱۰/۹۸ و ۲۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد.

بهنام نیا و شنوایی زارع (۱۳۹۲) با مطالعه چهار سطح تنش شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در شرایط آزمایشگاهی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شیرین‌بیان گزارش کردند که شوری موجب کاهش ماده خشک گیاه گردید. آن‌ها همچنین نشان دادند که افزایش سطوح شوری پارامترهای بیوشیمیایی نظیر آنتوسیانین، پرولین، H2O2، MDA، قندهای احیایی و فعالیت آنزیم گایکول پراکسیداز را افزایش داد. همچنین مقدار ترکیبات فنلی در برگ با افزایش غلظت کلریدسدیم کاهش و در ریشه افزایش پیدا کرد. بهداد و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه‌ی اثرات تنش شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی شیرین‌بیان گزارش کردند که شوری به‌طور معنی‌داری پارامترهای رشدی گیاه را کاهش داد.

تاکنون مطالعه‌ای در زمینه اثر روش کاشت و شفاف‌سازی بهترین روش، به‌منظور تحمل بیشتر این گیاه صورت نگرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر روش کاشت بر تحمل به شوری گیاه شیرین‌بیان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش گلدانی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل‌های آزمایش شامل پنج سطح شوری (شوری ۰/۹ (شاهد)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان عامل اول و دو نوع روش کاشت (نشاء و کاشت مستقیم بذر) به‌عنوان فاکتور دوم بودند. بذرهای شیرین‌بیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. در آذرماه سال ۱۳۹۸، به‌منظور کاشت، بذرهای شیرین‌بیان به دلیل پوسته سخت، ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه در اسید سولفوریک ۹۵٪ خیسانده شده و سپس برای تولید نشاء، در سینی‌های محتوی کوکوپیت، پرلیت و ورمی‌کمپوست با نسبت حجمی ۶۵: ۱۵: ۲۰ درصد کاشته شدند. سینی‌ها بلافاصله پس از کاشت، با آبی با هدایت الکتریکی ۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری گردیدند. بعد از اینکه گیاه رشد اولیه را سپری کرده و گیاهچه‌ها به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر رسیدند، به گلدان‌های هفت کیلویی محتوی خاک، ماسه و کود دامی با نسبت حجمی ۱:۱:۲ منتقل شده و بلافاصله تیمارهای شوری اعمال شدند. به‌منظور روش کاشت مستقیم نیز، بذرها در گلدان‌های هفت کیلوگرمی محتوی خاک، ماسه و کود دامی با نسبت حجمی ۱:۱:۲ هم‌زمان با انتقال نشاها به گلدان کشت گردیدند (عسکرنژاد و همکاران، ۱۳۹۸). بلافاصله پس از کاشت، نسبت به اعمال تیمارهای شوری اقدام شد. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک Soil texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	پتاسیم قابل دسترس (درصد) Potassium (%)	فسفر قابل دسترس (درصد) Phosphorus (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
Sandy clay loam	29	13	58	0.0141	0.000592	0.01	3.45	7.53

به‌منظور تهیه سطوح مختلف شوری، از آب شهر به‌عنوان آب غیر شور و آب چشمه کویر استان یزد به‌عنوان آب شور استفاده شد. به این منظور قبل از آبیاری، سطوح مختلف با مخلوط کردن نسبت‌های مختلف آب غیر شور با آب شور (جدول ۲) تهیه شدند. نتایج تجزیه آب آبیاری در این آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

امکان تعیین رطوبت خاک گلدان‌ها به‌صورت روزانه با توجه به توزین روزانه گلدان‌های معرف در هر تیمار، وجود داشت و حجم آب داده شده به گلدان‌ها از طریق توزین آن‌ها قبل از هر نوبت آبیاری و محاسبه اختلاف وزن گلدان با نقطه ظرفیت زراعی خاک به دست آمد. با هدف کنترل شوری، پس از هر آبیاری، شوری زهکش‌ها با دستگاه EC متر اندازه‌گیری گردید و سعی شد تا میزان حجم زهکش به بیش از ۳۰ درصد حجم آبیاری تجاوز نکند (یزدانی بیوکی و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

تیمار Treatment	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS. m^{-1})	اسیدیته pH	نسبت جذب سدیم SAR	سدیم Sodium (Na^+)	پتاسیم Potassium (K^+)	منیزیم Magnesium (Mg^{2+})	کلسیم Calcium (Ca^{2+})	سولفات Sulfate (SO_4^{2-})	کلر Chlorine (Cl^-)	بی‌کربنات Bicarbonate (HCO_3^-)	کربنات CO_3^{2-}
				میلی‌اکی والان بر لیتر ($mEq.L^{-1}$)							
منبع آب غیر شور Non-saline water resource	0.9	8.05	3.9	11.74	0.1	8.42	9.7	9.75	17.31	0.9	0
منبع آب شور Non-saline water resource	10	8	28.83	80.73	0.21	12.88	3.26	7.82	86.48	2.77	0

هفت ماه پس از اعمال تنش شوری، در خرداد ۱۳۹۹ قسمت‌های رویشی بوته‌ها برداشت گردید. سپس صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ، وزن خشک، میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید و همچنین میزان عناصر سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور، ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش، تعداد شاخه جانبی شمارش و سطح برگ و برگچه‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Windias 3) اندازه‌گیری گردید. سپس بوته‌ها (بخش هوایی) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در دستگاه آون قرار گرفته و سپس وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه-گیری شد. همچنین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ‌ها با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹) محاسبه شد. مقادیر سدیم و پتاسیم بخش هوایی گیاه نیز با کمک روش والینگ و همکاران (۱۹۸۹) با استفاده از فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. مقادیر میانگین شوری زهکش برای سه تکرار در جدول ۳ گزارش شده است. داده‌های بدست آمده، با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ تجزیه‌وتحلیل شدند. مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد و رسم نمودارها و جداول نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

جدول ۳- میانگین شوری زه‌آب گلدان‌ها در طول آزمایش

تیمارها (Treatments)		شوری زه‌آب EC_{dw} ($dS.m^{-1}$)
تنش شوری salinity stress	روش کاشت cultivation type	
شاهد (Control)	بذر seed	3.66
	نشاء seedling	3.71
3 (دسی‌زیمنس بر متر) 3 ($dS.\ m^{-1}$)	بذر seed	10.45
	نشاء seedling	10.28
6 (دسی‌زیمنس بر متر) 6 ($dS.\ m^{-1}$)	بذر seed	13.49
	نشاء seedling	13.52
9 (دسی‌زیمنس بر متر) 9 ($dS.\ m^{-1}$)	بذر seed	20.5
	نشاء seedling	20.42
12 (دسی‌زیمنس بر متر) 12 ($dS.\ m^{-1}$)	بذر seed	22.8
	نشاء seedling	23.04

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر تعداد شاخه جانبی گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نیز کاهش معنی‌داری در تعداد شاخه جانبی با افزایش تنش شوری را نشان داد. در کل بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمارهای شاهد (۷۰/۱۷ بر بوته) و سه دسی‌زیمنس بر متر (۵۷ بر بوته) مشاهده شد و در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کمترین تعداد شاخه جانبی (۱۱ بر بوته) بدست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای شش و نه دسی‌زیمنس بر متر نبوده و در یک سطح آماری قرار گرفتند. افزایش تنش شوری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۸۴ درصدی تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد را به دنبال داشت (جدول ۴).

به‌طورکلی با افزایش شوری، پتانسیل اسمزی و در نتیجه انرژی آزاد آب کاهش‌یافته و در نتیجه گیاه را برای جذب آب با مشکل مواجه می‌کند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). در چنین شرایطی شاخه‌دهی زیاد صفت نامطلوب به حساب آمده، زیرا باعث افزایش سطح تعرق کننده و اتلاف آب می‌گردد (کیم و کرونستاد، ۱۹۸۱). در پژوهش حاضر نیز کاهش در تعداد شاخه‌های جانبی را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی در کاهش اتلاف آب در گیاه نسبت داد. پژوهشگران نیز کاهش در تعداد شاخه جانبی را با افزایش تنش شوری در گیاه کینوا گزارش کردند (جمالی و انصاری، ۱۳۹۸). علت عدم معنی‌دار بودن روش کاشت در تعداد شاخه جانبی می‌تواند به علت تحت کنترل

بودن ژنتیکی صفت تعداد شاخه‌های جانبی باشد، به‌طوری‌که نتایج مطالعات رضایی و همکاران (۱۴۰۰) بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در سامانه‌های کشت نشایی و مستقیم بذر در شرایط آب و هوایی گرگان نشان داد که هیچ‌کدام از صفات فنولوژیکی تحت تأثیر روش کاشت قرار نگرفتند. همچنین سایر محققان (امیرمرادی و رضوانی مقدم، ۱۳۹۰؛ تدین و همکاران، ۱۳۹۲) نیز نشان دادند که صفات فنولوژیکی تحت کنترل ژنتیکی بوده و تحت تأثیر روش کاشت قرار نمی‌گیرد. به نظر می‌رسد در مطالعه‌ی حاضر نیز تعداد شاخه‌های جانبی جزو صفاتی هستند که تحت کنترل ژنتیک بوده و به لحاظ اینکه در پژوهش حاضر از یک توده بذر استفاده شد، لذا این صفت تحت تأثیر روش کاشت قرار نگرفته است.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) تحت سطوح مختلف تنش شوری و روش کاشت

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	سطح برگ Leaf area	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
تنش شوری Salinity Stress (S)	4	1287.65**	3644.13**	836947.88**	3.19**
روش کاشت Cultivation type (CT)	1	1291.71**	700.83^{ns}	702802.55**	17.18**
تنش شوری × روش کاشت S ×CT	4	265.06**	286.66^{ns}	14905.54^{ns}	11.17**
خطای آزمایش Error	20	37.85	229.56	6174.37	3.68
درصد تغییرات C.V(٪)		15.97	3.96	14.6	3.67

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total Chlorophyll	سدیم Na^+	پتاسیم K^+
تنش شوری salinity Stress (S)	4	9.04**	677.81**	149490616.3**	122757677**
روش کاشت Cultivation type (CT)	1	4.03^{ns}	646.19**	10778.14^{ns}	26244138.87*
تنش شوری × روش کاشت S× CT	4	4.54*	431.83**	116645198.7**	16418424.54*
خطای آزمایش Error	20	0.76	34.02	5001512.93	3724956.48
درصد تغییرات C.V(٪)		8.17	12.23	6.29	9.16

^{NS}، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است

جدول ۵ - نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تنش شوری و روش کاشت بر تعداد شاخه جانبی و سطح برگ در شیرین‌بیان

	تیمارها (Treatments)	تعداد شاخه جانبی (عدد در بوته) Number of lateral branch (number per plant)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (Cm^2)
تنش شوری ($dS.\ m^{-1}$) Stress Salinity	شاهد (Control)	70.16[a]	1031.68[a]
	3	57[a]	812.03[a]
	6	31[b]	402.28[b]
	9	22[b]	327.08[b]
	12	11[b]	118.19[b]
	LSD (0.05)	18.24	363.46
روش کاشت Cultivation Type	بذر (seed)	ns	385.19[b]
	نشاء (seedlings)	ns	691.3[a]
	LSD (0.05)		363.46

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند

سطح برگ

نتایج نشان داد که اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و روش کاشت در سطح یک درصد بر سطح برگ گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در سطح برگ گیاه را باعث شد، بطوری‌که بیشترین میزان را تیمار شاهد (۱۰۳۱/۷ سانتی‌متر مربع) و تنش سه دسی‌زیمنس بر متر (۸۱۲/۰ سانتی‌متر مربع) دارا بود و کمترین میزان در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (۱۱۸/۲ سانتی‌متر مربع) بدست آمد. افزایش تنش شوری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۸۸/۵۴ درصدی میزان سطح برگ را نسبت به شاهد در برداشت. از طرفی روش کاشت نیز بر میزان سطح برگ گیاه تأثیرگذار بود. بطوری‌که بیشترین میزان این صفت در حالت کاشت نشایی (۶۹۱/۳ سانتی‌متر مربع) حاصل گردید (جدول ۵). کاهش سطح برگ در تیمار شش دسی‌زیمنس بر متر در این پژوهش را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به علت کم شدن آماس سلولی احتمال داد (ولکمار و همکاران، ۱۹۹۷). در اسفناج نیز کاهش در میزان سطح برگ با افزایش تنش شوری گزارش شده است (۱). در مورد عدم معنی‌دار شدن اثر متقابل روش کاشت در شوری به نظر می‌رسد بدلیل آنکه در هر دو شرایط شور و غیرشور تأثیر روش کاشت نشا بهتر از بذر بود، لذا اثر متقابل معنی‌دار نشده است.

ارتفاع بوته

اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، روش کاشت و اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۴). با توجه به جدول ۶، نتایج مقایسه میانگین‌ها کاهش معنی‌داری در میزان ارتفاع گیاه با افزایش تنش شوری را نشان داد. روش کاشت نیز در این روند نزولی و تأثیر معنی‌داری را داشت، بطوری‌که کاشت نشاء، میزان بالاتری از ارتفاع را در تمامی سطوح شوری به‌جز سطوح شوری سه و نه دسی‌زیمنس بر متر نشان داد (جدول ۶). در کل بیشترین میزان ارتفاع گیاه در تیمار شاهد در هر دو روش کاشت نشاء و بذر (۶۲/۲۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در حالت کشت بذر، گیاه رشدی نداشته و کمترین میزان میانگین را در بین تیمارها نشان داد. همچنین ترکیب تیماری شوری شش دسی‌زیمنس بر متر و

روش کاشت مستقیم (۳۱/۸۲ سانتی‌متر) نیز کاهش ۴۸/۸۵ درصدی ارتفاع نسبت به شاهد را نشان داد که با شوری نه دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری نداشته و بعد از سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کمترین میزان ارتفاع را شامل گردیدند. در کل کاهش میزان رشد در اثر تنش شوری را می‌توان به دلیل اثر ابتدایی آسیب کاتیون سدیم به علت کاهش فعالیت کانال پتاسیمی و نیز سمیت کلر که با جلوگیری از جذب نیتراتی که در رشد رویشی نقش مؤثری دارد؛ احتمال داد (شهبانی و همکاران، ۱۳۹۷). در همین راستا در گیاه کوشیا و نعناع نیز افزایش شوری کاهش میزان ارتفاع را در برداشت (جوشن و همکاران، ۱۳۹۸؛ نباتی و همکاران، ۱۳۹۱). از طرف دیگر روند کلی، نشان‌دهنده رشد بهتر گیاه در شرایط نشاء بود. در حالت کلی کاهش رشد گیاهچه‌ها و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه در شرایط کشت بذر را می‌توان به کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین و همچنین کاهش جذب آب به‌وسیله بذر در شرایط تنش که موجب کاهش ترشح هورمون‌هایی ازجمله اسید جیبرلیک و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود، نسبت داد (بهنام نیا و شنوایی زارع، ۱۳۹۲).

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و روش کاشت بر صفات مورد ارزیابی گیاه شیرین‌بیان

تیمارها (Treatments)		ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته) Shoot dry weight (g. plant $^{-1}$)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg.g FW^{-})	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Total Chlorophyll (mg.g FW^{-})	سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) Na^{+}(mg.kg dW^{-})	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) K^{+} (mg.kg dW^{-})
تنش شوری(dS. m^{-1}) salinity stress	روش کاشت cultivation type						
شاهد (Control)	بذر seed	52.14^{ab}	0.79^{cd}	5.5^{a}	51.21^{a}	1.11^{e}	14.88^{a}
	نشاء seedling	62.23^{a}	2.68^{a}	4.46^{abc}	41.14^{b}	0.71^{e}	12.70^{ab}
3	بذر seed	43.41^{bc}	0.58^{cde}	4.33^{abc}	33.22^{bcd}	6.76^{d}	12.03^{ab}
	نشاء seedling	49.07^{b}	1.08^{b}	3.97^{bc}	33.59^{bc}	2.35^{e}	10.97^{b}
6	بذر seed	31.82^{d}	0.38^{cde}	3.06^{c}	42.24^{ab}	15.20^{a}	7.10.89^{c}
	نشاء seedling	43.79^{bc}	0.76^{cd}	4.57^{ab}	27.35^{cd}	8.34^{cd}	10.85.6^{b}
9	بذر seed	32.37^{d}	0.29^{de}	3.15^{bc}	23.36^{d}	14.67^{ab}	3.44^{d}
	نشاء seedling	34.4^{cd}	0. 8^{cd}	3.34^{bc}	29.64^{cd}	1.16^{bc}	6.81^{c}
12	بذر seed	0^{e}	0^{e}	0^{d}	0^{e}	0^{e}	0^{e}
	نشاء seedling	35.87^{cd}	1.09^{c}	3.36^{bc}	34.92^{bc}	15.23^{a}	5.47^{cd}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند

وزن خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و روش کاشت و همچنین اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح یک درصد بر میزان وزن خشک اندام هوایی گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). همچنین نتایج پژوهش حاضر کاهش معنی‌داری در میزان وزن خشک گیاه با افزایش تنش شوری تا شوری شش دسی‌زیمنس بر متر در روش کاشت نشا را نشان داد، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین سه تیمار شوری ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (جدول ۶). بیشترین میزان وزن خشک در

تیمار شاهد در شرایط نشاء (۲/۶۸ گرم بر بوته) مشاهده شد. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در روش کاشت بذر، گیاه رشدی نداشته و کمترین مقدار را در مقایسه میانگین‌ها نشان داد. همچنین بر همکنش تیمارهای شوری نه دسی‌زیمنس بر متر در شرایط بذر (۰/۲۹ گرم بر بوته) نیز کاهش ۶۳/۲۹ درصدی وزن خشک کل را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۶). کاهش در تجمع ماده خشک در شرایط شوری، به علت کاهش غلظت کلروفیل و در نتیجه کاهش مواد فتوسنتزی لازم جهت رشد است. همچنان که در این پژوهش نیز در ابتدا، میزان کلروفیل (در ادامه بحث خواهد شد) روند کاهشی را داشت و دیگر صفات رویشی مرتبط با رشد، همچون سطح برگ و تعداد شاخه‌جانبی که در میزان نهایی وزن خشک کل تأثیرگذارند، نیز به‌واسطه شوری روند کاهشی را نشان دادند. از طرف دیگر برخی از محققین نیز سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم را دلیل کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری دانستنه و بیان نمودند که افزایش غلظت سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشا اثر کرده که در نهایت منجر به کاهش وزن گیاه می‌گردد (باورسادی و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌راستا با این نتایج، در کینوا نیز، کاهش در میزان عملکرد این گیاه با افزایش تنش شوری (۶/۲ دسی زیمنس بر متر) گزارش شد (امیریوسفی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج دانگ و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که کاشت نشائی گیاه پنبه در مقایسه با کاشت مستقیم بذر به دلیل استفاده بهتر از دما و نور دارای مرحله رشد سریع‌تری بوده و در نتیجه دارای عملکرد بالاتری بود. همچنین به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی‌تر، جذب آب و مواد غذایی به‌صورت مؤثرتری صورت گرفت. همچنین یو و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که گیاه پنبه در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن به تنش شوری حساس است و لذا نشاکاری و انتقال گیاهچه به زمین سبب می‌شود گیاه دوره حساس را در بستر مناسب رشد کرده و در زمان انتقال به زمین به شوری مقاوم باشد. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز به دلیل آنکه نشای شیرین‌بیان در مراحل اولیه رشد، تحت شرایط مساعد بوده توانسته پس از انتقال به محیط اصلی نسبت به کاشت مستقیم بذر از توان بیشتری برخوردار بوده و لذا منجر به تولید ماده خشک بالاتری در روش کاشت نشا شود.

کاروتنوئید

نتایج نشان داد که اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد و اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح پنج درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بودند (جدول ۴). با توجه به جدول شش کاهش معنی‌داری در میزان کاروتنوئید گیاه با افزایش تنش شوری از سه دسی‌زیمنس بر متر در روش کاشت مستقیم بذر مشاهده شد؛ اما در روش کاشت نشاء، با افزایش تنش شوری اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان کاروتنوئید مشاهده نشد. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در حالت کاشت بذر، گیاه رشدی نداشته و به‌واسطه آن مقدار کارتنوئید صفر بود. در ترکیب تیمار شوری شش دسی‌زیمنس بر متر و روش کاشت مستقیم بذر (۳/۰۶ میلی‌گرم برگرم وزن تر) کاهش ۴۴/۵۴ درصدی میزان کاروتنوئید نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۶). در پژوهش مشابه نیز کاهش در میزان کاروتنوئید سه نوع ژنوتیپ گیاه شیرین‌بیان (ایلام، سمنان و چهارمحال و بختیاری) تحت تنش شوری، گزارش شد. به‌طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار شاهد (نمک صفر) و کمترین میزان در تیمار تنش شدید (۳۰۰ میلی-مولار) بدست آمد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸).

کلروفیل کل

بر اساس نتایج، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، روش کاشت و اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بودند (جدول ۴). کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل گیاه، با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲

دسی‌زیمنس بر متر در روش کاشت بذر مشاهده شد؛ اما در روش کاشت نشاء، با افزایش تنش شوری تا سطح سه دسی‌زیمنس بر متر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در روش کاشت بذر، گیاه رشدی نداشته و کمترین مقدار را در مقایسه میانگین‌ها نشان داد. همچنین در تیمار شوری نه دسی‌زیمنس بر متر در شرایط کاشت بذر (۲۳/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز کاهش ۵۴/۳۸ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۶). در همین راستا، میزان کلروفیل کل گیاهچه‌های Atriplex halimus در تمام تیمارهای آزمایش شوری (۰، ۴-، ۸-، ۱۲-، ۱۶- بار) نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت و بیشترین اثر کاهشی مربوط به ۱۶- بار بود. همین‌طور در گیاه تاج‌خروس که گیاهان به مدت هفت روز در محیط رشد حاوی ۳۰۰ میلی-مولار کلریدسدیم قرار داشتند، روند کاهشی در میزان کلروفیل کل گزارش شد (دیلم و همکاران، ۱۳۹۷؛ وانگ و نیل، ۲۰۰۰). یکی از علل کاهش غلظت و تجزیه شدن کلروفیل تحت تنش به دلیل افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز است، به نظر می‌رسد در مطالعه‌ی حاضر با افزایش سطوح شوری فعالیت آنزیم کلروفیلاز افزایش‌یافته و در نتیجه منجر به تجزیه کلروفیل و کاهش غلظت آن شده است. ضمن اینکه دلیل بالا بودن میزان کلروفیل در دو تیمار شاهد و شوری شش دسی‌زیمنس بر متر در روش کاشت نشا در مقایسه با روش کاشت بذر به نظر می‌رسد به دلیل قوی بودن نشا نسبت به بذر و تحمل بالاتر آن نسبت به شوری و در نتیجه غلظت کلروفیل کمتر تحت تأثیر قرار گرفته باشد.

سدیم

نتایج حاکی از آن بود که اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح یک درصد بر میزان سدیم گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). افزایش معنی‌داری در میزان سدیم گیاه، با افزایش تنش شوری در هر دو روش کاشت مشاهده شد (جدول ۶). این افزایش در تمام سطوح در کشت بذری بیشتر از نشاء بود. در کل بیشترین میزان سدیم در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط کشت نشاء (۱۵/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بدست آمد که با تیمار شوری نه دسی‌زیمنس بر متر و شش دسی‌زیمنس بر متر در شرایط کشت بذر اختلاف معنی‌دار نداشته و در یک سطح قرار گرفت. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در حالت کشت بذر، گیاه رشدی نداشته و کمترین میزان میانگین را در بین تیمارها نشان داد. ترکیب تیمار شاهد و روش کاشت نشایی (۰/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) به همراه ترکیب تیمار شاهد و روش کاشت مستقیم و ترکیب تیمار شوری سه دسی‌زیمنس بر متر و کاشت نشایی، کمترین میزان غلظت سدیم را داشتند (جدول ۵). تجمع و انباشته شدن یون‌های سدیم در واکوئل‌های سلول، نوعی مکانیسم مقدماتی در گیاهان شورپسند در سطح شوری بالا است (گالشی، ۱۳۹۴). این عمل، ضمن ممانعت از سمیت اندامک‌های سیتوپلاسمی تنظیم اسمزی را نیز باعث می‌گردد (تباراحمدی و بابائیان جلودار، ۱۳۸۱). در پژوهشی مشابه در گیاه سیاه شور مصری نیز با افزایش شوری تا ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر بر غلظت سدیم اندام هوایی گیاه (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) افزوده شد (ذاکری اصل و همکاران، ۱۳۹۳).

پتاسیم

با توجه به نتایج، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد، روش کاشت و اثر متقابل تنش شوری و روش کاشت در سطح پنج درصد بر میزان پتاسیم گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). همچنین کاهش معنی‌داری در میزان پتاسیم گیاه، با افزایش تنش شوری در هردو روش کاشت مشاهده شد (جدول ۶). میزان پتاسیم بین تیمارهای سطوح شوری شاهد، سه و شش دسی‌زیمنس بر متر و همچنین تیمارهای شوری ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در کشت نشائی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در کشت

بذری هم تیمارهای شاهد و شوری سه دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در حالت کشت بذر، گیاه رشدی نداشته و کمترین مقدار را نشان داد. همچنین تیمارهای شوری نه دسی‌زیمنس بر متر در شرایط کشت بذر (۳۴۴۰/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) نیز کاهش ۷۶/۸۹ درصدی پتاسیم را نسبت به شاهد نشان داده و بعد از سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کمترین میزان را شامل گردیدند (جدول ۶). در واقع در شرایط تنش شوری، فراوانی یون سدیم در سطح ریشه از جذب پتاسیم جلوگیری کرده و با این عنصر برای محل‌های اتصال درون سلول رقابت نموده و سبب جذب غیرفعال پتاسیم می‌گردد (باقالیان و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین پژوهشگران بیان نمودند که گیاهانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند میزان زیادی سدیم جذب می‌کنند که در نهایت سبب کاهش پتاسیم گیاه می‌گردد (هاسگاوا و همکاران، ۲۰۰۰). هم چنان‌که در این پژوهش نیز با افزایش تنش شوری، میزان سدیم افزایش یافت؛ بنابراین کاهش در میزان پتاسیم در چنین شرایطی قابل انتظار است. در همین راستا در گیاه دارویی شیرین‌بیان و سیاه شور نیز با افزایش سطوح شوری میزان پتاسیم به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (بهداد و همکاران، ۲۰۲۱؛ دوست حسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش پارامترهای ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ و همچنین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید می‌شود. همچنین شوری باعث تغییرات محتوای یون‌های اندازه‌گیری در این مطالعه شد، به‌طوری‌که امکان جذب بیشتر سدیم را فراهم آورد و غلظت این عنصر را در بافت گیاه افزایش داد و در مقابل از غلظت پتاسیم کاسته شد. در روش کاشت بذر با افزایش شوری به سطح سه دسی‌زیمنس بر متر صفت کلروفیل کل و تا شوری شش دسی‌زیمنس بر متر صفات ارتفاع و کاروتنوئید نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت و سپس صفات مذکور با افزایش شوری تا سطح نه دسی‌زیمنس بر متر تغییر معنی‌داری نداشتند. در روش کاشت نشا با افزایش شوری تا سطح سه دسی‌زیمنس بر متر تنها صفات ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند و سپس با افزایش شوری تا سطح شش و نه دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برای صفات وزن خشک و ارتفاع تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. در نهایت افزایش شوری تا سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب از بین رفتن گیاهان در روش کاشت بذر شد (کاهش ۱۰۰ درصد)، اما در این سطح شوری به ترتیب برای صفات ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی کاهش ۴۲ و ۶۰ درصدی برای روش کاشت نشا مشاهده شد. لذا به نظر می‌رسد روش کاشت نشا نسبت به روش کاشت مستقیم نتیجه بهتری به دنبال داشته باشد که این امر می‌تواند به دلیل استقرار نشا و سپری شدن مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه که از حساس‌ترین مراحل به تنش شوری هستند، باشد. به نظر می‌رسد کاشت این گیاه، به روش کاشت نشاء در مقایسه با روش کاشت بذر در مناطقی که با بالا بودن میزان شوری منابع آبی مواجه هستند می‌تواند کمک شایانی در مدیریت بهتر خسارت ناشی از این تنش و بالا بردن میزان تولید نماید. به‌طورکلی بر اساس نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌گردد که در شرایط با منابع آب شور و کمبود آب شیرین آبیاری نشاء با آب شیرین انجام شود و بقیه دوره کشت (بعد از انتقال نشاء)، آبیاری با آب شور صورت گیرد.

فهرست منابع

۱. امیدبیگی، ر. ۱۳۸۴. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات به نشر. ۳۹۷ ص.

۲. امیرمرادی، رضاونی مقدم، پ. ۱۳۹۰. اثرتراکم و زمان مصرف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی، مراحل فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه (Nigella sativa). نشریه علوم باغبانی. ۲۵(۳): ۲۵۱-۲۶۰.

۳. امیریوسفی، م.، تدین، م.ر. و ابراهیمی، ر. ۱۳۹۹. اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد دانه گیاه کینوا (Chenopodium quinoa L.) در خاک‌های شور و غیرشور. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۳(۱): ۱۲۵-۱۴۶.

۴. باورسادی، م.، مدحج، ع. و مجدم م. ۱۳۹۶. بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و محتوای یونی ژنوتیپ‌های یونجه (Medicago sativa L.). فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۵): ۱۲۱-۱۳۶.

۵. بهنام نیا، م. و شنوایی زارع، ا. ۱۳۹۲. اثرسالسیلیک اسید بر گیاهچه شیرین‌بیان (Glycyrrhiza glabra L.) در شرایط تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۲(۳): ۸۳-۷۳.

۶. تباراحمدی، م.خ.ز. و بابائیان جلودار، ن.ا. ۱۳۸۱. رشد گیاه در اراضی بایر و شور. انتشارات مازندران. ۱. ۴۰۸ ص.

۷. تدین، ع.، ترابیان، ش. و تدین، م.ر. ۱۳۹۲. اثر تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت چهار رقم تجاری بزرک خوراکی. نشریه به زراعی کشاورزی. ۱۵(۱): ۱۵-۲۶.

۸. جمالی، ص. و انصاری، ح. ۱۳۹۸. اثر کیفیت آب و مدیریت آبیاری روی رشد و عملکرد گیاه کینوا. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۳): ۳۳۹-۳۵۱.

۹. جوشن، ز.، سودایی زاده، ح.، حکیم زاده اردکانی، م.ع. یزدانی بیوکی، ر. و خواجه حسینی، س. ۱۳۹۸. بررسی تأثیر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نعناع (Mentha spicata var. crantz) تحت تنش شوری. مجله تولیدات گیاهی. ۴۳(۲): ۲۶۹-۲۸۰.

۱۰. حسینی، م. ا.، صمصام پور، د.، ابراهیمی، م. و خان احمدی، م. ۱۳۹۸. بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شیرین‌بیان ایران (Glycyrrhiza glabra) تحت تنش شوری در شرایط مزرعه. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۱(۲۹): ۱۹۳- ۲۰۱.

۱۱. حیدری شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران. ۱۹۹ص.

۱۲. حیدری، ح. و کرمی، م. ۱۳۹۷. بررسی برخی از خصوصیات جوانه‌زنی گیاه کتان در شرایط تنش شوری. دومین کنفرانس ملی تنش شوری در گیاهان و راهکارهای توسعه کشاورزی در شرایط شور. دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

۱۳. خدابندلو، م.، امانی فر، س.، محسنی فرد، ا. و عسکری، م.ص. ۱۳۹۸. بررسی کارایی همزیستی قارچ میکوریز آربوسکولار و قارچ ریشه زی تحت تنش شوری در شیرین‌بیان. تحقیقات کاربردی خاک. ۷(۳): ۴۰-۵۳.

۱۴. خراسانی نژاد، س.، سلطانلو، ح.، هادیان، ج. و آتشی، ص. ۱۳۹۵. اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات ظاهری، کمی و کیفی اسانس در گیاه اسطوخودوس. نشریه علوم باغبانی. ۳۰(۲): ۲۰۹-۲۱۶.

۱۵. دوست حسینی، م.، سودایی زاده، ح.، یزدانی بیوکی، ر.، سرافراز اردکانی، م.ر. و حکیم زاده، م.ا. ۱۳۹۹. بررسی واکنش‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی سیاه شور به مقدار شوریِ آب. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴(۱): ۱۲۲-۱۳۵.

۱۶. دیلم، آ.، روحانی، ح.، صبوری، ح. و پورعلمداری، ا.غ. ۱۳۹۷. بررسی پاسخ Atriplex halimus به تنش شوری و خشکی در مرحله گیاهچه‌ای. نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان. ۶(۱۳): ۲۳-۳۶.

۱۷. ذاکری اصل، م.ا.، بلندنظر، ص.، اوستان، ش. و طباطبائی، س.ج. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح کلرید سدیم و نیتروژن بر رشد، غلظت ویتامین C و نیترات سبزی هالوفیت Suaeda aegyptiaca. نشریه دانش آب‌وخاک. ۲۴(۱): ۲۳۹-۲۵۰.

۱۸. رضایی، م.، داداشی، م.ر.، مختارپور، ح. و عجم نوروزی. ۱۴۰۰. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در سامانه‌های کشت نشایی و مستقیم بذر در شرایط آب و هوایی گرگان. مجله پژوهش‌های پنبه ایران. ۹(۱): ۱۸۹-۲۰۸.

۱۹. شهبانی، ز.، خوشخوی، م.، صالحی، ح.، کافی، م.، کامگار حقیقی، ع.ا. و عشقی، س. ۱۳۹۷. اثرهای تنش شوری بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ورد مینیاتوری (Rosa chinensis Jacq. var. minima Rehd). مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۹(۱): ۴۱-۵۲.

۲۰. طالعی، د.، شریفی، ر. و پیرصالحی س.م. ۱۳۹۷. مطالعه واکنش‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه خرفه به متیل جاسمونات تحت تنش شوری. مجله به زراعی کشاورزی. ۲۰(۳): ۶۶۷-۶۷۸.

۲۱. طباطباییان، ج. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر کلسیم در بهبود آسیب های ناشی از تنش شوری در گیاه گوجه فرنگی. فصلنامه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱(۲): ۱۲۵-۱۳۷.

۲۲. عالی‌نژادیان بیدآبادی، ا.، حسنی، م و ملکی ع. ۱۳۹۷. تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۳): ۶۴۱-۶۵۱.

۲۳. عسکرنژاد، م.، سودایی زاده، ح.، مصلح آرانی. ا. و یزدانی بیوکی، ر. ۱۳۹۸. اثر سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های ریحان بنفش در تنش خشکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۲۰(۱): ۲۱-۳۰.

۲۴. قهرمان، گیاه‌شناسی پایه: آناتومی و موفولوژی. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۳۹ ص.

۲۵. گالشی، س. ۱۳۹۴. تأثیر تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، گرما و غرقاب) بر روی گیاهان. انتشارات دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی دانشگاه گرگان. ۱. ۳۸۶ص.

۲۶. گنجعلی، ع.ر.، آجورلو، م. و خاک سفیدی، ع. ۱۳۹۶. تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاه قدومه. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۹(۲۱): ۱۳۹-۱۴۵.

۲۷. گوهری، ج. ۱۳۷۳. نتایج تحقیقات کاشت نشائی و مقایسه آن با کشت مستقیم بذر چغندرقند در ایران. مجموعه مقالات دومین همایش زراعت و اصلاح نباتات.

۲۸. نباتی، ج.، کافی، م.، نظامی، ا.، رضوانی مقدم، پ.، معصومی، ع. و زارع مهرجردی، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی و کیفی علوفه کوشیا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۵(۲): ۱۱۱-۱۲۸.

۲۹. نصیری اصل، م. و حسین زاده. ح. ۱۳۸۶. مروری بر اثرات ضدویروسی گیاه شیرین‌بیان و ترکیب مؤثره آن. فصلنامه گیاهان دارویی. ۶(۲۲): ۱-۱۲.

۳۰. یزدانی بیوکی، ر. ۱۴۰۰. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ارزیابی مقدماتی تحمل به تنش شوری در برخی گیاهان دارویی در محیط کنترل‌شده. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مرکز ملی تحقیقات شوری. ۵۰ص.

۳۱. یزدانی بیوکی، ر.، بناکار، م.ح. و خواجه حسینی، س. ۱۳۹۷. مروری بر توسعه کاشت هالوفیت دارویی شیرین‌بیان (Glycyrrhiza glabra L.) جهت احیای اراضی شور. دومین همایش بین‌المللی شورورزی. مرکز ملی تحقیقات شوری. ۹۸۴-۹۸۹.

۳۲. یزدانی بیوکی، ر.، رحیمیان، م.ح.، رنجبر، غ.ح.، راد، م.ه.، بیرامی، ح. مفتایی زاده، ح. ۱۳۹۹. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب گل محمدی در شرایط گلدانی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴ (۲): ۲۵۸-۲۶۷.

33. Arnon, D., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant. Physiol. 24:1. 1-15.
34. Baghalian, K, Haghiry, A. Naghavi, M. R. and Mohammadi, A. 2008. Effect of saline irrigation on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Sci Hortic. 116:4. 437-441.
35. Behdad, A., Mohsenzadeh, S., and Azizi, M. 2021. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. Rhizosphere, 17: 1-11.
36. Behdad, A., Mohsenzadeh, S., Azizi, M. and Moshtaghi, N. 2020. Salinity effects on physiological and phytochemical characteristics and gene expression of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations. Phytochemistry. 171: 1-10.
37. Dong, H.Z., Li, W., Tang, W., li, H.Z., and Zhang, D.M. 2005. Increased yield and revenue with a seedling transplanting system for hybrid seed production in but cotton. Agronomy and Crop Science. 1910: 116-124.
38. Grattan, S. R., Grieve, C. M., Poss, J. A., Robinson, P. H., Suarez, D. L., and Benes, S.E. 2004. Evaluation of salt-tolerant forages foe sequential water reuses systems. I. Biomasss production. Agric. Water Manag. 70: 2004. 109-120.
39. Hasegawa, P. M. Bressnan, R. A. Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu Rev Plant Physiol and Plant Mol Biol. 51: 2000. 463-499.
40. Keim, D.L., and Kronstad, W.E., 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. Crop Sci. 21: 1. 11-14.
41. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59: 2008. 651-681.
42. Qasim, M., Gulzar, S., Khan, M. and Ajmal. Halophytes as Medicinal Plants, Chapter 21, Ozturk, M., Mermut, A.R., Celik, A., 2011. Urbanisation, Land Use, Land Degradation and Environment. Daya Publishing House, Karachi-75270, Pakistan.
43. Schonfeld, M. A., Jhonson, R. Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci. 28: 3. 526-531.
44. Taiz, L., and Zeiger, E. 2010. Plant Physiology. 5th Ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland.
45. Volkmar, K.M., H. Hu., and Stephun. H. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. Can. J. Plant Sci. 78: 1. 19-27.
46. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G., and Van der Lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis. Part 7, plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen.
47. Wang, Y., and Nill, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenas, glycine betaine content, photosynthesisand transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. Iran. j. hortic. sci. technol. 75: 6. 623-627.
48. Xu, C., and Mou, B. 2016. Responses of Spinach to Salinity and Nutrient Deficiency in Growth, Physiology, and Nutritional Value. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 141:1. 12–21.
49. Yousif, B. S., Nguyen, N. T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y., and Saneoka, H. 2010. Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand Spinach (Tetragonia tetragonioides) and water spinach (Ipomoea). Int J Agric Biol. 12:2. 211-216.
50. Yu, S.X., Wei, X.W. and Zhao, X.H. 2000. Cotton production and technical development in China. Cotton Science. 12(6): 327-329.

Effect of Salinity Stress and Planting Method on Morphological and Physiological Characteristics of Licorice in Greenhouse

H. Hamidian, H. Sodeizadeh[1], R. Yazdani Biouki, M. A. Hakimzadeh Ardakani, M. Soltani Gerdeframarzi, and S. Khajeh Hosseini

M.Sc., Soil Chemistry and Fertility, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran. **hhani6074@gmail.com**

Associate Prof., Department of Arid Land Management and Desert Control, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran. **hsodaie@yazd.ac.ir**

Assistant Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. R. **yazdani@areeo.ac.ir**

Associate Prof., Department of Arid Land Management and Desert Control, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran. **hakim@yazd.ac.ir**

M.Sc., Research Division of Forest and Rangeland, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran. **m_soltani50@yahoo.com**

Ph.D., Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran. **sarehkhajahhosseini@gmail.com**

Received: October 2022 and Accepted: February 2023

Abstract

This study aimed to determine the response of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) to different methods of planting and different levels of water salinity. The experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design with 3 replications, during 2019-2020 in Salinity Research Center, Yazd, Iran. Treatments included five levels of water salinity (0.9 [control], 3, 6, 9 and 12 dS/m), and two planting methods (transplanting and direct seeding). Morphological traits such as plant height, number of lateral branches, leaf area, total dry weight, and physiological traits such as total chlorophyll and carotenoids, and sodium and potassium contents were measured. The results showed that the highest plant height (62 cm) was in the control (0.9 dS/m) and transplanting method, maximum number of lateral branches (70 per plant) and largest leaf area (1032 cm^2) were obtained in the control treatment, maximum total dry weight (2.68 g/plant) was in control and transplanting method, and the maximum carotenoids content (5.5 mg/gFW) was in the control and transplanting. In the control and direct seeding treatment, maximum total chlorophyll content (51.21 mg/g FW) and the highest amount of potassium (14.8 mg/kg DW) were observed. The maximum sodium content (15.2 mg/kg DW) was obtained in 12 dS/m and transplanting treatment. In general, with increasing salinity level to 12 dS/m, plant height in both planting methods decreased. Also, with increase in water salinity, the number of lateral branches and leaf area decreased by 84% and 88.5%, respectively. Total chlorophyll, carotenoids, and potassium also decreased significantly, but the amount of sodium ion increased. Transplanting was less affected by salinity in most parameters, except the total chlorophyll and sodium. Higher salinity stress had negative effect on different licorice plant parameters including plant height, number of lateral branches, leaf area, as well as the amount of total chlorophyll and carotenoids. In general, transplanting was more productive than direct seeding. The findings of this study show that, in situations with scarcity in fresh water, seedlings should be watered with fresh water, and saline water should be used for irrigation after transplanting.

Keywords: Saline water, Transplanting, Sodium toxicity, Halophyte

[1] - Corresponding author: hsodaie@yazd.ac.ir