

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد آب شور در مراحل رشد رویشی و زایشی بر عملکرد و بهره‌وری آب در گیاه لوبیا قرمز

زهره شاهرخیان قهفرخی^{۱*}، محمدرضا نوری امامزاده‌ای^۲، عبدالرزاق دانش‌شهرکی^۳، سید حسن طباطبائی^۴ و علی شاه‌نظری^۵

چکیده

افزایش جمعیت، نیاز به تولیدات کشاورزی و غذای بیشتر و محدودیت منابع آب، بشر را به سمت استفاده از آب‌های با کیفیت کم سوق داده است. به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد و بهره‌وری آب گیاه لوبیا، پژوهشی گلدانی در فضای آزاد، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول اعمال شوری در مرحله رشد رویشی در سه سطح ۰/۳۴ (شاهد)، ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر و فاکتور دوم اعمال شوری سه سطح فوق در مرحله رشد زایشی انجام شد. نتایج نشان داد تنش شوری در مرحله اول و دوم به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد، اجزای عملکرد، میزان جذب آب و شاخص بهره‌وری آب و بیولوژیک در گیاه لوبیا شد. بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در دو مرحله رشد به‌ترتیب با میزان ۰/۶۷ و ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. صرف نظر از سطح شوری، میانگین اثرات شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی منجر به تولید ۳۰۶۷ و ۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد. نتیجه اینکه اثرات ناشی از تنش شوری بر عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب در مرحله رشد زایشی محسوس‌تر است.

واژه‌های کلیدی: آب‌های نامتعارف، تنش شوری، کیفیت آب، لوبیا رقم درخشان.

ارجاع: شاهرخیان قهفرخی ز.، نوری امامزاده‌ای م. ر.، دانش‌شهرکی ع.، طباطبائی س. ح. و شاه‌نظری ع. ۱۴۰۰. تأثیر کاربرد آب شور در مراحل رشد رویشی و زایشی بر عملکرد و بهره‌وری آب در گیاه لوبیا قرمز. مجله پژوهش آب ایران. ۱۰۵-۹۷: ۴۳.

۱- دانشجوی دکتری، آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۵- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

* نویسنده مسئول: zshahrokhian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

مقدمه

کیفیت مناسب است که معمولاً به دو صورت اختلاط و استفاده تناوبی امکان‌پذیر است (اکرم و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به سوابق بالا، پرسش مهم این است که آیا اعمال تنش در مراحل مختلف رشد در مقایسه با یکدیگر اثری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه حساسی مثل لوبیا دارد، تا رعایت موارد و مبانی مدیریتی و تعیین زمان اعمال آب شور بتوان به حداکثر عملکرد دست یافت؟ بنابراین هدف اصلی از انجام این پژوهش، تعقیب آثار ناشی از اعمال تنش شوری در مرحله رشد رویشی و اعمال تنش شوری در مرحله رشد زایشی و کل دوره رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه لوبیا قرمز است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش گیاه لوبیا قرمز رقم درخشان که از ارقام رشد محدود لوبیا و مناسب برای شرایط آب‌وهوایی شهرکرد است، به صورت کشت گلدانی و در فضای آزاد انجام شد. آزمایش در گلدان‌هایی به قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۴۸۲۵۷۳، عرض جغرافیایی ۳۵۷۹۳۶۴ و ارتفاع ۲۰۷۰ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. فاکتور اول اعمال شوری در مرحله رشد رویشی در سه سطح ($R_1=0/34$ ، $R_2=1/5$ و $R_3=2$ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور دوم اعمال شوری در مرحله رشد زایشی در سه سطح ($Z_1=0/34$ ، $Z_2=1/5$ و $Z_3=2$ دسی‌زیمنس بر متر) مورد بررسی قرار گرفت. لوبیا از جمله گیاهان حساس به شوری است و تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر شوری را تحمل می‌کند، ولی کاهش عملکرد آن از شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر آغاز می‌شود (کامل و همکاران، ۱۳۹۵). به منظور کشت، ابتدا مشخصات خاک بررسی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱) و سپس میزان کمبود عناصر غذایی مورد نیاز شامل کودهای اوره، فسفات و پتاسه به ترتیب تا رسیدن به اندازه ۱۵۰، ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با افزودن به خاک زراعی جبران شد. سپس درصد رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف به وسیله صفحات فشاری تعیین و در نهایت گلدان‌ها توسط خاک زراعی الک‌شده پر شد. پیش از کاشت، خاک همه گلدان‌ها با توجه به حجم و تخلخل خاک از آب اشباع شد و سپس سطح گلدان به منظور جلوگیری از تبخیر، به وسیله لایه نفوذناپذیر پوشانده شد.

آب منبع حیاتی برای هر پدیده زیستی و انسانی و یکی از منابع مهم برای توسعه کشاورهاست. امروزه مدیریت و حفاظت آب در همه کشورهای دارای اهمیت فراوانی است؛ بنابراین استفاده از شیوه‌های مناسب مدیریت آب کشاورزی به منظور افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری محصول براساس کمیت و کیفیت آب آبیاری ضروری به نظر می‌رسد (دهقان، ۱۳۹۴). برای استفاده مؤثرتر از منابع محدود آب باید استراتژی‌های جدید آبیاری ایجاد شود (مردانی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۷). در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توجه به استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی و کاهش سطح ایستایی، استفاده از آب شور تا حدی می‌تواند کمبود آب را جبران کرده و باعث تقویت و توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). لوبیا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به لحاظ میزان پروتئین بالا و استفاده در رژیم غذایی حائز اهمیت است. این گیاه از بقولات یک‌ساله زراعی است که برای تولید دانه کشت می‌شود (صالحی، ۱۳۹۴ الف). در کشت آبی حبوبات، لوبیا از نظر سطح زیر کشت مقام اول را در ایران دارد (فائو، ۲۰۰۶). لوبیا به شدت به شوری حساس است و شوری خاک کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند (لاچلی، ۱۹۸۴). باقری و انانی (۱۳۹۱) با توجه به نتایج حاصل از آزمایش، ضمن رعایت اصول زراعی، بهترین تاریخ کشت برای رقم ناز ۲۵ اردیبهشت و برای رقم درخشان ۵ خرداد توصیه کرد. طباطبائی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به منظور بررسی تغییرات الگوی جذب آب گیاه توسط ریشه لوبیا در شرایط کم آبیاری کشت را در دهه اول خرداد آغاز کردند. زاهدی و انصاری (۱۳۹۰) اثرات نمک‌های $NaHCO_3$ ، $NaCO_3$ و $CaCl_2$ و $NaCl$ با غلظت‌های ۲ و ۴ و ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و آب مقطر به عنوان شاهد بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و همچنین طول، وزن تر و خشک گیاهچه‌های لوبیا بررسی کردند. نتایج نشان داد هرچند همه شاخص‌های رشد با افزایش میزان نمک عمدتاً کاهش پیدا می‌کند، ولی بذر لوبیا می‌تواند میزان نمک‌های مذکور به استثنای $NaHCO_3$ را تا غلظت ۸ دسی‌زیمنس بر متر تحمل کند (پرند و همکاران، ۱۳۹۳). در برخی مناطق به دلیل کمبود آب شیرین در زراعت از اختلاط آب شور و شیرین استفاده می‌شود. یکی از راهکارهای مدیریتی آبیاری با آب‌های شور، تلفیق این منابع با آب‌های با

کپه‌ای در ۵ حفره به عمق ۵ سانتی‌متری خاک کشت شد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

به‌منظور پیشگیری از توسعه بیماری‌های قارچی، بذور با قارچ‌کش ویتاواکس به نسبت دو در هزار ضدعفونی و سپس در هر گلدان ۱۰ عدد بذر به‌صورت هیبرم‌کاری و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک منطقه اجرای طرح

تخلخل (%)	ps (gr/cm ³)	pb (gr/cm ³)	pH	SAR (mmol/L) ^{0.5}	EC (dS/m)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	یافت خاک
۰/۴۹	۲/۷	۱/۳۷	۷/۱	۲/۱۴	۰/۸۴	۱۴	۴۹	۳۷	لوم رسی سیلتی

شامل سه کاتیون و یک آنیون رایج در آب آبیاری هستند. کاتیون‌ها سدیم، منیزیم و کلسیم و آنیون مورد نظر نیز نیترات بود. میزان آب جذب‌شده توسط گیاه در هر عمق از خاک، به‌کمک اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک به کمک دستگاه تناپروپ در هر عمق در هر دور آبیاری و اختلاف آن با رطوبت خاک در دور قبل، محاسبه شد. در پایان فصل رشد و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، کل بوته‌های هر گلدان به‌طور کامل برداشت شده و عملکرد، اجزای عملکرد، میزان متوسط جذب آب روزانه و بهره‌وری آب و بهره‌وری بیولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد دانه و وزن زیست توده اندازه‌گیری شده برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند.

کشت در خرداد انجام گرفت. پس از سبزشدن تعداد بوته‌ها در هر گلدان به سه بوته تنک شد. اعمال تنش مرحله اول از مرحله سه‌برگی آغاز و تا پایان مرحله رشد رویشی ادامه یافت. در مرحله اول، با اعمال تنش شوری، اثر تنش‌ها بر توسعه‌یافتگی ریشه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با قبول اینکه پس از مرحله رشد رویشی، توسعه ریشه متوقف شد (صالحی، ۱۳۹۴ ب) تیمارهای مرحله رشد زایشی اعمال شد و عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط بدون تنش، تنش شوری مرحله رشد رویشی، مرحله رشد زایشی و کل مرحله رشد مورد بررسی قرار گرفت. شور کردن آب آبیاری از طریق انحلال نمک‌های مورد نظر در آب موجود در مزرعه که برخی خصوصیات آن در جدول ۲ ذکر شده، انجام گرفت. املاح مورد نظر

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

NO ⁻³ (mg/l)	Ca+Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	HCO ₃ (meq/l)	SAR (meq/l)	pH	EC (dS/m)
۵	۰/۹۲	۰/۱۵	۳/۵۷	۰/۰۸۲	۷/۴	۰/۳۴

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر تنش شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی بر شاخص بهره‌وری آب، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و میانگین طول غلاف در سطح احتمالی یک درصد معنی‌دار بود. شاخص برداشت تحت تأثیر تنش شوری در مرحله رشد رویشی قرار نگرفت؛ در صورتی که اثر تنش شوری در مرحله رشد زایشی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

عملکرد دانه

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، هم در مرحله رشد رویشی و هم زایشی، با افزایش شدت تنش عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در مرحله رشد رویشی

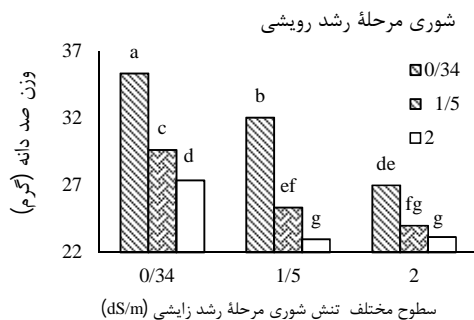
برای تعیین شاخص بهره‌وری از معادله (۱) استفاده شد:

$$WUE = \frac{\text{عملکرد}}{\text{واحد آب مصرفی}} \quad (1)$$

در این پژوهش، شاخص بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد بخش اقتصادی (عملکرد دانه) بر اساس کیلوگرم بر حجم آب مصرفی بر اساس مترمکعب و شاخص بهره‌وری بیولوژیک بر اساس تقسیم عملکرد بیولوژیک هر تیمار بر میزان آب مصرفی همان تیمار محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری حساسیت گیاه به شوری، مقدار کاهش عملکرد بر اساس کاهش سطح کیفیت آب، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح یک و پنج درصد مقایسه شدند.

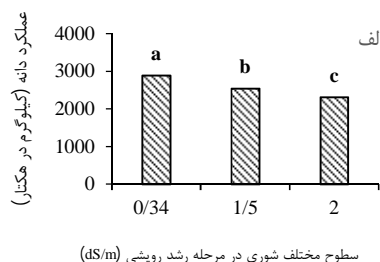
وزن صد دانه

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی بر وزن صد دانه نشان داد بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار شاهد با وزن ۳۵/۴ گرم است و کمترین مقدار وزن صد دانه لوبیا بدون اختلاف معنی‌داری در تیمارهای با اعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی و اعمال شوری ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد زایشی مشاهده شد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد اعمال شوری در مرحله رشد رویشی تأثیر محسوس‌تری بر کاهش وزن صد دانه داشت؛ به طوری که اگر در مرحله رشد رویشی آبیاری بدون اعمال تنش انجام شود و در مرحله رشد زایشی آبیاری با سطح شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس انجام شود، منجر به کاهش ۹ درصدی در وزن صد دانه می‌شود؛ در حالی که آبیاری با آب با شوری معادل ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی و آبیاری بدون اعمال تنش شوری در مرحله رشد زایشی منجر به کاهش ۱۶ درصدی وزن صد دانه شد. دوره رشد رویشی در اغلب گیاهان زراعی مرحله مهم و طولانی از دوره رشد گیاه است. کاهش مدت این دوره موجب بروز تغییرات متفاوتی در گیاهان می‌شود. لوبیا در مراحل قبل از گلدهی و گلدهی نسبت به محدودیت کیفیت آب حساس‌تر است. در این مراحل تنش باعث عدم تکامل گل‌آذین، کاهش تعداد نیام‌های جوان و دانه می‌شود (لیزانان و همکاران، ۲۰۰۶؛ سینگ، ۲۰۰۷). بیور و روساس (۱۹۸۸) بیان کردند که گلدهی سریع باعث افزایش میزان تسهیم مواد می‌شود و دوره زایشی کوتاه‌تر منجر به دستیابی به محصول با دانه‌های ریز لوبیا قرمز می‌شود.



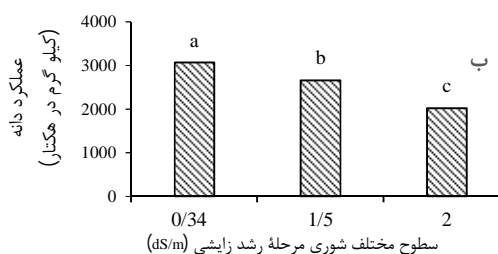
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف تنش شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی بر وزن صد دانه

و زایشی در شوری معادل آب آبیاری به ترتیب با میانگین ۲۸۹۲ و ۳۰۶۷ و کمترین میزان عملکرد در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی با میانگین ۲۳۱۴ و در مرحله رشد زایشی با میانگین ۲۰۲۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). تجزیه و تحلیل داده همچنین نشان داد که اعمال شوری در مرحله رشد زایشی تأثیر محسوس‌تری نسبت به اعمال تنش شوری در مرحله رشد رویشی دارد (شکل ۲). تنش پس از گلدهی تأثیر کمی بر سرعت پرشدن دانه دارد، ولی دوره پرشدن دانه را کوتاه‌تر می‌کند که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (وارلاو و ویلنبرینک، ۲۰۰۰). پژوهشگران کاهش عملکرد گیاه لوبیا را تحت تنش شوری مشاهده کردند. به نظر می‌رسد که افزایش شوری، رشد گیاه و محتوای مواد غذایی را در گیاه کاهش می‌دهد؛ بنابراین با کاهش رشد رویشی ناشی از منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی رشد زایشی و در نهایت عملکرد دانه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند (بن‌آشر و همکاران، ۲۰۰۶).

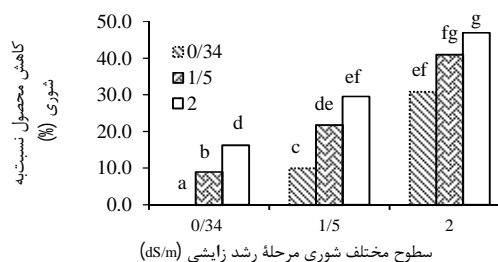


سطوح مختلف شوری در مرحله رشد رویشی (dS/m)

شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحله رشد رویشی (الف) و مرحله رشد زایشی (ب) بر عملکرد دانه گیاه لوبیا



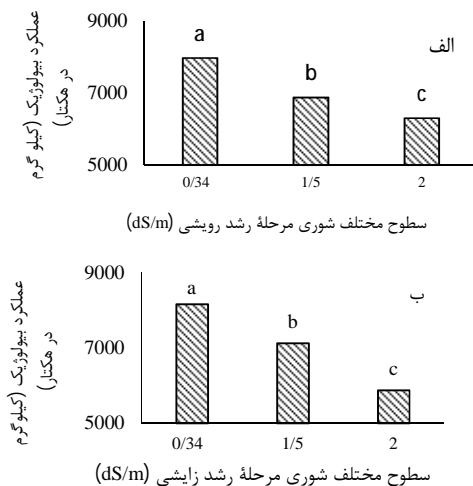
سطوح مختلف شوری مرحله رشد زایشی (dS/m)



سطوح مختلف شوری مرحله رشد زایشی (dS/m)

شکل ۲- درصد کاهش عملکرد نسبت به سطوح مختلف شوری مختلف شوری در مرحله رشد رویشی و مرحله رشد زایشی

عملکرد در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی با میانگین ۵۸۷۴ و در مرحله رشد زایشی با میانگین ۶۳۰۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۵). تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر نامطلوب نمی‌گذارد، بلکه اثر شوری با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی سیر تکاملی متفاوت است (مس و هافمن، ۱۹۹۷). آشکارترین و روشن‌ترین اثر شوری، کاهش رشد گیاه است (لطیفی‌خواه و همکاران، ۱۳۹۹). تنش با تأثیر بر زمان گلدهی بر تشکیل تعداد گل و نیام تأثیر گذاشته و همچنین با کاهش ارتفاع و سطح برگ تشکیل بایومس را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همچنین تنش در مرحله رشد زایشی با تأثیر بر زمان پرشدن دانه و اندازه دانه‌ها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تأثیر می‌گذارد. کاهش زمان گلدهی و تشکیل نیام توسط سینگر (۱۹۹۵)، نلسون و نیلسون (۱۹۹۸) و نونز باریوز و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است. حسین و همکاران (۲۰۰۸) کاهش معنی‌داری را در تعداد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک گیاه لوبیا چشم‌بلبلی با افزایش سطح شوری به‌ویژه در سطح شوری بالا گزارش کردند.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی بر عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز

شاخص برداشت

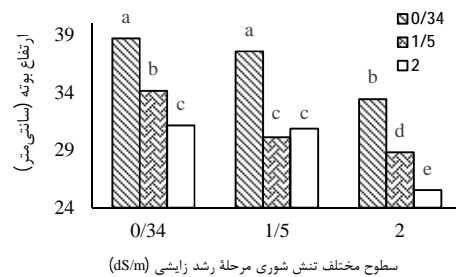
طبق تجزیه و تحلیل داده‌ها، کمترین مقدار شاخص برداشت با اختلاف معنی‌داری در تیمار با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳۴/۳ درصد مشاهده شد (شکل ۶). از آنجایی که شاخص برداشت، نسبت عملکرد

تنش عملکرد را در وهله اول به‌واسطه محدودیت تعداد دانه، از طریق تأثیر بر میزان ماده خشک تولیدشده در اثر تغییر زمان گلدهی یا با تأثیر مستقیم بر گرده و تخمک و کاهش تشکیل دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد که نتیجه آن کوچک‌تر شدن دانه است (پراساد و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش وزن صد دانه لوبیا در واکنش به تنش توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (نیلسن و نلسون، ۱۹۹۸؛ مولینا و همکاران، ۲۰۰۱).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین اثر متقابل بر ارتفاع بوته نشان داد بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد با ارتفاع ۳۸/۷ سانتی‌متر و کمترین مقدار با ارتفاع ۲۵/۵ سانتی‌متر در تیمار با اعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در کل دوره رشد رخ داد.

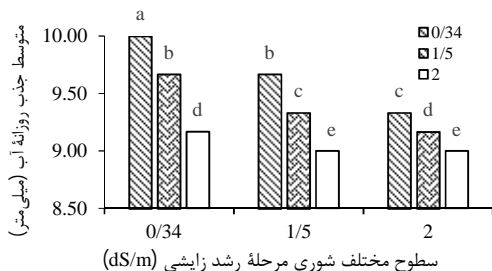
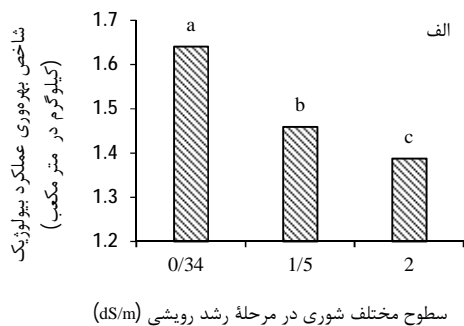
تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد، اعمال تنش شوری در مرحله رشد رویشی تأثیر محسوس‌تری بر ارتفاع بوته دارد (شکل ۴). آکوستا دیاز و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند تنش در مرحله رویشی باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی (دوره رشد رویشی) در همه ارقام لوبیای مورد مطالعه آن‌ها شد. تنش و در نتیجه کاهش دوره رشد رویشی منجر به کاهش ارتفاع بوته و سطح برگ می‌شود (نیلسن و نلسون، ۱۹۹۸).



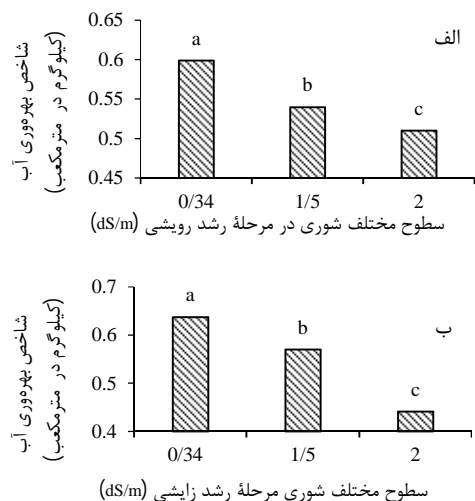
شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف تنش شوری در مرحله رشد رویشی و زایشی بر ارتفاع بوته گیاه لوبیا

عملکرد بیولوژیک

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، هم در مرحله رشد رویشی و هم زایشی، با افزایش شدت تنش عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. بیشترین عملکرد بیولوژیک در مرحله رشد رویشی و زایشی در شوری معادل آب آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۷۹۷۵ و ۸۱۶۵ و کمترین میزان



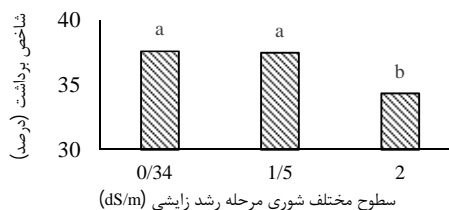
شکل ۷- اثر متقابل سطوح مختلف شوری در مرحله رشد زایشی بر متوسط جذب آب روزانه



شکل ۸- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحله رشد زایشی بر شخص بهره‌وری آب

نتایج نشان داد در صورتی که شوری فقط در مرحله رشد زایشی اعمال شود، به ترتیب ۷/۵ و ۲۶ درصد کاهش در شخص بهره‌وری آب در سطح شوری ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس مشاهده می‌شود و در صورت اعمال تنش در مرحله رشد رویشی، به ترتیب ۷/۵ و ۹/۵ درصد کاهش شخص بهره‌وری آب مشاهده می‌شود. خوشبخت و همکاران (۱۳۹۱) نیز کاهش بهره‌وری آب را در گیاه لوبیا

اقتصادی به عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد، کاهش شاخص برداشت در لوبیا بیشتر به دلیل کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش شوری در مراحل رشد گیاه است. پژوهشگران معتقدند در تنش شدید تعداد دانه در نیام و وزن تک دانه‌ها نقش مهمی در افت شاخص برداشت و عملکرد نهایی دارد (نونز باریور و همکاران، ۲۰۰۵). بریک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش باعث کاهش صفات مربوط به فنولوژی شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره رسیدن دانه می‌شود و شاخص برداشت را کم می‌کند.



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحله رشد زایشی بر شاخص برداشت

متوسط میزان جذب آب در هریک از تیمارها

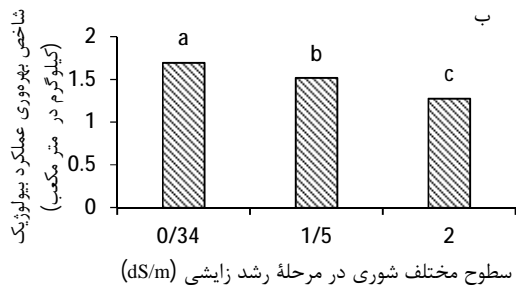
مقایسه میانگین اثر متقابل بر متوسط جذب روزانه آب نشان داد بیشترین میزان جذب آب به تیمار شاهد با مقدار ۱۰ میلی‌متر بر روز و کمترین مقدار ۹ میلی‌متر بر روز بدون اختلاف معنی‌داری در تیمار با اعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در کل دوره رشد و تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر در دوره رشد رویشی و ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر در دوره رشد زایشی رخ داد (شکل ۷). شرایط شور منجر به کاهش جذب آب، کاهش تعرق و بسته‌شدن روزنه‌ها می‌شود (بن‌آشر و همکاران، ۲۰۰۶).

شاخص بهره‌وری آب و بهره‌وری بیولوژیک

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، هم در مرحله رشد رویشی و هم زایشی، با افزایش شدت تنش شاخص بهره‌وری آب و بهره‌وری بیولوژیک کاهش یافت.

بیشترین بهره‌وری آب در مرحله رشد رویشی و زایشی در شوری معادل آب آبیاری به ترتیب با میانگین ۰/۵۹ و ۰/۶۳ کیلوگرم در مترمکعب و کمترین میزان در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی با میانگین ۰/۵۱ و در مرحله رشد زایشی با میانگین ۰/۴۴ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد (شکل ۸).

زمان گلدهی و مرحله رسیدن دانه‌ها تشکیل بایومس را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (نونز باریوز و همکاران، ۲۰۰۵). با کاهش بایومس عملکرد و بهره‌وری بیولوژیک نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۹- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحله رشد زایشی بر شاخص بهره‌وری عملکرد بیولوژیک

تحت تأثیر تنش شوری شوری معادل آب آبیاری به ترتیب با میانگین ۱/۶۴ و ۱/۶۹ کیلوگرم در مترمکعب و کمترین میزان در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی با میانگین ۱/۳۹ و در مرحله رشد زایشی با میانگین ۱/۲۷ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد (شکل ۹). نتایج نشان داد در صورتی که شوری فقط در مرحله رشد زایشی اعمال شود، به ترتیب ۶/۵ و ۲۲/۵ درصد کاهش در شاخص بهره‌وری بیولوژیک در سطح شوری ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس مشاهده می‌شود و در صورت اعمال تنش در مرحله رشد رویشی، به ترتیب ۸/۸ و ۱۱/۵ درصد کاهش شاخص بهره‌وری بیولوژیک مشاهده می‌شود. شرایط شور منجر به کاهش جذب آب، کاهش تعرق و بسته‌شدن روزنه‌ها می‌شود که این امر منجر به کاهش رشد، کاهش عملکرد محصول و در نهایت کاهش بهره‌وری آب می‌شود (بن‌آشر و همکاران، ۲۰۰۶). تنش با تأثیر بر

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه لوبیا قرمز رقم درخشان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری در مرحله رشد رویشی و رشد زایشی

میانگین مربعات											
میانگین تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	میانگین طول غلاف	شاخص بهره‌وری آب	بهره‌وری بیولوژیک	متوسط روزانه جذب آب	حساسیت به شوری
تنش در مرحله رشد رویشی (R)	۲	۷۶۱۲۵۸/۱۵ ^{**}	۶۴۷۰۰۹۷/۰۰ ^{**}	۱۱۷/۵۶ ^{**}	۱/۸۹ ^{**}	۱۳۳/۸۶۵ ^{**}	۶/۵۱ ^{**}	۰/۰۲ ^{**}	۰/۱۵ ^{**}	۱/۰۰ ^{**}	۶۷۸/۴۶ ^{**}
تنش در مرحله رشد زایشی (Z)	۲	۲۴۹۹۳۸۱/۳۷ ^{**}	۱۱۸۳۱۵۲۷/۸۵ ^{**}	۸۵/۶۱ ^{**}	۳۰/۶۶ ^{**}	۶۸/۲۸ ^{**}	۱۰/۴۱ ^{**}	۰/۰۹ ^{**}	۰/۳۹ ^{**}	۱/۰۰ ^{**}	۲۲۳۱/۵۹ ^{**}
R*Z	۴	۳۹۸۳/۹۰ ^{**}	۱۱۰۳۴۹/۹۲ ^{**}	۵/۹۸ ^{**}	۲/۱۸ ^{**}	۴/۱۱ ^{**}	۰/۱۸ ^{**}	۳/۹۰*۱۰ ^{-۳m}	۲/۹۰*۱۰ ^{-۳m}	۰/۵۰ ^{**}	۳/۳۹ ^{**}
خطا	۱۸	۱۱۱۰۶/۷۳	۵۶۰۶۹/۵۰	۱/۱۷	۰/۹۹	۰/۵۴	۰/۰۹	۵/۲۰*۱۰ ^{-۳}	۲/۲۶۲*۱۰ ^{-۲}	۰/۰۰	۸/۸۶
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۷	۳/۳۶	۳/۹۴	۲/۷۳	۲/۲۸	۲/۴۳	۴/۱۷	۳/۴۳	۰/۰۰	۱۳/۰۴

^{**} و ^{ns} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری

زایشی نسبت به اعمال شوری در مرحله رشد رویشی تأثیر بیشتری بر کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت و بهره‌وری آب گیاه لوبیا داشت؛ بنابراین با توجه به اینکه در گیاه لوبیا عملکرد دانه بیشترین اهمیت را دارد، در صورت وجود محدودیت آب، ترجیحاً آب شور در مرحله رشد رویشی اعمال شود و در مرحله رشد زایشی آب با کیفیت بالاتری اعمال شود؛ بدین ترتیب می‌توان به عملکرد بالاتری دست یافت.

به‌طور کلی نتایج نشان داد اثر شوری آب آبیاری، بر روی همه صفات بررسی شده معنی‌دار شد، در صورت استفاده از آب شور در مرحله رشد رویشی و زایشی، عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر نامطلوب نمی‌گذارد، بلکه شوری با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی متفاوت است. بررسی‌ها نشان داد استفاده از آب شور در مرحله رشد

منابع

۱. اکرم م. لیاقت ع. م. و حسن‌اقلی ع. ر. ۱۳۸۶. مدیریت زه‌آب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. گروه کار زهکشی، تهران: انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳۲۰ ص.
۲. باقری وانانی م. ج. ۱۳۹۱. اثر تاریخ کاشت و زمان برداشت بر عملکرد و کیفیت بذر لوبیای قرمز در شهرکرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ۱۸۴ ص.
۳. پرنده س. زمانی غ. سیاری م. و قادری م. ۱۳۹۳. ارزیابی اثر سیلیسیم بر صفات فیزیولوژی، کیفی و کمی لوبیا در تنش شوری. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۲(۵): ۵۷-۷۰.
۴. خوشبخت د. رامین ع. و باغبانها م. ۱۳۹۱. امکان کاهش اثر شوری در گیاه لوبیا با استفاده از سالیسیلیک اسید. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵(۲): ۱۸۹-۲۰۰.
۵. دهقان ه. ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش خشکی و ویژگی‌های ریشه بر میزان جذب آب در مدل‌های خرد و کلان (مطالعه موردی گوجه‌فرنگی). پایان‌نامه دکتری آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۴۳ ص.
۶. زاهدی م. و انصاری ن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه لوبیا چشم‌بلبلی. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. شهریور ماه، ۵ ص.
۷. صالحی ف. ۱۳۹۴ الف. تنش‌های غیرزنده در زراعت لوبیا. انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی. ۸۸ ص.
۸. صالحی ف. ۱۳۹۴ ب. اصول پرورش و زراعت لوبیا. انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۷۲ ص.
۹. طباطبائی س. ح. نوری امامزاده‌ای م. ر. علیاری ح. و محمدخانی ع. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات الگوی جذب آب توسط ریشه گیاه لوبیا در شرایط کم آبیاری و گلخانه‌ای. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۱-۱۵.
۱۰. کامل م. شبیری س. س. و محمدی ب. ۱۳۹۵. دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت لوبیا و
- معرفی ارقام. نشریه ترویجی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۷ ص.
۱۱. لطیفی‌خواه ا. عشقی س. قرقانی ع. و رزاقی ف. ۱۳۹۹. حساسیت ده رقم توت‌فرنگی به تنش شوری در شرایط کشت گلخانه‌ای. مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای. ۳(۲): ۱-۵.
۱۲. مجنون حسینی ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران چاپ چهارم. ۲۹۲ ص.
13. Acosta-Diaz E. Acosta-Gallegoz J. A. Trejo-Lopezc. Padilla-Ramirez J.S. and Amador Ramirez D. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agricultura Tecnica en Mexico*. 35: 419-428.
14. Beaver J. S. and Rosas J. C. 1998. Heritability of the length of reproductive period and rate of seed mass accumulation in common bean. *Jornal of American society for Horticultural science*. 123:407-411.
15. Ben-Asher J. I. Tsuyuki B. Bravdo A. and Sagih M. 2006. Irrigation of grapevines with saline. I. Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. *J. Agricultural Water Management*. 83: 13-21.
16. Brick M. A. Ogg J. B. Singh S. P. Schwartz H. F. Johnson J. J. Pastor-Corrales M. A. 2008. Registration of drought torelant, rust resistant, high yielding Pinto bean germplasm line CO46348 *Jornal of Plant Registratin*. 2: 120-124
17. FAO. 2006. Production Estimates and Crop Assessment Division, FAS, USDA
18. Hossein M. M. Shaaban M. M. and El-Saad A. K. 2008. Response of cowpea Grown under salinity stress to PK-flor applications. *Journal of American Plant Physiology*. 1-8.
19. Lauchli A. 1984. Salt exlusion an adaptation of legumes for crops and pasture under saline conditions.
20. Mardani Nejad S. Tabatabaei S. H. Pessarakli M. and Zareabyaneh H. 2017. Physiological responses of pepper plant (*Capsicum annum L.*) to drought stress Authors. *Journal of Plant Nutrition*. 40(10): 1453-1464
21. Mass E. V. and Hoffman G. H. 1997. Crop salt tolerance curent assesment. *Journal of Irrigation and Drainage*. 103: 115-134.
22. Molina J. C. Moda-Cirino V. da Silva Fonseca Júnior N. de Faria R.T. & Destro D. 2001. Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 1(4): 363-372.

23. Nielsen D.C. & Nelson N.O. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Sci.* 38: 422-427.
24. Nunez Barrios A. Hoogenboom G. and Nesmith D. S. 2005. Drought stress and distributin of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar *Scientia Agricola.* 62: 18-22.
25. Prasad P. V. V. Staggenborg S. A. and Ristic Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. *Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes.* 1: 301-355.
26. Singer S. M. Helmy Y. I. Karas A. N. and Abou-Hadid F. 1995. Growth and development of bean plants grown under water stress. *Horticultural Research.* 31: 241-255.
27. Singh S. P. 2007 Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal.* 99: 1219-1225.
28. Wang C. Liu W. Li Q. Ma D. Lu H. Feng W. and Guo T. 2014. Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. *Field crops research.* 165: 138-149.
29. Warldlaw. I. F. and willenbrink J. 2000. Mobilization of fructan reserves and changes in enzyme activities In wheat stem correlate with water stress during cernel filling. *New phytologist.* 148: 413-422.

