مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۵/ شماره ۴/ پیاپی ۴۳/ زمستان ۱۴۰۰ (؟؟-؟؟)

مقاله پژوهشی

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

زهره شاهرخیان قهفرخی[1*]، محمدرضا نوری امامزاده‌ای[2]، عبدالرزاق دانش‌شهرکی[3]، سید حسن طباطبائی[4] و علی شاه‌نظری[5]

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 اِعمال شوری در مرحلهٔ رشد رویشی در سه سطح ۰/۳۴ (شاهد)، ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر و فاکتور دوم اِعمال شوری سه سطح فوق در مرحلهٔ رشد زایشی انجام شد. نتایج نشان داد تنش شوری در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد به‌ترتیب با میزان ۰/۶۷ و ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. صرف نظر از سطح شوری، میانگین اثرات شوری در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ 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 قرمزمجله پژوهش آب ایران. ۴۳: ؟؟-؟؟.

۱- دانشجوی دکتری، آبیاری و زهکشی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۳- استادیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۵- استاد گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ 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

آب منبع حیاتی برای هر پدیدهٔ زیستی و انسانی و یکی از منابع مهم برای توسعهٔ کشورهاست. امروزه مدیریت و حفاظت آب در همهٔ کشورها دارای اهمیت فراوانی است؛ بنابراین استفاده از شیوه‌های مناسب مدیریت آب کشاورزی به‌منظور افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری محصول براساس کمّیت و کیفیت آب آبیاری ضروری به نظر می‌رسد (دهقان، ۱۳۹۴). برای استفادهٔ 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 ایستابی، استفاده از آب شور تا حدی می‌تواند کمبود آب را جبران کرده و باعث تقویت و توسعهٔ 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 یک‌سالهٔ 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 به‌شدت به شوری حساس است و شوری خاک کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می کند (لاچلی، ۱۹۸۴). باقری وانانی (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 به‌منظور بررسی تغییرات الگوی جذب آب گیاه توسط ریشهٔ لوبیا در شرایط کم آبیاری کشت را در دههٔ اول خرداد آغاز کردند. زاهدی و انصاری (۱۳۹۰) اثرات نمک‌های NaHCO, $NaCO_3$, $CaCl_3$ و NaCl با غلظت‌های ۲ و ۴ و ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و آب مقطر به‌عنوان شاهد بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و همچنین طول، وزن تر و خشک گیاهچه‌های لوبیا بررسی کردند. نتایج نشان داد هرچند همهٔ شاخص‌های رشد با افزایش میزان نمک عمدتاً کاهش پیدا می‌کند، ولی بذر لوبیا می‌تواند میزان نمک‌های مذکور به‌استثنای NaHCO را تا غلظت ۸ دسی‌زیمنس بر متر تحمل کند (پرنده و همکاران، ۱۳۹۳). در برخی مناطق به‌دلیل 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 کیفیت مناسب است که معمولاً به دو صورت اختلاط و استفادهٔ تناوبی امکان‌پذیر است (اکرم و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به سوابق بالا، پرسش مهم این است که آیا اِعمال تنش در مراحل مختلف رشد در مقایسه با یکدیگر اثری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه حساسی مثل لوبیا دارد، تا با رعایت موارد و مبانی مدیریتی و تعیین زمان اِعمال آب شور بتوان به حداکثر عملکرد دست یافت؟ بنابراین هدف اصلی از انجام این پژوهش، تعقیب آثار ناشی از اِعمال تنش شوری در مرحلهٔ رشد رویشی و اِعمال تنش شوری در مرحلهٔ رشد زایشی و کل دورهٔ 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، به‌صورت کشت گلدانی و در فضای آزاد انجام شد. آزمایش در گلدان‌هایی به قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۴۸۲۵۷۳، عرض جغرافیایی ۳۵۷۹۳۶۴ و ارتفاع ۲۰۷۰ متر از سطح دریا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. فاکتور اول اِعمال شوری در مرحلهٔ رشد رویشی در سه سطح (R_1=۰/۳۴، R_2=۱/۵ و R_3=۲ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور دوم اِعمال شوری در مرحلهٔ رشد زایشی در سه سطح (Z_1=۰/۳۴، Z_2= ۱/۵ و Z_3= ۲ دسی‌زیمنس بر متر) مورد بررسی قرار گرفت. لوبیا ازجمله 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). به‌منظور 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، فسفاته و پتاسه به‌ترتیب تا رسیدن به اندازهٔ ۱۵۰، ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با افزودن به خاک زراعی جبران شد. سپس درصد رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف به‌وسیلهٔ صفحات فشاری تعیین و در نهایت گلدان‌ها توسط خاک زراعی الک‌شده پر شد. پیش از کاشت، خاک همهٔ گلدان‌ها با توجه به حجم و تخلخل خاک از آب اشباع شد و سپس سطح گلدان به‌منظور جلوگیری از تبخیر، به‌وسیلهٔ لایهٔ نفوذناپذیر پوشانده شد.

به‌منظور پیشگیری از توسعهٔ بیماری‌های قارچی، بذور با قارچ‌کش ویتاواکس به نسبت دو در هزار ضدعفونی و سپس در هر گلدان ۱۰ عدد بذر به‌صورت هیرم‌کاری و کپه‌ای در ۵ حفره به عمق ۵ سانتی‌متری خاک کشت شد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک منطقهٔ اجرای طرح

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

کشت در خرداد انجام گرفت. پس از سبزشدن تعداد بوته‌ها در هر گلدان به سه بوته تنک شد. اِعمال تنش مرحلهٔ اول از مرحلهٔ سه‌برگی آغاز و تا پایان مرحلهٔ رشد رویشی ادامه یافت. در مرحلهٔ اول، با اِعمال تنش شوری، اثر تنش‌ها بر توسعه‌یافتگی ریشه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با قبول اینکه پس از مرحلهٔ رشد رویشی، توسعهٔ ریشه متوقف شد (صالحی، ۱۳۹۴ ب) تیمارهای مرحلهٔ رشد زایشی اعمال شد و عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط بدون تنش، تنش شوری مرحلهٔ رشد رویشی، مرحلهٔ رشد زایشی و کل مرحلهٔ رشد مورد بررسی قرار گرفت. شورکردن آب آبیاری ازطریق انحلال نمک‌های مورد نظر در آب موجود در مزرعه که برخی خصوصیات آن در جدول ۲ ذکر شده، انجام گرفت. املاح مورد نظر 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 تتاپروپ در هر عمق در هر دور آبیاری و اختلاف آن با رطوبت خاک در دور قبل، محاسبه شد. در پایان فصل رشد و در مرحلهٔ 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 اندازه‌گیری‌شده برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

EC (dS/m)	pH	SAR (meq/l)	HCO3 (meq/l)	Na (mg/kg)	Ca+Mg (mg/kg)	NO^{-3} (mg/l)
۰/۳۴	۷/۴	۰/۰۸۲	۳/۵۷	۰/۱۵	۰/۹۲	۵

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

$$WUE = \frac{\text{عملکرد}}{\text{واحد آب مصرفی}} \qquad (۱)$$

در این پژوهش، شاخص بهره وری آب از تقسیم عملکرد بخش اقتصادی (عملکرد دانه) براساس کیلوگرم بر حجم آب مصرفی براساس مترمکعب و شاخص بهره‌وری بیولوژیک براساس تقسیم عملکرد بیولوژیک هر تیمار بر میزان آب مصرفی همان تیمار محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری حساسیت گیاه به شوری، مقدار کاهش عملکرد براساس 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.

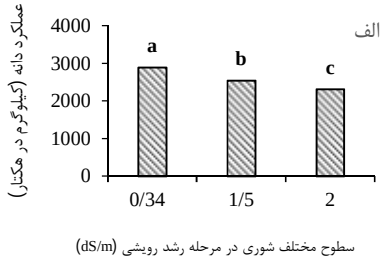
نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر تنش شوری در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد رویشی قرار نگرفت؛ در صورتی که اثر تنش شوری در مرحلهٔ رشد زایشی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

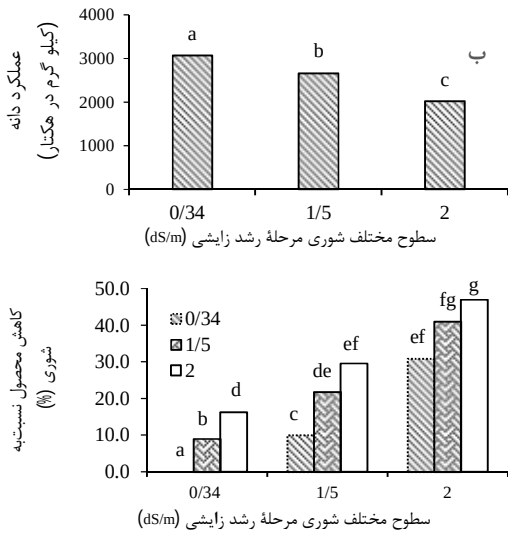
عملکرد دانه

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

و زایشی در شوری معادل آب آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۲۸۹۲ و ۳۰۶۷ و کمترین میزان عملکرد در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد رویشی با میانگین ۲۳۱۴ و در مرحلهٔ رشد زایشی با میانگین ۲۰۲۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). تجزیه و تحلیل داده همچنین نشان داد که اِعمال شوری در مرحلهٔ رشد زایشی تأثیر محسوس‌تری نسبت‌به اِعمال تنش شوری در مرحلهٔ رشد رویشی دارد (شکل ۲). تنش پس از گلدهی تأثیر کمی بر سرعت پرشدن دانه دارد، ولی دورهٔ 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 منفی‌ترشدن پتانسیل اسمزی رشد زایشی و درنهایت عملکرد دانه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند (بن آشر و همکاران، ۲۰۰۶).



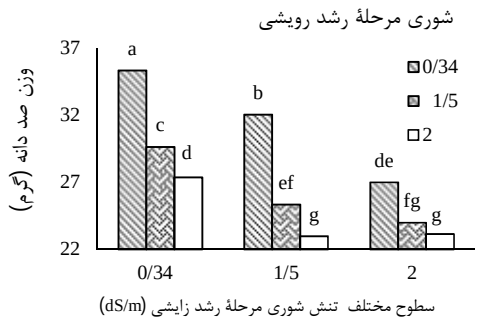
شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحلهٔ رشد رویشی (الف) و مرحلهٔ رشد زایشی (ب) بر عملکرد دانهٔ گیاه لوبیا



شکل ۲- درصد کاهش عملکرد نسبت‌به سطوح مختلف شوری مختلف شوری در مرحلهٔ رشد رویشی و مرحلهٔ رشد زایشی

وزن صد دانه

مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سطوح مختلف شوری در مرحلهٔ 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 دانهٔ لوبیا بدون اختلاف معنی‌داری در تیمارهای با اِعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد رویشی و اِعمال شوری ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد زایشی مشاهده شد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد اِعمال شوری در مرحلهٔ رشد رویشی تأثیرمحسوس‌تری بر کاهش وزن صد دانه داشت؛ به‌طوری‌که اگر در مرحلهٔ رشد رویشی آبیاری بدون اِعمال تنش انجام شود و در مرحلهٔ رشد زایشی آبیاری با سطح شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس انجام شود، منجر به کاهش ۹ درصدی در وزن صد دانه می‌شود؛ درحالی‌که آبیاری با آب با شوری معادل ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد رویشی و آبیاری بدون اِعمال تنش شوری در مرحلهٔ رشد زایشی منجر به کاهش ۱۶ درصدی وزن صد دانه شد. دورهٔ رشد رویشی در اغلب گیاهان زراعی مرحلهٔ مهم و طولانی از دورهٔ رشد گیاه است. کاهش مدت این دوره موجب بروز تغییرات متفاوتی در گیاهان می‌شود. لوبیا در مراحل قبل از گلدهی و گلدهی نسبت‌به محدودیت کیفیت آب حساس‌تر است. در این مراحل تنش باعث عدم‌تکامل 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 دورهٔ زایشی کوتاه‌تر منجر به دستیابی به محصول با دانه‌های ریز لوبیا قرمز می‌شود.



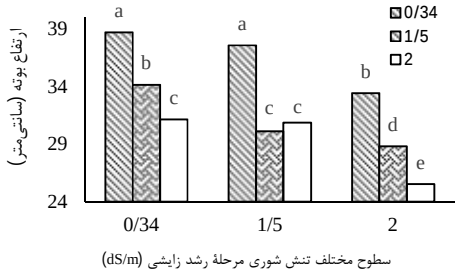
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف تنش شوری در مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی بر وزن صد دانه

تنش عملکرد را در وهلهٔ اول به‌واسطهٔ محدودیت تعداد دانه، ازطریق تأثیر بر میزان مادهٔ خشک تولیدشده در اثر تغییر زمان گلدهی یا با تأثیر مستقیم بر گرده و تخمک و کاهش تشکیل دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد که نتیجهٔ آن کوچک‌ترشدن 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

مقایسهٔ 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 اِعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در کل دورهٔ رشد رخ داد.

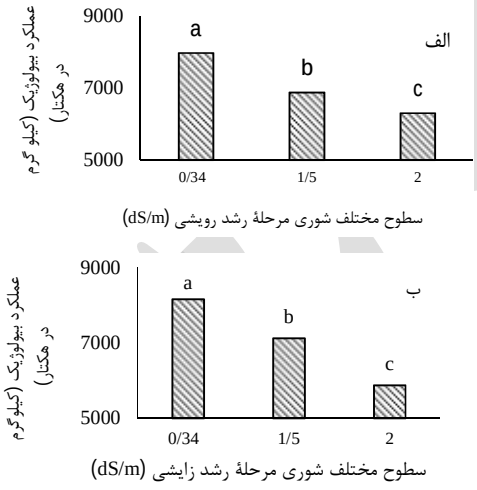
تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد، اِعمال تنش شوری در مرحلهٔ رشد رویشی تأثیر محسوس‌تری بر ارتفاع بوته دارد (شکل ۴). آکوستا دیاز و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند تنش در مرحلهٔ رویشی باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی (دورهٔ رشد رویشی) در همهٔ ارقام لوبیای مورد مطالعه آن‌ها شد. تنش و درنتیجه کاهش دورهٔ رشد رویشی منجر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



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

عملکرد بیولوژیک

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، هم در مرحلهٔ رشد رویشی و هم زایشی، با افزایش شدت تنش عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. بیشترین عملکرد بیولوژیک در مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی در شوری معادل آب آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۷۹۷۵ و ۸۱۶۵ و کمترین میزان عملکرد در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد رویشی با میانگین ۵۸۷۴ و در مرحلهٔ رشد زایشی با میانگین ۶۳۰۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۵). تنش شوری تنها بر یک مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد زایشی با تأثیر بر زمان پرشدن دانه و اندازهٔ 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 بالاگزارش کردند.

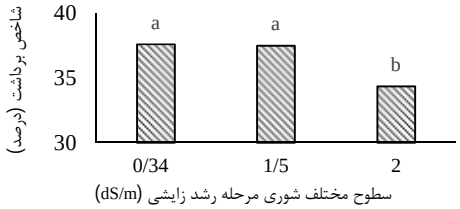


شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی بر عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز

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

اقتصادی به عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد، کاهش شاخص برداشت در لوبیا بیشتر به‌دلیل 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 دورهٔ رسیدن دانه می‌شود و شاخص برداشت را کم می‌کند.



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

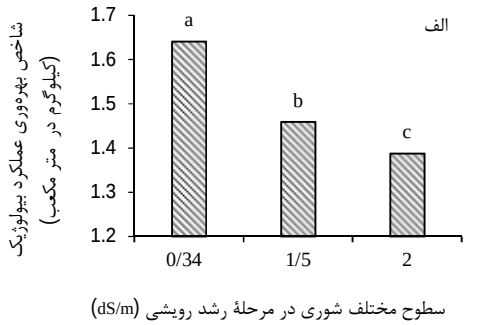
متوسط میزان جذب آب در هریک از تیمارها

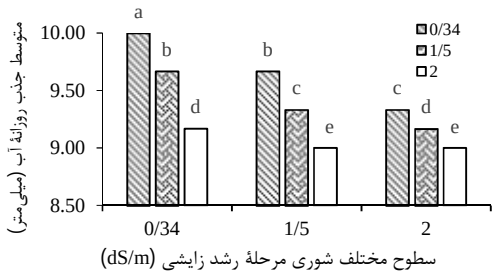
مقایسهٔ میانگین اثر متقابل بر متوسط جذب روزانهٔ آب نشان داد بیشترین میزان جذب آب به تیمار شاهد با مقدار ۱۰ میلی‌متر بر روز و کمترین مقدار ۹ میلی‌متر بر روز بدون اختلاف معنی‌داری در تیمار با اِعمال شوری معادل ۲ دسی‌زیمنس بر متر در کل دورهٔ رشد و تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر در دورهٔ رشد رویشی و ۱/۵ دسی‌زیمنس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

شاخص بهره‌وری آب و بهره‌وری بیولوژیک

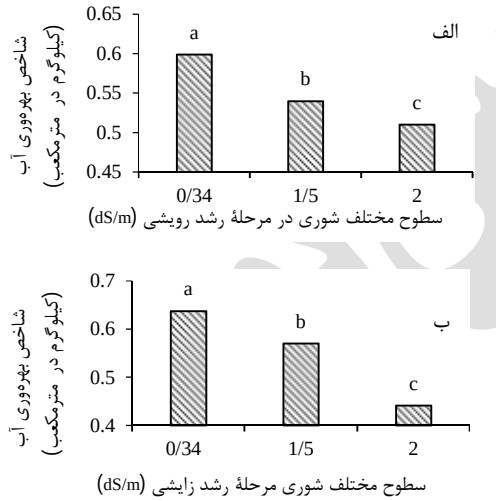
تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، هم در مرحلهٔ رشد رویشی و هم زایشی، با افزایش شدت تنش شاخص بهره‌وری آب و بهره‌وری بیولوژیک کاهش یافت.

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





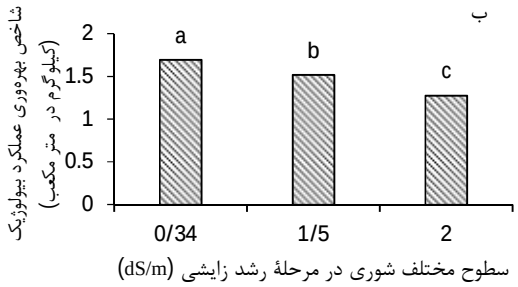
شکل ۷- اثر متقابل سطوح مختلف شوری در مرحلهٔ رشد زایشی بر متوسط جذب آب روزانه



شکل ۸- تأثیر سطوح مختلف شوری در مرحلهٔ رشد زایشی بر شاخص بهره‌وری آب

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

تحت تأثیر تنش شوری شوری معادل آب آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۱/۶۴ و ۱/۶۹ کیلوگرم در مترمکعب و کمترین میزان در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحلهٔ رشد رویشی با میانگین ۱/۳۹ و در مرحلهٔ رشد زایشی با میانگین ۱/۲۷ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد (شکل ۹). نتایج نشان داد در صورتی که شوری فقط در مرحلهٔ رشد زایشی اِعمال شود، به‌ترتیب ۶/۵ و ۲۲/۵ درصد کاهش در شاخص بهره‌وری بیولوژیک در سطح شوری ۱/۵ و ۲ دسی‌زیمنس مشاهده می‌شود و در صورت اِعمال تنش در مرحلهٔ رشد رویشی، به‌ترتیب 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 درنهایت کاهش بهره‌وری آب می‌شود (بن آشر و همکاران، ۲۰۰۶). تنش با تأثیر بر زمان گلدهی و مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد زایشی بر شاخص بهره‌وری عملکرد بیولوژیک

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

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	میانگین طول غلاف	شاخص بهره‌وری آب	بهره‌وری بیولوژیک	متوسط روزانهٔ جذب آب	حساسیت به شوری
تنش در مرحلهٔ رشد رویشی (R)	۲	۷۶۱۲۵۸/۱۵**	۶۴۷۰۰۹۷/۰۰**	۱۱۷/۵۶**	/۸۹^{ns}	۱۳۳/۸۶۵**	۶/۵۱**	۰/۰۲**	۰/۱۵**	۱/۰۰**	۶۷۸/۴۶**
تنش در مرحلهٔ 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^{ns}	۱۱۰۳۴۹/۹۲^{ns}	۵/۹۸**	۲/۱۸^{ns}	۴/۱۱**	۰/۱۸^{ns}	۳/۹۰*۱۰$^{-۴ns}$	۲/۹۰*۱۰$^{-۲ns}$	۰/۵۰**	۳/۳۹^{ns}
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

^{ns}،*و**به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد اثر شوری آب آبیاری، برروی همهٔ صفات بررسی‌شده معنی‌دار شد، درصورت استفاده از آب شور در مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی، عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. تنش شوری تنها بر یک مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد زایشی نسبت‌به اِعمال شوری در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ رشد رویشی اِعمال شود و در مرحلهٔ رشد زایشی آب با کیفیت بالاتری اِعمال شود؛ بدین‌ترتیب می‌توان به عملکرد بالاتری دست یافت.

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، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ۱۸۴ ص.

۳. پرنده س، زمانی غ، سیاری م، و قادری م، ۱۳۹۳، ارزیابی اثر سیلیسیم بر صفات فیزیولوژی، کیفی و کمّی لوبیا در تنش شوری، نشریهٔ 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، مجلهٔ 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 خُرد و کلان (مطالعهٔ موردی گوجه‌فرنگی)، پایان‌نامهٔ دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،۱۴۳ ص.

۶. زاهدی م، و انصاری ن، ۱۳۹۰، بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیهٔ لوبیا چشم‌بلبلی، هفتمین کنگرهٔ علوم باغبانی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، شهریور ماه، 5 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 ریشهٔ گیاه لوبیا در شرایط کم آبیاری و گلخانه‌ای، مجلهٔ 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، نشریهٔ 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، مجلهٔ 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 caltivars grown under drought stress. Agricultura Tecnicaen 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 Horticaltural sience. 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-Saady A. K. 2008. Response of cowpea Grown under salinity stress to PK-flior 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 annuum 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. Drough 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. Horticultrul 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.

Research paper

The effects of saline water application on yield and water productivity of red bean in vegetative and reproductive growth stages

Z. Shahrokhian[1], M. R. Nouri emamzadei[2], A. Danesh Shahraki[3], S. H. Tabatabaei[4] and A. Shahnazari[5]

Extended Abstract

Water is the source of life and one of the important resources for the sustainable development of countries. Population growth and consequently the need for more agricultural commodities and food products, in addition to the limitation of water resources, have led human beings to optimize use of available water resources and the use of low-quality water. To make more efficient use of limited water resources in the agricultural sector, new strategies such as the use of unconventional and saline water in irrigation operations should be considered. Knowing how plants respond to different degrees of salinity of irrigation water, which is used in different stages of vegetative and reproductive growth, is necessary for proper and optimal management of the use of unconventional water resources in agriculture. Beans are one of the most important crops in terms of high protein content and use in the diet. This plant is one of the annual legumes and is sensitive to water salinity, which is cultivated for seed production. Bean is one of the plants sensitive to salinity and tolerates salinity up to 2 dS/m, but its yield reduction starts from 0.8 dS/m, according to previous studies.

In the current study, experiments were carried out to determine the effects of saline water irrigation on vegetative and reproductive growth stage of Derakhshan red bean cultivar, which is suitable for Shahrekord climatic conditions. The experiments of this pot study were performed in factorial form in a completely randomized design, with three replications in the field. The pots had the diameter of 40 cm and the height of 70 cm. The research farm was located in Shahrekord University with UTM coordinates of X = 482573 m and Y = 3579364 m and altitude of 2070 m above sea level. The first factor in the experiments was the use of saline water at the mentioned three levels in the vegetative growth stage, and the second factor was the use of the same salinity level for irrigation in reproductive growth stage. The collected data included yield, yield components and water productivity.

Analysis of variance showed that salinity stress in the vegetative and reproductive growth stage of bean plant significantly reduces yield, yield components, water uptake, water productivity and biological productivity index (α <0.01). Harvest index was not affected by salinity stress at vegetative growth stage; while, the effect of salinity stress at reproductive growth stage on harvest index was significant (α <0.01). The highest value of water productivity was achieved in the control treatment with a rate of 0.67 kg/m^3; the lowest value of 0.39 kg/m^3 was observed in the treatment of applying 2 dS/m saline water in two stages of

1- PhD student, Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
4- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
5- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
*** Corresponding Author: zshahrokhian@gmail.com**
Received: 2021/05/04 Accepted: 2021/08/23

vegetative and reproductive growth. Regardless of salinity level, the mean effects of salinity in vegetative growth stage led to the productivity of 0.64 kg/m^3, and in reproductive growth stage led to the productivity of 0.59 kg/m^3. The results also showed that the highest yield (3349 kg/ha) was related to the control treatment and the lowest yield with rate of 1779 kg/ha was related to the treatment of applying 2 dS/m saline water in two stages of vegetative and reproductive growth. Regardless of the salinity level, the mean effects of salinity led to the production of 3067 and 2892 kg / ha grain yield in the vegetative and reproductive growth stage, respectively. The highest amount of water uptake was observed in the control treatment with the rate of 10 mm/day. The lowest amount of water uptake was 9 mm/day, which was without significant difference related to the treatment with the salinity of 2 dS/m in the whole growth period, the treatment of 2 dS/m in the vegetative growth period, and 1.5 dS/m during reproductive growth.

The results of this experiment, like the results of Ben Usher et al., 2006, showed that increasing salinity during the vegetative growth period of the plant reduces the storage content of plant organs, which affects the yield and its components at the end of the period. Furthermore, the application of salinity stress during reproductive growth period has a direct negative effect on yield and its indicators. These effects will be exacerbated when salinity stress is applied simultaneously during the vegetative and reproductive growth stages. The effects of salinity stress on grain yield and water productivity were more significant in the reproductive growth stage. The result is that in conditions of limited water quality, in order to achieve higher yield and optimal use of water, water with suitable quality should be used in the reproductive growth stage; while, saline water could be used in the vegetative growth stage.

Keywords: Derakhshan bean cultivar, Salinity stress, Unconventional water, Water quality.

Citation: Shahrokhian Z. Nouri emamzadei M. R. Danesh Shahraki A. Tabatabaei S. H. and Shahnazari A. 2022.The effects of saline water application on yield and water productivity of red bean in vegetative and reproductive growth stages. Iranian Water Research Journal.