بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) به رژیم آبیاری و شوری

یعقوب خانی‌کریم‌آبادی[۱]، علی غلامی‌زالی[۱]، پرویز احسان‌زاده[۲*]، جمشید رزمجو[۳]، حمیدرضا عشقی‌زاده[۴] و حمیدرضا عیسوند[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۳)

چکیده

به‌منظور بررسی پاسخ برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد پنج رقم نخود به سطوح مختلف رطوبتی و شوری دو آزمایش مجزا (گلدانی و مزرعه‌ای) انجام شد. در آزمایش گلدانی اثر چهار سطح شوری (شاهد، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرور سدیم) بر پنج رقم نخود آرمان، آزاد، هاشم، ILC-482 و نورآباد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. در آزمایش مزرعه‌ای پاسخ این ارقام به چهار رژیم آبیاری (بدون آبیاری (دیم)، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) به‌صورت کرت‌های خرد شده با سه تکرار بررسی شد. نتایج آزمایش گلدانی نشان داد که در مقایسه با شرایط شاهد، افزایش شوری سبب افزایش تجمع پرولین، غلظت سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و در عین حال کاهش غلظت پتاسیم، محتوای آب نسبی و وزن خشک بوته‌های نخود شد. رقم ILC-482 در مقایسه با سایر ارقام از تجمع بالاتر پرولین، غلظت پایین‌تر سدیم، کاهش کمتر ماده خشک و لذا تحمل بیشتر نسبت به شوری برخوردار بود. در آزمایش مزرعه‌ای طولانی کردن دور آبیاری سبب افزایش تجمع پرولین و کاهش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و دانه نخود شد. سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب با میانگین ۱۹۶۴، ۱۶۷۵ و ۱۵۰۳ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش ۱۱۴، ۸۳/۹ و ۶۴/۰ درصدی عملکرد دانه نخود شدند. ارقام نورآباد و هاشم به‌ترتیب با میانگین ۱۶۱۰ و ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. اگرچه براساس یافته‌های مزرعه‌ای احتمالاً کشت رقم نورآباد حتی با انجام آبیاری تکمیلی پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر می‌تواند سبب بهبود چشم‌گیر عملکرد دانه کشت بهاره نخود نورآباد لرستان شود، ولی از نتیجه دو آزمایش حاضر می‌توان چنین استنباط نمود که رقم ILC482 هم در شرایط مختلف آبیاری مزرعه و هم شوری آب آبیاری ثبات عملکرد ماده خشک بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی: تنش غیر زنده، عملکرد، غلظت پرولین، غلظت سدیم، محتوای نسبی آب برگ

۱، ۲، ۳ و ۴. به‌ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۵. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ehsanzadehp@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

مقدمه

نخود ایرانی یکی از مهم ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات بوده که از نظر اهمیت تولید مواد غذایی در بین حبوبات جایگاه سوم جهانی را با تولید ۱۱/۶ میلیون تن در سطح زیر کشت معادل ۱۳/۲ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است (۱۴). استان لرستان بخش قابل توجهی از سطح زیر کشت و تولید نخود کشور را داشته، به‌طوری‌که با استناد به آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۲ – ۱۳۹۱ مجموع سطح زیر کشت نخود آبی و دیم اعم از پاییزه، انتظاری و بهاره در استان لرستان ۱۳۵۶۲۰ هکتار برآورد شده است (۱). از سوی دیگر گستره وسیع وقوع تنش های زنده و غیر زنده، اعمال مدیریت هرچه بهتر و صحیح‌تر در امر تولید گیاهان زراعی از جمله نخود را ضروری می‌سازد. عملکرد دانه نخود در کشورهای در حال توسعه تنها ۷۵ درصد عملکرد آن در کشورهای توسعه‌یافته است (۱۹) که بخش اعظم این تفاوت مربوط به شیوه مدیریت نامطلوب به‌ویژه شرایط محیطی نامناسب تولید گیاهی در این کشورها می‌باشد (۱۰). تنش خشکی همانند سایر گیاهان زراعی با تغییر در خصوصیات فیزیولوژیک رشد سبب کاهش عملکرد نخود می‌شود و تفاوت و تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر صفاتی که تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند و هم‌چنین میزان کاهش عملکرد وجود دارد (۱۶، ۱۷ و ۳۰). وقوع تنش خشکی به‌ویژه در اواخر رشد نخود به‌همراه وقوع تنش سرما طی دوره رشد رویشی به‌عنوان عوامل اصلی عملکرد پایین نخود در غرب آسیا و شمال آسیا مطرح شده‌اند (۴۲).

در تمام مناطقی که آبیاری برای تولید محصولات زراعی ضروری است، شور شدن خاک نیز امری غیر قابل اجتناب می‌باشد که این پدیده به تدریج به یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و ایران تبدیل شده است (۱۵). از این‌رو شوری به‌عنوان تنشی که اثرات منفی فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و در نهایت اقتصادی بر محصولات کشاورزی دارد به‌عنوان یک مشکل اساسی در کشاورزی مطرح است (۴۱).

تنش شوری در گیاهان موجب تأخیر در جوانه‌زنی و افزایش نسبی گیاهچه‌های غیر طبیعی از نظر بنیه می‌شود (۱۸). شوری خاک، جوانه‌زنی بذر را از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و جلوگیری از جذب آب و یا از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۱). هم‌چنین شوری در گیاه نخود باعث کاهش وزن گیاهچه (۳۸)، ارتفاع، تعداد برگ، تعداد ساقه، وزن خشک ریشه و کاهش تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته (۱۳ و ۴۰) می‌شود. در بین ارقام نخود تفاوت‌هایی از نظر تحمل شوری وجود دارد، به‌طوری‌که قابلیت مقاومت به تنش شوری بیشتری در ارقام کابلی نسبت به ارقام دسی گزارش شده است (۳۴). علاوه بر این، تجرا و همکاران (۳۵) کاهش ۱۵ تا ۵۰ درصدی (بسته به رقم) وزن ماده خشک نخود در اثر تنش شوری را گزارش کردند.

با عنایت به اهمیت کشت نخود از نظر تأمین منبع پروتئین گیاهی مردم کشورمان، شناسایی تأثیر شیوه‌های مدیریتی بر عملکرد آن از اهمیت زیادی برخوردار است. بدون شک تولید بسیاری از گونه‌های زراعی از جمله نخود در مناطق وسیعی از ایران تحت تأثیر منفی دو تنش خشکی و شوری است. فهم و درک درست از پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد گیاه به تنش‌های شوری و خشکی در طراحی شیوه‌های اصلاحی برای دست‌یابی به ارقام متحمل به شوری و خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد پنج رقم نخود زراعی به سطوح مختلف رطوبتی و شوری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلدانی (اثر شوری)

آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در زمستان ۱۳۹۲ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد و در آن اثر چهار سطح شوری آب آبیاری (شاهد، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک کلرور سدیم) بر پنج رقم نخود شامل: آرمان، آزاد، هاشم،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

ILC-482 و نورآباد بررسی شد. چهارده روز پس از کاشت اعمال تدریجی شوری آغاز و ۲۲ روز پس از کاشت سطوح کامل شوری اعمال شدند. گلدان‌های مورد استفاده دارای قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بودند. گلدان‌ها تا ارتفاع ۲۷ سانتی‌متری از خاک پر شدند و بذرها در عمق دو سانتی‌متری از سطح خاک مورد کاشت قرارگرفتند. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک استفاده شده در گلدان‌ها در جدول ۱ آمده است.

در طی آزمایش میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه گلخانه برابر با ۱۸ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. گیاهان به‌مدت ۲۱ روز در معرض سطوح کامل شوری قرار گرفتند و سپس نمونه‌گیری انجام شد. در پایان آزمایش میزان پرولین برگ، محتوای نسبی آب برگ، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی تک بوته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان پرولین برگ براساس روش بیتز (۶) ابتدا ۰/۲ گرم از قسمت پهنک برگ را جدا کرده، سپس در هاون چینی به‌وسیله مقداری نیتروژن مایع خوب خُرد شد. آنگاه ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد درون هاون ریخته و نمونه برگی خوب له شد و بعد از آن از کاغذ صافی عبور داده شد. از محلول حاصل میزان دو میلی‌لیتر برداشته به‌همراه دو میلی‌لیتر محلول آماده شده ناین هیدرین مقدار ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک اضافه شد. پس از آن مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از ترکیب (۲۰/۵ میلی‌لیتر اورتوفسفریک + ۱۲ میلی‌لیترآب مقطر مخلوط شده) برداشته و به آن اضافه شد و دو میلی‌لیتر اسید استیک درون لوله آزمایش درپوش‌دار ریخته و به‌مدت ۱ ساعت درون حمام آب گرم قرار داده شد. در این مرحله در زیر هود، به هر نمونه مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و خوب تکان داده شد تا کاملاً مخلوط شوند. پس از چند لحظه دو فاز حاصل شد که فاز پایینی شفاف‌تر بوده و فاز بالایی قرمز رنگ (بسته به‌میزان پرولین برگ) بود. از تولوئن به‌عنوان شاهد در دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectrophotometr, Model: UV-2100, Unico) استفاده شد.

سپس چهار میلی‌لیتراز فاز بالایی را برداشته و درون اسپکتروفوتومتر تحت طول موج ۵۲۰ نانومتر قرار داده و میزان پرولین برگ برحسب میکرومول بر میلی‌گرم برگ به‌دست آید.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها، از برگ‌های چهارم و پنجم انتهایی بوته‌های هر گلدان نمونه‌برداری‌ها انجام شد، سپس برگ‌ها بلافاصله بعد از اینکه از قاعده پهنک بریده شدند، در داخل یک کیسه پلاستیکی قرارگرفته و وزن تازه آنها تعیین شد. اندازه‌گیری وزن تورژسانس پس از قرار دادن برگ‌ها به‌مدت پنج ساعت در آب مقطر در دمای اتاق انجام گرفت. برگ‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند و پس از آن وزن خشک آنها به‌دست آمد. محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد (۱۱).

$$RWC\% = \left[\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)}\right] \times 100$$

در رابطه فوق RWC، FW و DW به‌ترتیب بیانگر محتوای نسبی آب برگ‌ها، وزن تر نمونه و وزن خشک نمونه می‌باشند.

برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد. در پایان مرحله برداشت نهایی، نمونه‌های خشک ابتدا آسیاب و مقدار ۰/۲ گرم از هر نمونه با ترازوی دقیق توزین شد. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته شد و در داخل کوره به‌مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از خنک شدن کروزه‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریک دو نرمال به کروزه‌ها اضافه شد. سپس با حرارت دادن ملایم کروزه روی هیتر مواد خاکستر شده در اسید حل شدند، تا حجم آنها تقریباً نصف شد. سپس محلول تهیه شده از قیف و کاغذ صافی عبور داده شد. عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری شد، در ادامه مقدار کافی آب مقطر به بالن ژوژه اضافه شد و حجم نهایی عصاره به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای اندازه‌گیری غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم از دستگاه فلیم‌فتومتر (Flame Photometer, Model 410) استفاده شد. براساس

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلدانی

رس (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	بافت	EC (dS/m)	pH
۲۲/۴	۲۶/۳	۵۱/۳	سیلتی‌لوم	۱	۷/۵

منحنی استاندارد رسم شده غلظت سدیم و پتاسیم نمونه گیاهی برحسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه گردید (۲۶).

برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی تک‌بوته، پس از برداشت بوته‌ها در انتهای آزمایش، اندام هوایی هریک از واحدهای آزمایشی در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی دقیق توزین شد.

آزمایش مزرعه‌ای (اثر رژیم آبیاری)

آزمایش مزرعه‌ای در روستای دوراهی زالی واقع در پنج کیلومتری شهرستان نورآباد (شمال لرستان) (عرض جغرافیای ۳۴ درجه و ۰۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۰۰ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۵۹ متر) در خاکی رسی سیلتی به اجرا درآمد (جدول ۲). آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل چهار رژیم آبیاری (بدون آبیاری، آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) براساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود. فاکتور فرعی شامل پنج رقم نخود (آرمان، آزاد، هاشم، ILC-482 و نورآباد) بود.

عملیات تهیه بستر شامل شخم پاییزه در اواسط مهر ماه و یک نوبت دیسک قبل از کاشت و ضدعفونی بذور با سم کربوکسین تیرام بود. کاشت به‌صورت بهاره در (۲۵ اسفند ماه سال ۱۳۹۱) صورت گرفت. کاشت با تراکم ۵۷ بوته در مترمربع با فوکای دستی در فواصل ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بذر هفت سانتی‌متر از یکدیگر و در عمق کاشت حدود پنج سانتی‌متر، پس از ضدعفونی، علیه بیماری‌های قارچی انجام شد.

هر کرت آزمایشی دارای طولی معادل پنج متر و عرضی برابر ۱/۲۵ متر و شامل پنج خط کاشت بود. فاصله بین دو کرت فرعی مجاور نیم متر و بین دو کرت اصلی موجود در هر بلوک سه متر در نظر گرفته شد. جهت اطمینان بیشتر در هر نقطه دو بذر در خاک قرار داده شد. پس از سبز شدن توسط قیچی باغبانی فرایند تنک کردن انجام گرفت. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (به‌صورت اوره) به‌عنوان کود اولیه در سطح مزرعه پخش شد. وجین علف‌های‌هرز در طول آزمایش به‌صورت دستی و کنترل آفت کرم غلاف‌خوار نخود با سم کارباریل (سوین) سه در هزار صورت گرفت. با داشتن میزان رطوبت وزنی در زمان ظرفیت مزرعه (۲۳ درصد) و نقطه پژمردگی دائم (۸ درصد)، میزان آب قابل استفاده محاسبه گردید. میزان تخلیه آب را در هر تیمار آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت وزنی در زمان قبل از آبیاری و مقایسه آن با میزان رطوبت در نقطه تخلیه مجاز محاسبه شد. علاوه‌بر آن با استفاده از رطوبت‌سنج (Soil Moisture Meter, GMK-S770) و هم‌چنین به روش وزنی رطوبت عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک در روز قبل از آبیاری اندازه‌گیری شد. تیمارهای آبیاری تقریباً در مرحله شش برگی در اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ اعمال شد. میزان تبخیر از تشت تبخیر به‌صورت روزانه و آمار درجه حرارت و نزولات آسمانی مربوط به سال زرعی ۹۲ – ۱۳۹۱ از مرکز هواشناسی شهرستان نورآباد (واقع در یک کیلومتری مزرعه) دریافت و ثبت گردید (جدول ۳). آبیاری کرت‌ها تا مرحله پر شدن کامل نیام‌ها (حدود ۲۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک) براساس سطح تیمار آبیاری انجام شد. مجموع آب کاربردی (مجموع بارندگی و آب آبیاری) در طول فصل رشد (بر این اساس که هر ۱۰ مترمکعب آب آبیاری در هکتار معادل یک میلی‌متر بارندگی است) در کشت پاییزه برای سطح بدون آبیاری، آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب معادل ۲۸۰، ۳۶۵/۶، ۳۵۶/۶ و ۳۴۳/۱ میلی‌متر و در کشت بهاره به‌ترتیب معادل ۸۶/۴، ۲۴۸/۶، ۲۳۱ و ۲۰۹ میلی‌متر بارندگی بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۲. برخی ویژگی‌ها و مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش در لایه ۳۰ - ۰ سانتی‌متری

دانه‌بندی (٪)			بافت خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل	کربن آلی	pH	هدایت الکتریکی
رس	سیلت	شن		(mg/kg)		(٪)	(٪)		(dS/m)
۵۰	۴۲	۸	رسی سیلتی	۲۶/۱	۳۶۰	۰/۰۵۲	۱/۶۲	۷/۹	۰/۶

میزان پرولین براساس روش بیتز (۶)، غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید با استفاده از روش لیشتن تالر (۲۳) با تغییراتی در مرحله گل‌دهی کامل (تقریباً ۸۵ روز بعد از کاشت) بعد از اعمال حداقل یک‌بار آبیاری برای هر رژیم آبیاری با نمونه‌گیری از برگ‌های میانی پنج بوته هر کرت اندازه‌گیری شدند. برای این منظور نمونه‌های برگ پس از برداشت، داخل فویل آلومینیومی قرار داده شد و سپس درون نیتروژن مایع گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. هنگام اندازه‌گیری کلروفیل، نمونه‌های برگ با نیتروژن مایع در هاون چینی پودر شدند. بعد از آن ۰/۱ گرم از نمونه های پودر شده به داخل میکروتیوب‌های یک سی‌سی منتقل شد. سپس ۵۰۰ میکرولیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه گردید. نمونه‌ها بعد از ورتکس و یکنواخت شدن در دمای یخچال به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. بعد از خروج نمونه‌ها از یخچال ابتدا ورتکس شده سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. از فاز جدا شده بالایی توسط سمپلر ۵۰ میکرولیتر برداشته و داخل میکروتیوب‌های جدید انتقال داده شد. سپس ۹۵۰ میکرولیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد تا حجم نهایی به یک میلی‌لیتر برسد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrophotometr, Model: UV-2100, Unico) میزان جذب عصاره‌ها در طول موج های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای کالیبره‌کردن دستگاه از بافر استخراج یعنی استون ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کلروفیل a، b و کاروتنویید برحسب میلی‌گرم در گرم پس از قرار گرفتن در رابطه‌های (۵)، (۶)، (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰) محاسبه شدند.

$$Ca\left(\frac{mg}{L}\right) = (۱۲/۲۵ \times A۶۶۳/۲) - (۲/۷۹ \times A۶۴۶/۸) \quad (۵)$$

$$Cb\left(\frac{mg}{L}\right) = (۲۱/۵۰ \times A۶۴۶/۸) - (۵/۱۰ \times A۶۶۳/۲) \quad (۶)$$

$$Ccarot\left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{((۱۰۰۰ \times A۴۷۰) - (۱/۸۲ \times Ca) - (۸۵/۰۲ \times Cb))}{۱۹۸} \quad (۷)$$

$$Ca\left(\frac{mg}{L}\right) = \left[\frac{Ca\left(\frac{mg}{l}\right)}{weight(g)}\right] \times \left[\frac{۱۰(ml)}{۱۰۰۰}\right] \quad (۸)$$

$$Cb\left(\frac{mg}{g}\right) = \left[\frac{Cb\left(\frac{mg}{l}\right)}{weight(g)}\right] \times \left[\frac{۱۰(ml)}{۱۰۰۰}\right] \quad (۹)$$

$$Ccarot\left(\frac{mg}{g}\right) = \left[\frac{Ccarot\left(\frac{mg}{l}\right)}{weight(g)}\right] \times \left[\frac{۱۰(ml)}{۱۰۰۰}\right] \quad (۸)$$

C_a، C_b و C_{carot} و weight به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان کلرفیل a، b، کارتنوئیدها و وزن نمونه برگ می‌باشند.

برای اندازه‌گیری تعداد گره‌های فعال ریشه در اواخر مرحله گل‌دهی چهار بوته از هر کرت از عمق توسعه ریشه به‌کمک بیلچه بیرون کشیده شد. خاک اطراف ریشه پس از قرار گرفتن در داخل یک سطل آب جدا و ریشه کاملاً تمیز شد. تعداد گره‌های فعال به روش چشمی اندازه‌گیری شد. جهت بررسی فعال بودن گره‌ها، تمامی گره‌ها با تیغ تیز از وسط بریده شده و گره‌هایی که صورتی رنگ بودند به‌عنوان گره‌های فعال شمارش و ثبت شدند (۵). شاخص سطح برگ نیز در اواخر مراحل گل‌دهی پس از برداشت بوته‌ها از سطح مشخصی از مزرعه (۲۱ × ۲۵ سانتی‌متر) برای همه واحدهای آزمایشی موجود در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۳. میانگین ماهیانه دراز مدت (۱۳۹۰ - ۱۳۸۱) و سال زراعی۹۲ - ۹۱ بارندگی، دما و تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در ایستگاه هواشناسی نورآباد لرستان

ماه	متوسط ماهانه دما (درجه سانتی‌گراد)						بارندگی (میلی‌متر)	
	حداکثر		حداقل		میانگین			
	۱۳۸۱-۹۰	۱۳۹۱-۹۲	۱۳۸۱-۹۰	۱۳۹۱-۹۲	۱۳۸۱-۹۰	۱۳۹۱-۹۲	۱۳۸۱-۹۰	۱۳۹۱-۹۲
مهر	۲۴/۷	۲۵	۷/۹	۸/۱	۱۶/۳	۱۶/۵	۳/۴	۰
آبان	۱۵/۰	۱۵/۸	۳/۱	۳/۷	۹/۰	۱۰	۹۶/۱	۱۱۲/۳
آذر	۹/۰	۷/۸	-۲/۸	-۱/۳	۳/۱	۳/۳	۵۰/۶	۶۴/۳
دی	۴/۹	۵/۳	-۵/۸	-۶/۸	-۰/۵	-۰/۷	۵۲/۶	۵۱/۷
بهمن	۴/۲	۸/۹	-۶/۰	-۱/۹	-۰/۹	۳/۵	۸۰/۳	۴۲/۴
اسفند	۱۰/۵	۱۱/۷	-۱/۲	-۰/۶	۴/۷	۵/۶	۴۸/۷	۳۵/۲
فروردین	۱۴/۷	۱۳/۷	۲/۴	۱/۹	۸/۶	۹/۶	۷۶/۵	۲۷/۴
اردیبهشت	۲۰/۱	۱۸/۲	۲/۶	۴/۶	۱۳/۲	۱۱/۴	۵۲/۳	۵۹/۰
خرداد	۲۷/۹	۲۸	۹/۶	۸/۶	۱۸/۷	۱۸/۳	۴/۶	۰
تیر	۳۲/۹	۳۴/۷	۱۳/۴	۱۳/۱	۲۳/۱	۲۳/۹	۰/۲	۰
جمع							۴۶۵/۱	۳۹۲/۳

یک تکرار به‌کمک نرم‌افزار windias در آزمایشگاه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان به‌دست آمد، سپس از طریق تناسب و به روش وزنی شاخص سطح برگ برای دیگر تکرارها محاسبه شد. برداشت گیاهان در ۳۰ تیر ماه سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. محاسبه عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه با برداشت در مساحتی معادل سه مترمربع پس از حذف دو خط کاشت و ۵۰ سانتی‌متر از طرفین کرت‌ها صورت گرفت. توزین و سپس خرمن‌کوبی و بوجاری برای هر کرت بعد از برداشت و خشک شدن کامل بوته در هوای آزاد مزرعه صورت گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. رسم نمودارها با نرم‌افزار (Excel 2010) انجام شد. میانگین‌ها با آزمون حدقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

آزمایش گلدانی (اثر شوری)

اثر شوری و رقم بر میزان تجمع پرولین، محتوای نسبی آب برگ، میزان تجمع یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم از نظر آماری معنی‌دار بود ولی اثر متقابل شوری در رقم برای این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش شوری میزان تجمع پرولین افزایش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی مولار شوری آب آبیاری نسبت به سطح شاهد افزایش ۶۲/۹ درصدی تجمع پرولین وجود داشت (جدول ۵). تجمع پرولین در گیاه یکی از متداول‌ترین تغییرات ناشی از تنش در گیاهان می‌باشد که مقاومت به شوری را افزایش می‌دهد. تجمع پرولین ممکن است به‌خاطر کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک تولید آن از گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۴. خلاصه نتایج تجزیه واریانس غلظت پرولین، محتوای نسبی آب برگ، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته پنج رقم نخود در سطوح مختلف شوری در کشت گلدانی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	محتوای نسبی آب برگ	سدیم	پتاسیم	پتاسیم/ سدیم	وزن خشک بوته
شوری	۳	۱/۱۱**	۱۷۱۱/۵۱**	۰/۲۸۴**	۰/۰۶۱**	۰/۲۷۳**	۰/۱۴۸**
رقم	۴	۰/۳۴*	۱۱۴/۹۰**	۰/۰۵۹**	۰/۰۰۹**	۰/۳۶۱**	۰/۰۵۸**
شوری × رقم	۱۲	۰/۰۶^{ns}	۴۱/۰۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۱۱*
خطا	۳۸	۰/۱۰	۳۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۳۰	۷/۵	۷/۴	۷/۷	۸/۳	۱۴/۸

ns، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی دار بودن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

باشد (۲۷). با توجه به اینکه اسید آمینه پرولین هم به تنظیم اسمزی در سلول گیاهی کمک می‌کند و هم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن را افزایش می‌دهد، افزایش تجمع آن می‌تواند منجر با افزایش تحمل تنش‌های مختلف از جمله شوری و خشکی توسط گیاه شود (۲ و ۸). رقم‌های هاشم و ILC-482 دارای بیشترین و رقم آرمان کمترین مقدار تجمع پرولین بودند (جدول ۵). نتایج آزمایش حاضر با نتایج سینگ (۳۲) از این بابت همخوانی داشت که وی افزایش ۵۵ درصدی در غلظت پرولین برخی ژنوتیپ‌های نخود در اثر شوری معادل ۸۰ میلی‌مولار کلرور سدیم را گزارش کرد.

با افزایش شوری میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی مولار شوری آب آبیاری نسبت به سطح شاهد کاهش ۲۸/۹ درصدی محتوای نسبی آب برگ وجود داشت (جدول ۵). کلارک و همکاران (۹) اعلام کردند که تفاوت میان ارقام از نظر محتوای رطوبت نسبی آب ناشی از مکانیسم‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک متفاوت نظیر تغییر اندازه برگ، وجود یا عدم وجود موم و بازتاب توسط برگ و وضعیت روزنه‌ها بوده که در بین ارقام متحمل و حساس وجود دارد. رقم ILC-482 نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری در میزان محتوای نسبی آب برگ را نشان داد (جدول ۵). برتری یاد شده را می‌توان به توانایی بالاتر این رقم در تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین نسبت داد.

با افزایش شوری میزان تجمع سدیم افزایش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار شوری آب آبیاری نسبت به سطح شاهد افزایش ۷۷/۶ درصدی تجمع سدیم وجود داشت (جدول ۵). افزایش جذب یون سدیم توسط ریشه گیاه در شرایط شوری باعث افزایش تجمع یون سدیم در سیتوپلاسم سلول‌های ریشه و بخش هوایی می‌شود که در این شرایط یون سدیم جایگزین یون پتاسیم می‌شود و باعث ایجاد اثرات سمی یونی می‌شود (۲۵). بیشترین و کمترین میزان تجمع سدیم به‌ترتیب مربوط به رقم‌های آرمان و ILC-482 بود (جدول ۵). کافی و همکاران (۲۰) در آزمایشی بر روی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف نخود و امیرجانی (۲) در آزمایشی بر روی سویا بیان داشتند که با افزایش سطح شوری میزان تجمع سدیم در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد که یافته‌های این محققان با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارند.

با افزایش شوری میزان تجمع پتاسیم افزایش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار شوری آب آبیاری نسبت به سطح شاهد افزایش ۳۷/۳ درصدی تجمع پتاسیم مشاهده شد (جدول ۵). در برخی آزمایش‌های انجام شده بر روی نخود نشان داده شده که شوری تفاوت معنی‌داری را در افزایش میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی ایجاد نکرده است ولی میزان پتاسیم در ریشه با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافته

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۵. میانگین غلظت پرولین، محتوای نسبی آب برگ، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته پنج رقم نخود در سطوح مختلف شوری در کشت گلدانی

	پرولین (µg/mg)	محتوای نسبی آب برگ (٪)	سدیم (mg/g)	پتاسیم (mg/g)	پتاسیم/ سدیم	وزن خشک گیاه (g)
سطوح شوری (mM)						
شاهد (صفر)	۰/۸۲^{c}	۸۵/۷۲^{a}	۰/۴۲۱^{d}	۰/۳۹۴^{d}	۱/۰۷^{d}	۰/۵۸۱^{a}
۵۰	۰/۹۴^{bc}	۷۷/۱۹^{b}	۰/۵۲۴^{c}	۰/۴۵۵^{c}	۱/۱۶^{c}	۰/۴۶۷^{b}
۷۵	۱/۰۹^{b}	۶۸/۹۹^{c}	۰/۶۰۲^{b}	۰/۵۰۵^{b}	۱/۲۰^{b}	۰/۴۱۹^{b}
۱۰۰	۱/۴۵^{a}	۶۰/۸۸^{d}	۰/۷۴۸^{a}	۰/۵۴۱^{a}	۱/۳۹^{a}	۰/۳۴۴^{c}
رقم						
آرمان	۰/۸۳^{b}	۷۱/۴۷^{b}	۰/۶۴۶^{a}	۰/۴۷۳^{ab}	۱/۳۶^{a}	۰/۴۳۷^{bc}
آزاد	۱/۰۴^{ab}	۷۱/۵۶^{b}	۰/۵۶۲^{b}	۰/۴۶۳^{b}	۱/۲۰^{c}	۰/۳۹۳^{c}
هاشم	۱/۱۲^{a}	۷۳/۲۷^{b}	۰/۵۷۲^{b}	۰/۴۳۳^{c}	۱/۳۰^{ab}	۰/۴۰۸^{bc}
ILC-482	۱/۳۰^{a}	۷۸/۵۲^{a}	۰/۴۶۴^{c}	۰/۵۰۱^{a}	۰/۹۱^{d}	۰/۴۵۷^{b}
نورآباد	۱/۰۸^{ab}	۷۱/۱۳^{b}	۰/۶۲۵^{a}	۰/۵۰۰^{a}	۱/۲۳^{bc}	۰/۵۶۹^{a}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با یکدیگر ندارند.

است (۲۰). ارقام ILC-482 و آرمان بیشترین و رقم هاشم کمترین میزان غلظت پتاسیم را داشتند (جدول ۵). کاندرشاخار و همکاران (۸) با بررسی اثر تنش شوری در سه سطح شوری صفر، ۵۰، و ۱۰۰ میلی‌مولار بیان کردند که افزایش شوری از صفر به ۵۰ میلی مولار باعث افزایش پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه نخود می‌شود ولی با افزایش شوری از ۵۰ به ۱۰۰ میلی مولار از میزان پتاسیم تجمع یافته کاسته می‌شود.

با افزایش شوری نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار شوری آب آبیاری در مقایسه با سطح شاهد افزایش ۲۹/۹ درصدی این نسبت وجود داشت (جدول ۵). افزایش نسبت سدیم به پتاسیم تحت شرایط شور در آزمایشات مختلف گزارش شده است (۲۰). بنلوچ و همکاران (۴) در آزمایشی که در شرایط شور بر روی لوبیا انجام دادند بیان کردند که در مقادیر زیاد سدیم، از جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم در بافت‌های گیاهی جلوگیری به‌عمل می‌آید که نتیجه آن افزایش میزان نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه است. رقم‌های آرمان و ILC-482 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار نسبت سدیم به پتاسیم بودند (جدول ۵). وجود همبستگی منفی بین تحمل شوری و نسبت سدیم به پتاسیم به‌عنوان معیاری جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری مطرح است (۲۵).

اثر شوری، رقم و اثر متقابل شوری در رقم بر وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری میانگین وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته کاهش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار شوری آب آبیاری نسبت به سطح شاهد کاهش ۴۰/۷ درصدی وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته وجود داشت (جدول ۵). براساس مطالعات سینگلا و گارگ (۳۳) نمک ها بر رشد گیاه و در نتیجه مجموع ماده خشک گیاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اثرات منفی دارند. رقم‌های نورآباد و آزاد به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین وزن خشک اندام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

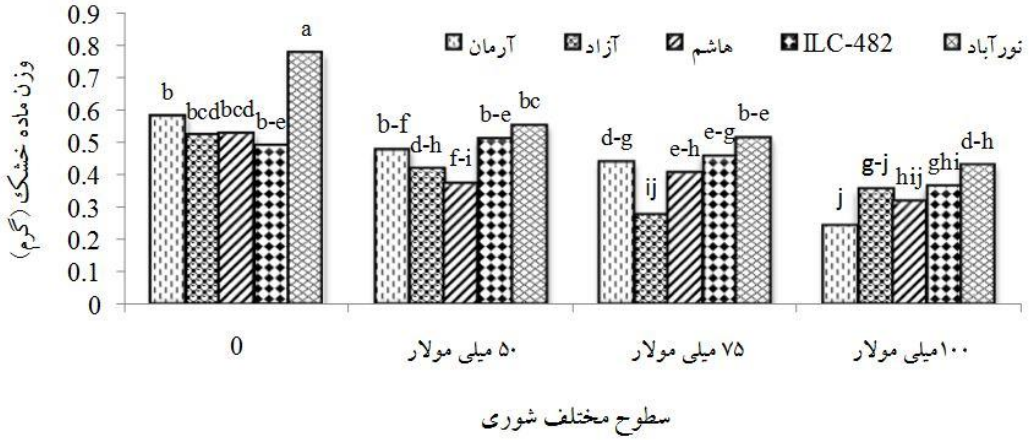
هوایی تک‌بوته بودند (جدول ۵). در برخی آزمایشات قبلی بر روی اثر تنش شوری در ارقام نخود کاهش ۱۵ تا ۵۰ درصدی وزن خشک گیاه در سطوح بالای شوری بسته به نوع رقم گزارش شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (۳۵). اگرچه با افزایش سطح شوری تا ۱۰۰ میلی‌مولار شوری آب آبیاری وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته کاهش یافت اما این کاهش بسته به نوع رقم متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین کاهش (۵۷/۸ درصد) در رقم آرمان و کمترین کاهش (۲۵/۴ درصد) در رقم ILC-482 مشاهده شد (شکل ۱). سینگ (۳۳) نتیجه گرفت که آن دسته از ژنوتیپ‌های نخود که ظرفیت تجمع پرولین و قندهای محلول را داشتند از درجه تحمل بالاتری در مقابل شوری برخوردار بودند. اسید آمینه پرولین به تنظیم اسمزی گیاه به‌ویژه در شرایط تنش‌های شوری و خشکی کمک می‌کند. وجود همبستگی مثبت بین تنظیم اسمزی و عملکرد دانه نخود در شرایط تنش اسمزی (که هم در اثر کم آبی و هم شوری رخ می‌دهد) به اثبات رسیده است (۲۵). با توجه به اینکه رقم ILC-482 در شرایط تنش شوری میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ و غلظت پتاسیم بالاتر و در عین حال تجمع کمتری از یون سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کوچک‌تری نسبت به سایر ارقام داشت و از طرف دیگر با افزایش سطح شوری درصد کاهش کمتری در وزن ماده خشک اندام‌های هوایی را نشان داد، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این رقم در برابر سطوح نسبتاً بالای شوری از تحمل بالاتری (احتمالاً به‌دلیل ظرفیت تنظیم اسمزی بالاتر) نسبت به سایر ارقام برخوردار است.

آزمایش مزرعه‌ای (اثر رژیم آبیاری)

اثر رژیم آبیاری و رقم بر میزان تجمع پرولین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). تیمار بدون آبیاری نسبت به سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب افزایش ۱۴/۲، ۸/۷ و ۱۹/۱ درصدی در میزان پرولین را نشان داد (جدول ۷). وجود همبستگی بین سطح تنش خشکی و تجمع ترکیبات آلی سازگار و اسیدهای آمینه مانند پرولین به اثبات رسیده است (۷). بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعرق، کاهش در پتانسیل آب بافت‌های گیاهی، جلوگیری از رشد و کاهش فتوسنتز، تجمع اسید آبسیزیک، پرولین، مانیتول، سوربیتول و تولید پروتئین‌های جدید از جمله پاسخ‌های گیاه در برابر تنش خشکی محسوب می‌شوند (۱۲). تجمع پرولین هم به تنظیم اسمزی در سلول گیاهی کمک می‌کند و هم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن را افزایش می‌دهد (۲ و ۸). از میان رقم‌های مورد مطالعه نخود، رقم‌های هاشم و ILC-482 به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان تجمع پرولین را به خود اختصاص دادند. بین پاسخ سایر رقم‌های نخود از نظر میزان تجمع پرولین تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۷). رقم ILC-482 اگرچه از نظر میانگین عملکرد تحت شرایط تنش‌زا و غیر تنش‌زا از برتری بر بقیه ارقام برخوردار نبود ولی درصد کاهش عملکرد آن در اثر تنش از بقیه ارقام کمتر بود. این رقم هم در شرایط شوری و هم خشکی در بین ارقام مورد مطالعه از تجمع پرولین بالاتری برخوردار بود (جدول ۵ و جدول ۷). علاوه بر این، رقم یاد شده در شرایط شوری نیز از محتوای نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (جدول ۵). چنین به‌نظر می‌رسد که این رقم از سازوکارهای فیزیولوژیک پایدارتری در برابر تنش‌های شوری و خشکی برخوردار باشد و همین سازوکارها منجر به ثبات نسبی عملکرد آن در شرایط تنش‌زا گردد. با عنایت به‌وجود نوعی هم‌روندی در پاسخ این رقم نخود به دو عامل تنش زای خشکی و شوری، احتمال آن می‌رود که تحمل بالاتر شوری این رقم بیش از آنکه مربوط به تحمل اثر سمی یون‌های سدیم و کلر باشد مربوط به تحمل اثر اسمزی شوری باشد. شناخت دقیق‌تر این سازوکارهای احتمالی نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

اثر رژیم آبیاری و رقم و اثر متقابل آنها بر غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئیدها معنی‌دار نبود (جدول ۶). البته اگرچه در شرایط عدم آبیاری از میزان کلروفیل a، b و کارتنوئیدها کاسته شده است (جدول ۷)، اما این کاهش‌ها از نظر آماری معنی‌دار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]



شکل ۱. میانگین اثرات متقابل شوری در رقم بر وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته نخود در کشت گلدانی. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد هستند.

نبودند. در شرایطی که گیاه با تنش بسیار شدید مواجه نباشد ممکن است غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در واحد وزن برگ تغییر چندانی نکرده و تنها در شرایطی که شدت تنش سبب پیشی گرفتن از فرآیندهای تجزیه‌ای از تولیدی کلروفیل شود، کاهش غلظت کلروفیل مشاهده می‌شود. اثر رژیم آبیاری و رقم بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل رژیم آبیاری در رقم برای شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۶). سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب سبب افزایش ۳۶/۶، ۲۲/۳ و ۱۸/۳ درصدی در شاخص سطح برگ نسبت به سطح بدون آبیاری شدند (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد در مطالعه حاضر افزایش تعداد آبیاری یک روند افزایشی در شاخص سطح برگ را سبب شده است. برگ‌ها در گیاهان عالی اندام‌های اصلی دریافت نور و انجام فتوسنتز هستند. سطح برگ تعیین‌کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و بنابراین تعرق و تولید ماده خشک می‌باشد (۳۶). توسعه برگ از جمله ساس‌ترین فرآیندهایی است که به‌وسیله کمبود آب تحت تأثیر قرار می‌گیرد. فرایند تنظیم سطح برگ، سازوکاری است برای کاهش سطح برگ و کاهش تعرق طی دوره‌ای که گیاه با کمبود آب روبه‌رو است. رشد سلولی در گیاه فرایندی است که نسبت به کمبود آب بسیار حساس است. کاهش آب بافت‌های مریستمی در اثر عدم دسترسی گیاه به آب در طول روز، موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن و توسعه سلول شود. این امر به نوبه خود موجب کاهش ساخت پروتئین‌ها یا ساخت دیواره سلولی و به‌دنبال آن کاهش بزرگ شدن سلول می‌شود که کاهش سطح برگ را به‌دنبال دارد (۳۹). گیاهان در شرایطی که با تنش خشکی مواجه هستند مکانیسم‌های فیزیولوژیکی متفاوتی در راستای کاهش مصرف آب به‌کار می‌گیرند. به‌عنوان مثال، کاهش سطح برگ و حجم گیاه، و محدودیت‌های هدایت روزنه‌ای از مکانیسم‌های اصلی برای تعدیل مصرف آب و کاهش آسیب تحت شرایط تنش خشکی می‌باشند (۳ و ۲۴). در بین ارقام استفاده شده در این آزمایش رقم نورآباد بالاترین شاخص سطح برگ را نشان داد و شاخص سطح برگ دیگر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). به‌طورکلی ارقام محلی گیاهان زراعی با توجه به پتانسیل بالای ژنتیکی و بومی بودن که باعث سازگاری بهتر این ارقام با شرایط محیطی منطقه می‌شود، از قدرت رشد رویشی بالاتر و احتمالاً تولید ماده خشک بیشتر برخوردار هستند. از این‌رو به‌نظر می‌رسد رقم نورآباد نیز به‌خاطر این سازگاری‌ها شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به سایر ارقام را به خود اختصاص داده است.

تعداد گره فعال ریشه فقط تحت تأثیر رقم قرار گرفت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکردی پنج رقم نخود زراعی تحت چهار سطح آبیاری در کشت بهاره در شرایط مزرعه در نورآباد لرستان

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئیدها	شاخص سطح برگ	تعداد گره فعال ریشه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۱۹	۰/۰۳۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۰	۵۱/۸	۲۵۷۰۹۷	۳۰۱۵۰
رژیم آبیاری	۳	۰/۰۸۷*	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲/۵۱**	۲۲۵^{ns}	۹۴۰۵۴۴۳**	۲۹۰۱۱۹۳۲**
خطای اصلی	۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳۸	۱۳۵	۸۴۵۴۶	۲۹۷۶۶
رقم	۴	۰/۰۷۸^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۱/۱۹**	۸۴۹**	۲۶۶۴۷۷*	۱۰۴۶۵۴**
رقم × آبیاری	۱۲	۰/۰۲۶^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۷۷^{ns}	۲۱/۸^{ns}	۹۷۴۸۳^{ns}	۲۸۸۵۳^{ns}
خطای فرعی	۳۲	۰/۰۴۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۴۸	۲۴/۰	۱۰۲۰۳۱	۱۷۱۳۰
ضریب تغییرات (٪)		۲۱/۴	۲۳/۲	۲۴/۶	۱۳/۶	۶/۷	۱۶/۷	۸/۸	۸/۶

ns، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نبودن ومعنی دار بودن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۷. مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکردی پنج رقم نخود زراعی تحت چهار سطح آبیاری در کشت بهاره در شرایط مزرعه در نورآباد لرستان

	پرولین (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کارتنوئیدها (mg/g)	شاخص سطح برگ	تعداد گره فعال ریشه	عملکرد بیولوژیک (kg/h)	عملکرد دانه (kg/h)
رژیم آبیاری								
بدون آبیاری	۱/۱۲^{a}	۰/۴۴۹^{a}	۰/۱۹۷^{a}	۰/۱۸۲^{a}	۲/۷۳^{c}	۳۱/۱^{a}	۲۶۰۶^{d}	۹۱۶^{c}
۷۵	۰/۹۸^{b}	۰/۴۷۲^{a}	۰/۱۹۷^{a}	۰/۱۸۷^{a}	۳/۷۳^{a}	۲۳/۵^{a}	۴۴۸۲^{a}	۱۹۶۴^{a}
۱۰۰	۱/۰۳^{ab}	۰/۴۸۱^{a}	۰/۱۹۷^{a}	۰/۱۸۶^{a}	۳/۳۴^{b}	۳۱/۴^{a}	۳۹۲۳^{b}	۱۶۵۷^{b}
۱۵۰	۰/۹۴^{b}	۰/۴۴۸^{a}	۰/۱۸۸^{a}	۰/۱۹۰^{a}	۳/۲۳^{b}	۳۱/۴^{a}	۳۴۸۵^{c}	۱۵۰۳^{b}
LSD٪۵	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱۷	۱۰/۴	۲۵۹	۱۵۴
رقم								
هاشم	۱/۱۳^{a}	۰/۴۵۵^{a}	۰/۱۹۷^{a}	۰/۱۸۳^{a}	۳/۲۰^{b}	۲۴/۹^{bc}	۳۴۳۰^{b}	۱۳۶۱^{c}
آزاد	۱/۰۲^{ab}	۰/۵۰۰^{a}	۰/۲۱۲^{a}	۰/۱۹۵^{a}	۳/۱۰^{b}	۲۶/۱^{bc}	۳۶۸۹^{ab}	۱۵۵۱^{ab}
آرمان	۰/۹۸^{ab}	۰/۴۲۴^{a}	۰/۱۸۰^{a}	۰/۱۸۱^{a}	۳/۱۳^{b}	۲۳/۲^{c}	۳۶۵۶^{ab}	۱۴۹۳^{b}
ILC-482	۰/۹۱^{b}	۰/۴۵۳^{a}	۰/۱۹۶^{a}	۰/۱۹۶^{a}	۳/۰۴^{b}	۲۸/۶^{b}	۳۵۲۹^{b}	۱۵۳۵^{ab}
نورآباد	۱/۰۵^{ab}	۰/۴۸۱^{a}	۰/۱۸۰^{a}	۰/۱۷۵^{a}	۳/۸۱^{a}	۴۴/۰^{a}	۳۸۱۶^{a}	۱۶۱۰^{a}
LSD٪۵	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۸	۴/۰۴	۲۵۶	۱۰۸

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

(جدول ۶). اگرچه سطوح مختلف آبیاری نتواست سبب تفاوت معنی‌داری در تعداد گره فعال ریشه شود، اما نتایج نشان می‌دهد که در هر دو شرایط تشدید کم آبی (بدون آبیاری) و افزایش رطوبت خاک اطراف ریشه با کوتاه کردن دور آبیاری (سطح آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) تعداد گره ریشه فعال روند کاهشی را نسبت به سطوح آبیاری متوسط (سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) داشت (جدول ۷). محدودیت آبی و تنش خشکی به‌طور مستقیم بر روی دوام، بقاء و گره‌بندی ریشه در خاک تأثیر می‌گذارند. سامیر و همکاران (۳۱) بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش تعداد گره‌های فعال ریشه گیاه نخود می‌گردد. اما با توجه به نتایج مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد علاوه بر کمبود، زیاد بودن رطوبت خاک نیز سبب کاهش هر چند غیر معنی‌دار تعداد گره فعال ریشه گیاه نخود شده است. رقم‌های نورآباد و آرمان به‌ترتیب با متوسط ۴۴ و ۲۳/۲ عدد بیشترین و کمترین تعداد گره فعال ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). به احتمال زیاد دلیل این پاسخ بومی بودن رقم محلی نورآباد و پاسخ بهتر به باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن موجود در خاک منطقه مورد مطالعه باشد.

اثر رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل رژیم آبیاری در رقم برای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۶). اینکه به موازات کوتاه کردن دور آبیاری از اثر تنش خشکی بر روی تولید ماده خشک گیاهان زراعی از جمله نخود کاسته می‌شود دور از انتظار نیست. در مطالعه حاضر سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب افزایش ۷۱/۹، ۵۰/۵ و ۳۳/۷ درصدی در عملکرد بیولوژیک نسبت به سطح بدون آبیاری را نشان دادند (جدول ۵). اثر منفی تنش خشکی بر تجمع ماده خشک را می‌توان به کاهش طول دورهٔ رشد به‌خصوص دورهٔ گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد. اثرات منفی تنش کمبود آب بر عملکرد گیاهان زراعی ممکن است از جنبه‌های متفاوتی صورت گیرد. در مراحل رشد رویشی تنش جزئی می‌تواند سرعت رشد برگ و در نتیجه شاخص سطح برگ را کاهش دهد. از طرف دیگر تنش شدید منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش جذب دی‌اکسید کربن شده و به‌طور غیر مستقیم تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد. البته آسیب مستقیم تنش کمبود آب به ساختارهای سلولی نیز مطرح است. نیاری‌خمسه (۲۸) در بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری (براساس تبخیر از تشت تبخیر) بر روی سه رقم نخود به نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک به موازات طولانی شدن دور آبیاری دست یافت. در آزمایش حاضر دوره پر شدن نیام‌ها و دانه‌های نخود عمدتاً مصادف با نیمه دوم خرداد تا نیمه تیر ماه با میانگین ماهانه حداکثر دمای به‌ترتیب ۲۸ و ۳۴/۷ درجه سیلسیوس بود (جدول ۳). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد هنگامی که گیاه زراعی در معرض کمبود رطوبت طولانی مدت قرار می‌گیرد (مثلاً شرایط دیم بدون آبیاری در آزمایش حاضر) کاهش در عملکرد چشمگیر و عمدتاً در اثر کاهش تعداد دانه در گیاه بوده و نقش اندازه دانه در این ارتباط کمتر است. رقم نورآباد بیشترین و رقم‌های هاشم و ILC-482 کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند که مؤید ظرفیت بالاتر رقم محلی نورآباد در بهره‌گیری از شرایط محیطی منطقه می‌باشد (جدول ۷). برخی مطالعات نتایج مشابهی مبنی بر متفاوت بودن عملکرد بیولوژیک ارقام مختلف گیاهان زراعی را گزارش کردند (۲۸ و ۳۷).

اثر رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل رژیم آبیاری در رقم برای عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۶). سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب افزایش ۱۱۴، ۸۳/۹ و ۶۴/۰ درصدی در عملکرد دانه نسبت به تیمار بدون آبیاری را نشان دادند (جدول ۷). لیپورت و همکاران (۲۲) کاهش ۵۰ تا ۸۰ درصدی عملکرد دانه نخود در اثر تنش خشکی آخر فصل را گزارش کردند. نیاری‌خمسه (۲۸) در بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری بر روی سه رقم نخود به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

نتایج مشابهی مبنی بر افزایش ۸۵/۷، ۲۷/۵ و ۳۷/۶ درصدی عملکرد دانه سطح اول (آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر)، دوم (آبیاری پس از ۷۰ – ۹۰ – ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) و سوم آبیاری (آبیاری پس از ۷۰ – ۱۰۰ – ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) نسبت به سطح چهارم (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) آبیاری دست یافت که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. توماس و همکاران (۳۷) اثر دور آبیاری را در مراحل رویشی، اوایل گل‌دهی و اوایل پر شدن نیام در ماش مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی موجب کاهش عملکرد ماش به‌میزان ۲۵ درصد، در مرحله اوایل گل‌دهی ۳۹ درصد و در اوایل مرحله پرشدن غلاف ۵۹ درصد نسبت به شاهد گردید. آنها بیان داشتند که وقوع تنش در مرحله زایشی و به‌خصوص در اوایل پر شدن غلاف، عملکرد دانه را خیلی شدیدتر از وقوع تنش در مراحل دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد. مصادف شدن مراحل پر شدن نیام و دانه نخود با دماهای بالا سبب کاهش جدی عملکرد دانه آن می‌شود (۳۸) و به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر وقوع دمای بالا و به‌ویژه در دوره‌های آبیاری طولانی‌تر سبب افت جدی عملکرد دانه نخود شده باشد. ارقام هاشم و نورآباد به‌ترتیب با متوسط تولید ۱۳۶۱ و ۱۶۱۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و بیشترین عملکرد دانه را در بین رقم‌های مورد مطالعه به خود اختصاص دادند (جدول ۷). علت برتری رقم محلی نورآباد می‌تواند به سازگاری بالاتر آن با شرایط اقلیمی محل آزمایش، شاخص سطح برگ بالاتر، تعداد بیشتر گره فعال ریشه و در نتیجه ظرفیت تولید ماده خشک بیشتر مربوط باشد (جدول ۷). عملکرد دانه سایر رقم‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). نیاری‌خمسه (۲۸) در مطالعه خود بر روی ارقام مختلف نخود نتایج مشابهی مبنی بر متفاوت بودن عملکرد دانه ارقام نخود را گزارش کرد که با نتایج مطالعه پیش‌رو مطابقت دارد. با عنایت به پاسخ چشم‌گیر عملکرد دانه نخود حتی به آبیاری با دور طولانی در شرایط آزمایش حاضر و با عنایت به یافته‌های سایر محققین (۲۹) مبنی بر اینکه قرار گرفتن نخود در تناوب با غلات سردسیر در شرایط دیم همراه با افزایش راندمان مصرف آب در این تناوب خواهد شد، به‌نظر می‌رسد که پاسخ نخود به رژیم‌های آبیاری به‌ویژه در شرایط اقلیمی لرستان مستحق مطالعات بیشتری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر حکایت از وجود تنوع در پاسخ ارقام نخود هم به وضعیت شوری آب و هم به رژیم رطوبتی خاک دارد. این نتایج راه را برای ادامه آزمایش‌ها در جهت استفاده از ظرفیت این گیاه در تولید منابع غذایی به‌ویژه در شرایط شوری نسبی آب و کم آبیاری هموارتر می‌سازد. براساس یافته‌های این آزمایش با توجه به اینکه رقم ILC-482 در شرایط تنش شوری میزان پرولین و محتوای رطوبت نسبی آب برگ و غلظت پتاسیم بالاتر و در عین حال غلظت یون سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کمتری نسبت به سایر ارقام را داشت و از طرف دیگر با افزایش سطح شوری درصد کاهش کمتری در وزن ماده خشک اندام‌های هوایی را نشان داد، می‌توان بیان کرد که این رقم در برابر سطوح نسبتاً بالای شوری از تحمل بالاتری نسبت به سایر ارقام در مرحله رشد رویشی برخوردار است. علاوه‌بر این، براساس یافته‌های آزمایش مزرعه‌ای می‌توان استنباط کرد که وضعیت رطوبتی خاک تأثیر جدی در رشد و عملکرد دانه نخود بهاره دیم در نورآباد لرستان دارد. کشت رقم نورآباد به‌همراه آبیاری تکمیلی پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر (به‌عبارت دیگر انجام چهار نوبت آبیاری در مراحل حساس رشدی) احتمالاً می‌تواند سبب بهبود چشمگیر عملکرد دانه کشت بهاره نخود در نورآباد لرستان شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

سپاسگزاری

از کمک‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان و تأمین بذر نخود توسط مرکز تحقیقات دیم سرارود استان کرمانشاه قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Anonymous. 2014. National Agriculture Statistics of Iran. Lorestan Province, Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture, Iran.
2. Amirjani, M. R. 2010. Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, and antioxidant enzyms of soybean. *American Journal of Plant Physiology* 5: 350-360.
3. Anyia, A. O. and H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy* 20: 327-339.
4. Benlloch, M., M. A. Ojeda, J. Ramos and A. Rodriguez-Navarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination potassium and sodium in bean plant. *Plant and Soil* 43: 1076-1090.
5. Beck, D. P., L. A. Materon and F. Afandi. 1993. Practical Rhizobium-legume Technology Manual. ICARDA, Aleppo, Syria.
6. Bates, L. S., R. P. Walderen and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
7. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Journal of Agricultural Research* 56: 1159-1168.
8. Chandarashekhar, V., R. Murumkar and D. C. Chavan. 1986. Influence of salt stress on biochemical processes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant and Soil* 96: 439-443.
9. Clark, J. M., T. F. T. Smith, T. N. Mccaig and D. G. Grean. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science* 24: 537-541.
10. Croser J. S., H. J. Clarke, K. H. M. Siddique and T. N. Khan. 2003. Low-temperature stress: implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22: 185-219.
11. Cornic, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. pp. 297-313, *In:* N. R. Baker and J. R. Bowyer (Eds.), Photoinhibition of Photosynthesis. From Molecular Mechanisms to the Field. BIOS, Oxford.
12. Donga, B., L. Shi, C. Shia, Y. Qiaoa, M. Liua and Z. Zhanga. 2011. Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. *Agricultural Water Management* 99: 103-110.
13. Esechie, H. A., A. Al-Saidi and S. Al-Khanjari. 2002. Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188: 155-160.
14. Food and Agriculture Organization. 2012. Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO. Retrieved 2012, from http://www.fao.org/biodiversity.
15. Flowers, T. J. and S. A. Flowers. 2005. Why does salinity pose such a different problem for plant breeders? *Agricultural Water Management* 78: 15-24.
16. Ganjeali, A., S. Joveynipour, H. Porsa and A. Bagheri. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Neyshabour region. *Iranian Journal of Pulses Research* 2: 27-38. (In Farsi)
17. Ganjeali, A., H. Porsa and A. Bagheri. 2011. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research* 2: 65-80. (In Farsi)
18. Ghoulam, C. and K. Fares. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (Beta vulgaris L.). *Seed Science and Technology* 29: 357-364.
19. Graham, P. H. and C. P. Vance. 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiology* 131:872-877.
20. Kafi, M., A. Bagheri, J. Nabati, M. Zare Mehrjerdi and A. Masomi. 2011. Effect of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 1(4): 55-70. (In Farsi)
21. Khaje-hosseini, M., A. A. Powell and I. J. Bingham. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology* 31: 715-725.
22. Leport, L., N. C. Turner, R. J. French, M. D. Barr, R. Duda, S. L. Davies, D. Tennant and K. H. M. Siddique. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy* 11: 279-291.
23. Lichtenthaler, H. K. and W. R. Welburn. 1994. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]

extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591-592.
24. Mitchell, J. H., D. Siamhan, M. H. Wamala, J. B. Risimeri, E. Chinyamakobvu, S. A. Henderson and S. Fukai. 1998. The use of seedling leaf death score for evaluation of drought resistance of rice. *Field Crops Research* 55: 129-139.
25. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment* 25: 239-250.
26. Page, A. L., R. A. Miller and D. R. Keeny. 1982. Methods of Soil Analysis. II. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition, ASA, SSSA, Madison, Wisconsin USA.
27. NasirKhan, M., M. H. Siddiqui, F. Mohammad, M. Masroor, A. Khan and M. Naeem. 2007. Salinity induced change in growth, enzyme activities, photosynthesis, proline accumulation and yield in linseed genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(5):685-689.
28. Niari-khamssi, N. 2011. Grain yield and protein of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under gradual water deficit conditions. *Research Journal of Environmental Sciences* 5: 611-616.
29. Nielsen, D. C. 2001. Production functions for chickpea, field pea and lentil in the Central Great Plains. Agronomy Journal 93: 563-569.
30. Safari, M., S. Malekzadeh Shafaroudi, A. Ganjeali and A. Bagheri. 2011. Study of root and shoot characteristics in reaction to drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 2: 39-52. (In Farsi)
31. Samir, B. R., M. Trabelsi, M. E. Aouani, P. D. Lajudie and R. Mhamdi. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 2568-2572.
32. Singh, A. K. 2005. The physiology of salt tolerance in four genotypes of chickpea during germination. *Journal of Agricultural Science and Technology* 6: 87-93.
33. Singla, R. and N. Garg. 2004. Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 231-235.
34. Sohrabi, Y., G. H. Hidari and B. Esmailpor. 2008. Effect of salinity on growth and yield of desi and Kabuli chickpea cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11: 664-667.
35. Tejera, N. A., M. Soussi and C. Lluch. 2006. Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. *Environmental and Experimental Botany* 58: 17-24.
36. Tesfaye, K., S. Walker and M. Tsubo. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy* 25: 60-70.
37. Thomas, R., M. J. Robertson, S. Fukai and M. B. Peaples. 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. *Field Crops Research* 86: 67-80.
38. Wang, J., Y. T. Gan, F. Clarke and C. L. McDonald. 2006. Response of chickpea yield to high temperature stress during reproduction development. *Crop Science* 46: 2171-2178.
39. Wang, P., R. Sun, J. Hu, Q. Zhu, Y. Zhou, L. Le, J. M. Chen. 2007. Measurements and simulation of forest leaf area index and net primary productivity in northern China. *Journal of Environmental Management* 85: 607-615.
40. Welfare, K., A. R. Yeo and T. J. Flowers. 2002. Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Environmental Pollution* 120: 397-403.
41. Yamaguchi, T. and E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science* 12: 615-620.
42. Zhang, H., M. Pala, T. Oweis and H. Harris. 2000. Water use and water efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 295-304.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.19.5.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.19.69]