ارزیابی تحمل به شوری زرشک بی‌دانه

محمد هادی راد[۱]، رستم یزدانی بیوکی[۲]، ولی سلطانی گردفرامرزی[۳]، نادیا بشارت[۴]*

۱- *دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران*

۲- *استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران*

۳- *کارشناس پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران*

۴- *کارشناس آزمایشگاه، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران*

*نویسنده مسئول

mohammadhadirad@gmail.com

چکیده

تنش شوری یکی از دشوارترین چالش‌های کشاورزی تامین غذای جمعیت رو به رشد جهان مطرح بوده و افت محصول ناشی از آن، سالانه ۲۷/۳ میلیارد دلار خسارت را به کشاورزان وارد می‌نماید. برای غالب شدن به این چالش زیست محیطی، برنامه‌ریزی مدون با شاخص‌های مهم و موثر، امری ضروری است. یکی از این شاخص‌ها، انتخاب گیاهان مقاوم برای توسعه کاشت و بهبود تولید در شرایط شور است. اطلاعات اولیه ناشی از بازدیدهای میدانی نشان داد که زرشک بی‌دانه می‌تواند، شرایط آب و خاک شور را تحمل و از عملکرد مطلوبی برخوردار و به عنوان گیاهی که کارکردهای متفاوتی نیز دارد، مورد توجه قرار گیرد. نتایج حاصل از پژوهش انجام شده نیز نشان داد که این گیاه با سازوکارهای مختلف، می‌تواند سطوح بالای شوری را تحمل نماید. با وجود کاهش رشد در شوری بالای ۹ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، مقاومت فیزیولوژیکی گیاه از طریق تولید اسمولیت‌های ثانویه و بقاء در شرایط شور تا حد ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. بر این اساس، در رویشگاه‌های مناسب برای پرورش زرشک، می‌توان با مدیریت مناسب محیط ریشه و کنترل شوری عصاره اشباع خاک تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، از منابع آب و خاک شور برای پرورش زرشک بی‌دانه، استفاده کرد. مقاومت گیاه در برابر شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر عصاره اشباع خاک، نشان از تاب آوری بالای آن به شوری دارد که ناشی از تولید ترکیبات فنلی گسترده در اندام های مختلف است که این ترکیب ها دارای خواص دارویی بوده و قابل استخراج می‌باشند.

کلمات کلیدی: آبیاری، ترکیبات فنلی، عصاره اشباع خاک، عملکرد

بیان مساله

تنش‌های خشکی و شوری به عنوان دو تنش اصلی غیرزیستی، بهره‌وری جهانی محصولات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Singh et al., 2018). با وجود سابقه بسیار زیاد مطالعات مربوط به فرایندهای کلیدی سازگاری گیاهان با شرایط تنش‌های غیرزیستی، هنوز نیاز به بررسی‌های گسترده‌تر و دقیق‌تر بوده و باید با درک سازوکارهای سازگاری و یا تحمل گیاهان، نسبت به کاهش راهبردی اثرات سوء آنها اقدام نمود (Ma et al., 2020). یکی از روش‌های مهم غلبه بر شرایط شور، معرفی گونه‌ها و ارقام سازگار و متحمل به این شرایط است. گزینش و یا اصلاح ژنوتیپ‌ها و ارقام پایه و پیوندک، نیاز به برنامه‌ای مدون دارد که در آن شاخص‌های متنوع عملکردی مد نظر قرار گیرد. بیان شده است که برخی گونه‌های گیاهی چوبی نیز مثل سایر گونه‌های گیاهی می‌توانند سطحی از شوری را بوسیله یکی از سه روش و یا تلفیقی از آن‌ها، تحمل نمایند. این سه روش عبارتند از: تحمل تنش اسمزی، حذف سدیم و کلر و تحمل بافت به سدیم و کلر تجمع یافته (Munns & Tester, 2008). طبیعی است که مراحل مختلف رشد و نمو درختان میوه نیز مثل سایر گیاهان، ممکن است عکس‌العمل متفاوتی را به تنش شوری نشان دهند. بین تنش شوری و سایر تنش‌های غیر زیستی مثل خشکی، غرقابی شدن، درجه حرارت‌های بالا، تابش شدید نور خورشید، کمبود مواد غذایی و تقاضای تبخیر بالای اتمسفر، رابطه مستقیمی وجود دارد. این ارتباط ممکن است در ریزوسفر و بین عوامل پوسیدگی ریشه، نماتدها و باکتری‌های مخرب ریشه نیز مشاهده شود (Syvertsen & Garcia-Sanches, 2014).

بر اساس اطلاعات موجود، ایران یکی از مناطق اولیه پراکنش و خاستگاه زرشک بی‌دانه در دنیا محسوب می‌شود. با توسعه کاشت آن در مناطق مختلف کشور و در شرایط اقلیمی مناسب، امکان تنوع بخشیدن به محصولات باغی و دارویی بیشتر شده و بهره‌گیری از اراضی که امکان کاشت گونه‌های حساس به تنش‌های خشکی و شوری در آن‌ها میسر نیست، مقدور می‌باشد. گونه‌های متعددی از جنس زرشک توسط گیاه‌شناسان ایرانی و خارجی شناسایی و گزارش شده است که در میان آن‌ها گونه زرشک پلویی یا بی‌دانه که انحصاری کشور ایران است از اهمیت زیادی برخوردار و به صورت زراعی در باغ‌های بزرگ زرشک بی‌دانه کشور کشت و کار می‌شود. اصل و منشاء این گونه از روستاهای استان خراسان جنوبی بوده و از آنجا به سایر مناطق گسترش یافته است. زرشک، غیر از کاربرد گسترده‌ای که در صنایع غذایی دارد، خواص معجزه‌آسای درمانی زیادی نیز داشته و تحمل قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر گونه‌های باغی در مقابل شرایط نامساعد محیطی از جمله باد، تابش شدید آفتاب و سرما دارد. با توجه به جایگاه ویژه زرشک بی‌دانه در صنایع غذایی و طب سنتی و همچنین بهبود بخشیدن به شرایط زیست محیطی از طریق حفظ منابع آب و خاک، توجه بیشتر به آن با انجام تحقیقات گسترده در زمینه‌های مختلف، امری ضروری است. سطح گسترده‌ای از اراضی کشور که دارای شرایط اقلیمی مناسب برای پرورش زرشک بی‌دانه می‌باشند، دارای مشکل شوری آب و خاک هستند. دستیابی به میزان بردباری زرشک به شوری و تعیین حد آستانه تحمل آن در عملکرد کمی و کیفی میوه و اندام‌های رویشی، به ویژه در تولید مواد موثره، می‌تواند نقش اساسی در توسعه کشت این گیاه ایفا نماید.

اگرچه گزارش‌هایی از تحقیقات انجام شده پیرامون تاثیر تنش شوری و سایر تنش‌های زیستی و غیر زیستی بر زرشک زینتی موجود می‌باشد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۰؛ تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵)، ولی به دلیل اینکه زرشک بی‌دانه بومی ایران بوده و تولید آن به مناطق خاصی از کشور عمدتاً در استان خراسان جنوبی محدود می‌گردد، منابع مطالعاتی راجع به تاثیر تنش شوری و همچنین آستانه تحمل به شوری مشاهده نگردید. با توجه به گسترش سطح اراضی و منابع آبی شور، ضرورت دارد

در معرفی گیاهان مقاوم به شوری اقدام موثری صورت گیرد. بررسی‌های میدانی نشان داد که زرشک بی‌دانه، می‌تواند یکی از گزینه‌های مناسب برای این امر باشد.

مواد و روش

با هدف بررسی میزان مقاومت به شوری زرشک بی‌دانه، پروژه تحقیقاتی با عنوان ارزیابی برخی ویژگی‌های کمی و کیفی زرشک بی‌دانه (*Berberis vulgaris* L.) تحت تنش شوری در ایستگاه مرکزی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهرستان یزد (ارتفاع از سطح دریا: ۱۲۱۰ متر، طول جغرافیایی: ۱۸.۳۳۵۶ ۲۸ ٥٤، عرض جغرافیایی: ٤٤٦٦.٨٠ ٩١ ٣١) بین سال‌های ۱۳۹۸-۱٤۰۰اجرا شد. از تعداد ۲۵ گلدان (لایسیمتر کوچک) با ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۳۸/۵ سانتی‌متر (با حجم ۱۰۷ لیتر) که بوسیله پشم شیشه عایق شد، استفاده شد. جنس گلدان‌ها پلیکا بوده و کف آنها نیز بوسیله ورق‌هایی از جنس پولیکا مسدود و با نصب زهکش در مرکز، آب‌بندی و عایق گردید. کف گلدان‌ها از شیب مناسب برخوردار بوده و آب اضافی به لوله‌ای که برای خروج آب در نظرگرفته شد، منتهی شد. به منظور بهبود وضعیت زهکش گلدان‌ها، ضمن استفاده از توری در کف، از ماسه درشت و پوکه صنعتی به ارتفاع ۸ سانتی‌متر روی توری استفاده شد (شکل ۱).

پس از استقرار نهال‌ها در داخل گلدان‌ها و سازگار شدن آن‌ها با شرایط اقلیمی محل اجرای طرح که حدود یک سال و نیم طول کشید، تیمارهای شوری ۳ ، ٦، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر روی درختچه‌های ۳ ساله اعمال شد. علت اعمال تیمارهای شوری در پاییز، سازگار نمودن گیاهان در فصل خنک و آماده کردن آن‌ها برای شرایط جدید در فصل رویش آتی بود. برای هر سطح از تیمار شوری ٦ گلدان (سه تکرار و در هر تکرار ۲ گلدان)، در نظر گرفته شد که در پایان، از ۳ درختچه به عنوان ۳ تکرار که شرایط یکسان‌تری داشتند، استفاده گردید. طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۵ سطح شوری و در ٦ تکرار اجرا و از ۳ تکرار یادداشت برداری شد. تیمارهای شوری با رقیق کردن آب چشمه شور منطقه عقدای یزد در سطوح مورد نظر اعمال گردید. جدول ۱ و ۲ برخی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها و همچنین شاخص‌های شیمیایی آب مورد استفاده را نشان می‌دهد. در طول دوره اعمال تیمارها و در هر بار آبیاری که بصورت هفتگی انجام می‌شد، ضریب آبشوی ۳۰٪ اعمال گردید. شاخص‌های عملکرد، مورفولوژیک، روابط آبی و فیزیولوژیک اندام هوایی و عملکرد گل و میوه در طول آزمایش و در پایان (پاییز سال ۱٤۰۰) مورد ارزیابی قرار گرفت.

شکل ۱) نمایی از سایت مطالعاتی آزمایش‌های لایسیمتری و چگونگی استقرار نهال‌های زرشک بی‌دانه

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	۳/٤۲
واکنش گل اشباع (**pH**)	۷/۵۳
فسفر (٪)	۵/۹۲
پتاسیم (٪)	۱٤۱
کربن آلی (٪)	۰/۰۱
شن (٪)	۵۸/۱۸
سیلت (٪)	۱۲/۸۲
رس (٪)	
بافت خاک	۲۹
وزن مخصوص ظاهری	لوم- رسی- شنی
درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی	۱/٦
درصد حجمی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی	۲۲/۵
	۳٦/۵

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

منبع آب	HCO_3^- (meq l^{-1})	Na^+ (meq l^{-1})	K^+ (meq l^{-1})	Cl^- (meq l^{-1})	SO_4^{2-} (meq l^{-1})	بافت خاک
چاه	۲/۸۹	/۷٤ ۱۱	۰/۱	۱۷/۳۱	۹/۷۵	۳/۹
چشمه*	۲/۷۷	/۷۳ ۸۰	/۲۱ ۰	۸٦/٤۸	۷/۸۲	/۸۳ ۲۸

منبع آب	CO_3^{--} (meq l^{-1})	Mg^{++} (meq l^{-1})	Ca^{++} (meq l^{-1})	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS m^{-1})
چاه	۰	۸/٤۲	۹/۷	/۰۵ ۸	۲/۸
چشمه*	۰	۱۲/۸۸	۳/۲٦	/۰۰ ۸	۱۰

* شوری آب چشمه ۵۰۰ دسی‌زیمنس بر متر بود که برای انجام آزمایش پنجاه برابر رقیق شد.

تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر برخی شاخص‌های مربوط به روابط آبی

نتایج بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که بالاترین مقدار رطوبت برگ (۷۲/٦ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۸٦/۵ درصد) و سطح ویژه برگ (۱۱٦/۳ سانتی‌متر مربع بر گرم) مربوط به تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. علی‌رغم اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های ذکر شده بین سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر با سایر سطوح، به نظر می‌رسد، افزایش ۵ برابری شوری آب آبیاری (در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر با ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، شوری تاثیر ملموسی بر کاهش شاخص‌های ذکر شده نداشته است. در میزان رطوبت برگ (حدود ۷ درصد)، در محتوای نسبی آب برگ (حدود ۹ درصد) و سطح ویژه برگ (۲۵ سانتی‌متر مربع بر گرم)، اختلاف در پایین‌ترین و بالاترین سطح شوری مشاهده گردید. اختلاف بین پتانسیل آبی گیاه در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر با سایر سطوح معنی‌دار بود، با این وجود در این شاخص تفاوت قابل توجه‌ای بین پایین‌ترین سطح شوری با کمترین مقدار (۱۷/۱- بار) و شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر با بیشترین مقدار (۲۳/۵- بار) مشاهده نگردید. هرچند گیاه زرشک با منفی نمودن پتانسیل آبی خود از طریق افزایش پتانسیل اسمزی، امکان برداشت آب بیشتر را از خاک در شرایط شور فراهم نمود، با این وجود سایر سازوکارها برای حفاظت از آب برگ و حفظ تورژسانس سلولی برای بقا در شرایط شور را به کار گرفت. به نظر می‌رسد در گیاه زرشک بی‌دانه نیز اولین پاسخ به تنش شوری، حفظ تورژسانس سلولی، بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت حفظ آب برگ‌ها باشد. به نظر می‌رسد بخشی از این سازوکار، بوسیله تطابق اسمزی، افزایش پتانسیل آب و تلاش برای جذب آب بیشتر از خاک در شرایط تنش‌های ملایم شوری، پاسخ داده شده است. موضوعی که توسط Ziogas و همکاران (۲۰۲۱) برای مرکبات نیز مطرح و مورد تاکید قرار داده است.

تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های مورفولوژیک اندام‌های هوایی

می‌توان بیان داشت که اولین واکنش گیاه به تنش شوری، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تبادلات گازی و در نهایت کاهش و جلوگیری از توسعه برگ در گیاه باشد، به عبارتی کنترل و حفظ سطح آب در بافت و حفظ تعرق همراه با بهره‌وری استفاده از تعرق برای پایداری رشد، ضروری است. در مرحله بعد که ممکن است در مدت طولانی‌تری اتفاق افتد، تجمع یون‌ها در برگ‌ها و شاخه‌ها می‌باشد که منجر به سمیت شده که این موضوع عموماً در برگ‌های مسن‌تر اتفاق افتاده و پیری زودرس را باعث و با ریزش برگ‌ها و کاهش عملکرد، مرگ گیاه اتفاق

می‌افتد (Munns & Tester, 2008). نتایج بررسی‌های به عمل آمده در خصوص شاخص‌های مورفولوژیک اندام هوایی شامل افزایش قطر و ارتفاع، افزایش سطح و حجم تاج پوشش، قطر یقه، تعداد جست جدید، تعداد انشعاب جدید، تعداد برگ در هر پایه، سطح کل برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و در نهایت خشکیدگی برگ‌ها، نشان داد که در تمامی شاخص‌ها، اختلاف معنی‌دار در سطوح مختلف شوری وجود دارد. مناسب‌ترین وضعیت را در شاخص‌هایی چون افزایش ارتفاع سایه‌انداز (۱۰ سانتی‌متر)، افزایش قطر سایه‌انداز (۱۸/۸ سانتی‌متر)، افزایش حجم تاج پوشش (۰/۵۲ متر مکعب)، تعداد انشعاب جدید (۷/٦ عدد)، تعداد برگ در هر پایه (۱۳۷۸ عدد)، سطح کل برگ (۳٤٤٦/۸ سانتی‌متر مربع)، وزن خشک برگ (۳۹/۳ گرم) و برگ‌های آسیب دیده (۱۳/۳ درصد) مربوط به تیمار شوری ۳ دسی زیمنس بر متر بود، در حالی که در شاخص‌هایی چون افزایش قطر، افزایش سطح تاج پوشش، تعداد برگ در هر پایه و درصد برگ‌های آسیب دیده، بین تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌هایی چون افزایش قطر، افزایش سطح تاج پوشش و تعداد برگ در هر پایه، بین تیمار شوری ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در خور توجه بود، در حالی که بالاترین شاخص سطح برگ (۰/۹) نیز مربوط به تیمار شوری ۹ دسی زیمنس بر متر بود. با افزایش سطح شوری از ۹ دسی زیمنس بر متر، بسیاری از شاخص‌های ذکر شده دستخوش تغییرات معنی‌داری شدند که عمدتاً در جهت کاهش عملکرد بود. بیشترین میزان آسیب دیدگی برگ با ۹٦ درصد در تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. اگر چه بسیاری از شاخص‌های عملکردی که تحت عنوان شاخص‌های مورفولوژیک معرفی شده‌اند، با افزایش سطح شوری، کاهش یافت، با این وجود سطح تحمل گیاه تا شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل عدم وجود اختلاف معنی‌دار با تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر **در** خور توجه بود. به دلیل تاثیر سوء شوری بر جلوگیری از افزایش اندازه سلول‌ها در برگ‌های جوان و در نتیجه کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ‌ها، تغییر در ضخامت پارانشیم اسفنجی و افزایش ضخامت برگ و تغییر در سطح ویژه برگ و همچنین افزایش فضاهای خالی بین سلولی و تخریب ساختار کلروپلاست در گیاهان مختلف، انتظار می‌رود که با افزایش غلظت نمک در محیط پیرامونی ریشه و یا جذب یون‌های سمی، کاهش عملکرد و تغییر در ساختار مورفولوژیک گیاه اتفاق افتد (Yang & Guo, 2018; Negrao et al., 2017).

تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های فیزیولوژیک نشان داد که در برخی از شاخص‌ها، تیمار شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سایر تیمارها از برتری برخوردار و دارای اختلاف معنی‌داری بود. در این خصوص می‌توان به شاخص‌هایی چون کلروفیل برگ و اجزای آن (کلروفیل **a** و کلروفیل **b**) کارتنوئید و پرولین در برگ اشاره کرد. افزایش ٤٦ درصدی کلروفیل کل (٤۲ درصد برای کلروفیل **a** و ۸۷ درصد برای کلروفیل **b**)، افزایش ۷۳ درصدی کارتنوئید و افزایش ۱۰۰ درصدی پرولین در تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر قابل توجه است. با افزایش سطح شوری از ۹ به ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش چشم‌گیر و معنی‌داری در شاخص‌های ذکر شده اتفاق افتاد. علی‌رغم افزایش مقادیر شاخص‌های ذکر شده در تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار قند کل برگ (٤۷/۱۷۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)، مقدار آنتوسیانین برگ (۲۸/۱۲۰ میکرومول بر گرم) و پایداری غشاء سلولی (۸۳/٤۵ درصد) برگ در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بالاترین مقدار بود. بالاترین مقدار فنول کل برگ (٦۸/۷۳ میلی‌گرم بر گرم) و به تبع آن فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۵/۹۹ درصد) مربوط به تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود که با سایر تیمارها از اختلاف معنی‌داری برخوردار

بود. تغییراتی که در مقادیر شاخص‌های فیزیولوژیک مورد بررسی در سطوح مختلف تیمارهای شوری آب آبیاری مشاهده شد را می‌توان به واکنش و حساسیت آن شاخص به تنش شوری مربوط دانست. به نظر می‌رسد با توجه به جهش قابل توجه در افزایش میزان کلروفیل و اجزای آن و همچنین کارتنوئید و پرولین در تنش شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطوح پایین‌تر، گیاه می‌تواند از روش‌های مختلف از جمله سنتز و تجمع پرولین، ضمن حفاظت آنزیمی، موجب بهبود شرایط اسمولیتی سلول و حفظ و تنظیم آب سلول برای بقا در شرایط شور گردد. این عمل موجب بهبود شرایط فتوسنتز و حفظ رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید گردید. افزایش رنگدانه کلروفیل b نیز موئید این موضوع است که گیاه برای بقا در شرایط شور، نسبت کلروفیل b به a را بهبود بخشید که نوعی سازگاری در شرایط تنش می‌باشد. اگرچه بیان شده است که تنش شوری ممکن است باعث بسته شدن روزنه‌ها وکاهش جذب CO2 و در نتیجه عدم توازن در ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش فتوسنتز، گردد (Polash et al., 2019). با این وجود گیاهانی که میزان مقاومت به شوری آن‌ها بالاست، ممکن است تغییری در میزان تعرق در شرایط تنش شوری پیش نیاید که این امر موجب جذب CO2 کافی برای فتوسنتز شده و رشد مناسب گیاه اتفاق افتد (Harris et al., 2010). با توجه به مطالب ذکر شده به نظر می‌رسد، گیاه زرشک بی دانه از مقاومت نسبی به تنش شوری برخوردار بوده و توانایی تحمل سطح متوسط از شوری اعمال شده را دارا است، ضمن اینکه در این سطح از شوری با افزایش میزان پرولین، شرایط را برای بهبود جذب آب و محتوای آب سلول فراهم می‌گردد.

تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر غلظت عناصر معدنی (سدیم و پتاسیم) و نسبت‌ها در ریشه و برگ

با بررسی میزان شوری خاک پس از پایان آبیاری با سطوح مختلف شوری، مشخص گردید که افزایش شوری خاک در سطوح پایین شوری آب آبیاری به مراتب بیشتر از سطوح بالاتر بود، به‌گونه‌ای که در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، شوری خاک افزایش دو برابری داشت (٦/٤ دسی‌زیمنس بر متر)، در حالی که در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر این مقدار به ۱۵/٤٦ افزایش یافت. با توجه به سبک بودن بافت خاک و ضریب آبشویی اعمال شده در هر مرحله از آبیاری، ممکن است به دلیل افزایش آب زهکش یافته در تیمارهای شوری بالاتر آب آبیاری، این موضوع دور از انتظار نباشد.

بررسی میزان تجمع پتاسیم و سدیم در ریشه و برگ، نشان داد که با افزایش سطح شوری آب آبیاری، میزان پتاسیم و سدیم برگ و ریشه افزایش یافت، هر چند در خصوص پتاسیم ریشه روند مشخصی مشاهده نگردید، به‌گونه‌ای که بالاترین مقدار پتاسیم مربوط به تیمار شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (با مقدار ۰/٦۷ درصد) و بعد از آن مربوط به شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر (با مقدار ۰/٤٦ درصد) بود. با توجه به اینکه نسبت عناصر مذکور دارای اهمیت خاصی است و باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد، محاسبه‌های به عمل آمده در این خصوص نشان داد که مطلوب‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم در برگ با مقدار ۰/۷٦ و ۰/۷٦ به ترتیب مربوط به تیمارهای ۳ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر بود که با افزایش سطح شوری از مقادیر ذکر شده، این نسبت کاهش یافت، لیکن بین سطوح مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه مربوط به تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار ۲/۳ و کمترین آن مربوط به تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار ۰/۵۸ بود. بین سایر سطوح شوری اعمال شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

با افزایش شوری و در نتیجه افزایش املاح خاک، جذب سدیم توسط ریشه‌ها افزایش یافته و این امر

موجب می‌شود تا رشد و فعالیت‌های متـابولیکی گیـاه تحـت تـأثیر قـرار گرفته و راندمان فتوسنتزی کاهش یابد (Deinlein et al., 2014; Ranema et al., 2010) با افزایش غلظت سدیم در بافت‌ها، میزان پتاسیم کاهش می‌یابد که این امر موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم که شاخص مناسبی برای ارزیابی تحمل به شوری است، خواهد شد (Byrt et al ., 2014; Hauser & Horie , 2010). علی‌رغم افزایش همزمان پتاسیم و سدیم برگ با افزایش سطح شوری آب آبیاری، نسبت پتاسیم به سدیم در برگ کاهش یافت که این کاهش از شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود. اگر شاخص نسبت پتاسیم به سدیم برگ به عنوان شاخص تعیین کننده سطح تحمل به شوری قلمداد گردد، سطح مقاومت به شوری را در زرشک بی‌دانه می‌توان، ٦ دسی‌زیمنس آب آبیاری و به عبارتی ۹/۹ دسی‌زیمنس خاک اطراف ریشه دانست. افزایش مقادیر سدیم و پتاسیم در ریشه با افزایش سطح شوری آب آبیاری و تلاش گیاه برای بهبود نسبت این دو عنصر در بافت‌های ریشه و کاهش خسارت ناشی از سمیت تجمع املاحی یون سدیم، در خور توجه است.

تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر برخی شاخص‌های عملکردی گل و میوه

در میان شاخص‌های عملکردی گل و میوه درختچه‌های زرشک بی دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری، تعداد خوشه گل، تعداد گل در هر درختچه، تعداد میوه تشکیل شده در هر درختچه، درصد میوه تشکیل شده، تعداد میوه باقی مانده پس از ریزش اولیه، درصد ریزش میوه و وزن تر میوه در زمان برداشت، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف مشاهده گردید. در خصوص تعداد خوشه گل و تعداد گل در هر پایه، بالاترین مقادیر مربوط به سطوح بالای شوری بود، به‌گونه‌ای که بین سطوح ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. با افزایش سطح شوری آب آبیاری و اعمال تنش به گیاه، گلدهی گیاه افزایش یافت. افزایش تعداد گل در کوتاه مدت ممکن است به دلیل واکنش گیاه به بقا در شرایط شور باشد که قطعاً به دلیل اختلال در امر فتوسنتز و کاهش ذخائر کربوهیدرات و همچنین تغییرات گسترده در تعادل هورمونی، گلدهی در بلند مدت دچار اختلال و کاهش خواهد یافت. گزارش‌های متعددی مبنی بر تاثیر سوء شوری آب آبیاری بر گلدهی وجود دارد (Albacete et al., 2014). بالاترین تعداد میوه تشکیل شده در هر خوشه، بالاترین تعداد میوه تشکیل شده در هر پایه، درصد میوه تشکیل شده در هر پایه، تعداد میوه باقی مانده پس از ریزش اولیه و وزن تر میوه در زمان برداشت مربوط به تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود، ضمن اینکه پایین‌ترین درصد ریزش میوه نیز مربوط به همین تیمار بود. شاخص‌های ذکر شده با افزایش سطح شوری کاهش معنی‌داری را نشان دادند. بالاترین میزان ریزش میوه با ۹۱/۷ درصد مربوط به تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. در برخی از شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری بین سطوح متوسط شوری (٦ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده نگردید.

با توجه به خلاصه نتایج بررسی‌های به عمل آمده که در جدول ۳ و ٤ آمده است، می‌توان چنین جمع‌بندی نمود که در بسیاری از شاخص‌ها با افزایش سطح شوری آب آبیاری و تجمع نمک در خاک، تغییر معنی‌داری اتفاق افتاد که عمده تغییرات، کاهشی بود. در سطوح متوسط شوری اعمال شده، بویژه شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، به دلیل واکنش‌های مثبت گیاه در جهت سازگاری با شرایط شور، تغییرات معنی‌داری در برخی شاخص‌های مهم مشاهده گردید. با افزایش سطح شوری از ۹ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، میزان فنل برگ و در نتیجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش و با افزایش شوری به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مجدداً کاهش یافت.

به نظر می‌رسد، گیاه زرشک بی‌دانه می‌تواند سطوح متوسط شوری را با حفظ محتوای کلروفیل و ساخت و تجمع ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین سایر

ترکیب‌های اسمولیتی برای حفظ ساختار سلول مثل پرولین، با شوری مقابله نماید.

افزایش شوری بیش از ۹ دسی‌زیمنس بر متر، هر چند ممکن است موجب تغییرات ملموسی در ساختار دفاعی گیاه شود، با این وجود به دلیل سمیت یون‌هایی چون سدیم و عدم جذب و ذخیره‌سازی آب در بافت‌ها، بویژه در میوه‌ها، ضمن کاهش تشکیل میوه، ریزش میوه‌ها و کاهش شدید عملکرد را به دنبال خواهد داشت. بهبود کیفیت میوه‌های باقی مانده از طریق تجمع موادی چون آنتوسیانین‌ها و فنل‌ها که موجب بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه می‌شوند در شوری‌های متوسط و بالا دور از انتظار نیست.

جدول ۳) خلاصه نتایج حاصل از تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های معنی‌دار روابط آبی و مورفوفیزیولوژیک برگ زرشک بی‌دانه

تیمار شوری	شاخص								
	محتوای نسبی آب برگ (٪)	افزایش سطح تاج پوشش (سانتی متر مربع)	تعداد برگ در هر درختچه	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (گرم بر درختچه)	کلروفیل کل (mg/gFW)	کارتنویید mg/gFW)	پرولین mmol/Kg) (FW	قندکل mg/g) (DW
۳	۸۶/۵۰^{a}	۲۸۰/۵۷^{ab}	۱۳۷۸/۰^{a}	۰/۶۹^{b}	۳۹/۳۶^{a}	۱۱۰/۶۵^{b}	۳/۲۰^{bc}	۲۲/۲۹^{c}	۴۷/۱۷^{a}
۶	۸۱/۶۱^{ab}	۳۲۸/۵۲^{a}	۱۲۰۳/۳^{a}	۰/۵۷^{bc}	۲۷/۲۰^{b}	۵۹/۳۷^{c}	۲/۳۹^{c}	۲۷/۱۲^{b}	۲۷/۷۲^{b}
۹	۷۹/۹۴^{b}	۳۱۵/۸۹^{a}	۱۲۰۲/۶^{a}	۰/۹۱^{a}	۲۳/۶۳^{c}	۱۶۱/۵۸^{a}	۵/۵۶^{a}	۴۴/۶۷^{a}	۳۱/۳۵^{b}
۱۲	۷۴/۳۱^{c}	۴۱/۲۵^{c}	۸۵۳/۳^{b}	۰/۵۱^{c}	۱۵/۸۰^{d}	۶۱/۸۳^{c}	۴/۱۴^{b}	۲۶/۷۲^{b}	۲۸/۳۵^{b}
۱۵	۷۷/۳۵^{bc}	۸/۸۹^{d}	۸۶۵/۳^{b}	۰/۶۳^{bc}	۱۳/۴۷^{d}	۶۲/۲۰^{c}	۲/۳۹^{c}	۲۱/۵۵^{c}	۲۱/۰۴^{c}

- دسی زیمنس بر متر
- رنگ سبز، برتری تیمار در شاخص ذکر شده، رنگ زرد رتبه دوم، رنگ قرمز خسارت معنی‌دار

جدول ٤) خلاصه نتایج حاصل از تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های معنی‌دار مورفوفیزیولوژیک برگ ریشه و میوه زرشک بی‌دانه

تیمار شوری	شاخص						
	فعالیت آنتی اکسیدانی برگ(٪)	پایداری غشاء سلولی برگ (٪)	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	تعداد میوه تشکیل شده در هر درختچه	تبدیل گل به میوه (٪)	ریزش میوه (٪)
۳	۲۹/۰۳^{d}	۸۳/۴۴^{a}	۰/۷۶^{a}	۰/۵۸^{c}	۵۸۲/۶۶^{ab}	۷۲/۰۲^{a}	۶/۸۱^{c}
۶	۶۴/۱۰^{bc}	۷۰/۱۴^{b}	۰/۷۶^{a}	۱/۰۹^{b}	۴۴۵/۰۰^{c}	۶۲/۶۶^{b}	۱۱/۷۰^{c}
۹	۷۲/۸۵^{b}	۵۳/۱۶^{c}	۰/۶۴^{b}	۱/۳۵^{b}	۶۳۷/۰۰^{a}	۶۳/۹۶^{b}	۲۴/۱۱^{b}
۱۲	۸۵/۹۹^{a}	۵۶/۱۱^{c}	۰/۶۷^{b}	۲/۳۴^{a}	۵۲۳/۶۶^{bc}	۴۹/۳۵^{c}	۸۷/۲۴^{a}
۱۵	۵۶/۳۶۵^{c}	۳۶/۲۴^{d}	۰/۶۲^{b}	۱/۳۲^{b}	۵۵۲/۶۶^{b}	۵۰/۷۹^{c}	۹۱/۷۱^{a}

- دسی زیمنس بر متر
- رنگ سبز، برتری تیمار در شاخص ذکر شده، رنگ زرد رتبه دوم، رنگ قرمز خسارت معنی‌دار

جمع‌بندی و توصیه ترویجی:

۱) شوری یک عامل مهم و خسارت‌زا برای کاشت درختچه زرشک بی دانه است. با این وجود، درختچه‌های زرشک بی‌دانه دارای سطح تحمل و بردباری خاصی می‌باشند که باید مورد توجه قرار داد.

۲) گیاه با سازوکارهای متنوعی با شوری مقابله و در محدوده‌ای آن را تحمل می‌کند.

۳) زرشک بی‌دانه می‌تواند مراحل رویشی خود را در شوری‌های بالا (تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) طی کند، لیکن نباید از آن انتظار تکمیل فازهای زایشی و تشکیل و رشد و نمو میوه در حد مطلوب را داشت.

٤) در صورت فراهم بودن شرایط اقلیمی (به ویژه دما)، می‌توان گیاه زرشک بی‌دانه را در شرایط شوری‌های متوسط (از ٦ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر) برای تولید میوه کاشت کرد.

۵) در شوری‌های بیشتر، می‌توان از ظرفیت آن به عنوان گونه‌ای زینتی و یا با کاربردهای دیگر (استفاده از برگ، ساقه و ریشه در طب سنتی) استفاده کرد.

٦) با توجه به افزایش سطح ترکیب‌های فنلی در برگ در شرایط شوری‌های متوسط اعمال شده، به ویژه شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، انتظار می‌رود، پاسخ میوه نیز مثبت بوده و در سطحی از شوری که گیاه از عملکرد مطلوبی برخوردار باشد، کیفیت میوه بویژه از نظر حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی افزایش یابد.

۷) پیشنهاد می‌شود برای استفاده از آب و خاک نسبتاً شور (شوری های بین ۳ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر) برای کاشت زرشک بی‌دانه، مدیریت شوری خاک از طریق کاشت آن در خاک‌های با بافت سبک و آبیاری سنگین با ضریب آبشویی حداقل ۳۰ درصد و در دورهای مناسب بر اساس اقلیم منطقه، مورد توجه قرار گیرد.

۸) با استفاده از منابع آب و خاک شور از ظرفیت اندام‌های رویشی که حاوی مقادیر بالایی از ترکیب‌های فنلی (به عنوان مهمترین ترکیب آنتی اکسیدانی زرشک) هستند، استفاده کرد.

منابع:

۱. تقی‌زاده، س. ف.، آرویی، ح.، اصیلی، ج (۱۳۹۵). مطالعه تأثیر کروناتین بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم زرشک بومی(*Berberis crataegina*) و (*Berberis integerrima* Bge) در شرایط تنش شوری. دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۲(٦): ۱۰٤۸-۱۰۵۹.

۲. رسولی، س. ع.، رجایی، م.، بهروز نام جهرمی، ب.، ذاکرین، ع.ر (۱۳۹۰). بررسی تنش سطوح شوری آب آبیاری بر تولید و استفاده از سه گونه زرشک زینتی. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران.

3. Albacete, A., Cantero-Navarro, E., Balibrea, M.E., Grobkinsky, D.K., de la Cruz Gonzalez, M., Martinez-Andujar, C., Smigocki, A.C., Roitsch, T. and Pérez-Alfocea,F (2014). Hormonal and metabolic regulation of tomato fruit sink activity and yield under salinity. *Journal of Experimental Botany*, 65(20): 6081-6095.
4. Byrt, C. S., Munns, R., Burton, R. A., Gilliham, M. and Wege, S (2018). Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. *Plant Science*, 269: 47-55.
5. Deinlein, U., A. Stephan, T., Horie, W., Luo, G., Xu and Schroeder, J. I (2014). Plant salt tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*, 14: 1-9.
6. Harris, B.N., Sadras, V.O. and Tester, M (2010). A water-centred framework to assess the effects of salinity on the growth and yield of wheat and barley. *Plant and Soil*, 336(1): 377-389.
7. Hauser, F. and T. Horie (2010). A conserved primary salt tolerance mechanism mediated by HKT transporters: a mechanism for sodium exclusion and maintenance of high K^+/Na^+ ratio in leaves during salinity stress. Plant Cell and Environment, 33: 552-565.
8. Ma Y, Dias MC, Freitas H (2020). Drought and salinity stress responses and microbe-induced tolerance in plants. Frontiers in Plant Science, 13 (11):1750-1758.
9. Munns, R. and M. Tester (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review. Plant Biology, 59: 651-681
10. Negrao, S., Schmockel, S.M. and Tester, M (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of botany, 119(1): 1-11.
11. Polash, M. A., Sakil, M. A. and Hossain, M. A (2019). Plants responses and their physiological and biochemical defense mechanisms against salinity: A review. Tropical Plant Research, 6: 250-274.
12. Rahnama, A., R. James, K., Poustini and R. Munns (2010). Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. Functional Plant Biology, 37: 255-263.
13. Singh, V. K., Singh, A. K., Singh, P. P., and Kumar, A (2018). Interaction of plant growth promoting bacteria with tomato under abiotic stress: a review. Agricaltural and Ecosystem Environment, 267: 129–140. doi: 10.1016/j.agee.
14. Syvertsen, J.P. and Garcia-Sanchez, F (2014). Multiple abiotic stresses occurring with salinity stressin citrus. Environmental and Experimental Botany, 103: 128-137.
15. Yang, Y. and Guo, Y(2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. New Phytology, 217: 523-539.
16. Ziogas, V., Tanou, G., Morianou, G. and Kourgialas, N (2021). Drought and salinity in citriculture:optimal practices to alleviate salinity and water stress. Agronomy, 11(7): 1283.