تغییر در غلظت برخی یون‌های معدنی، فنولوژی و عملکرد نخود در اثر شوری آب آبیاری در کشت گلدانی

یعقوب خانی کریم‌آبادی، علی غلامی‌زالی، پرویز احسان‌زاده* و جمشید رزمجو

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۳۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۰/۰٤)

چکیده

نظر به اهمیت و گسترش روزافزون دامنه شوری، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در گیاهان زراعی از جمله نخود (*Cicer arietinum* L.) در مناطق مستعد شوری از اهمیت بالایی برخوردار است. بر این اساس، آزمایشی گلدانی به منظور بررسی اثر چهار سطح شوری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرور سدیم) بر شش ژنوتیپ نخود (آرمان، آزاد، هاشم، ILC-482، نورآباد و خرم‌آباد) در دانشگاه صنعتی اصفهان، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش شوری سبب افزایش غلظت سدیم و پتاسیم اندام‌هوایی، تسریع در روز تا ۹۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاهش غلظت کلسیم اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد نیام بارور، تعداد دانه در نیام، وزن خشک کل بوته، شاخص برداشت و وزن دانه تک بوته تمام ژنوتیپ‌های نخود در شدت‌های متفاوتی شد. ژنوتیپ ILC-482 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در پاسخ به شوری، میزان تجمع سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کمتری داشت و همچنین از میزان درصد کاهش کمتری در تجمع پتاسیم اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد نیام بارور، تعداد دانه در نیام، وزن خشک کل بوته، وزن دانه تک بوته و شاخص برداشت برخوردار بود. بر اساس یافته‌های بالا، به نظر می‌رسد که حتی شوری‌های نه چندان شدید ۷۵ و ۵۰ میلی مولار هم اثر منفی چشمگیری بر رشد ژنوتیپ‌های نخود داشته ولی با این حال، ژنوتیپ ILC ٤٨٢–نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نخود از مقاومت نسبی بیشتری به شوری برخوردار است .

واژه‌های کلیدی: کلرور سدیم، ژنوتیپ، وزن دانه تک بوته، نخود زراعی

مقدمه

نخود ایرانی یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات بوده که از نظر اهمیت تولید مواد غذایی در بین حبوبات جایگاه سوم جهانی را با تولید ۱۱/٦ میلیون تن در سطح زیر کشت معادل ۱۳/۲ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است (FAO, 2012). عملکرد دانه نخود در کشورهای در حال توسعه تنها ۷۵ درصد عملکرد آن در کشورهای توسعه یافته است (Graham and Vance ., 2003) که بخش اعظم این تفاوت مربوط به شیوه مدیریت نامطلوب به‌ویژه شرایط محیطی نامناسب تولید گیاهی در این کشورها می‌باشد (Cornic, 1994). گستره وسیع وقوع تنش‌های زنده و غیرزنده، اعمال مدیریت هر چه بهتر و صحیح‌تر در امر تولید گیاهان زراعی از جمله نخود را ضروری می‌سازد. در تمام مناطقی که آبیاری برای تولید محصولات زراعی ضروری است، شور شدن

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ehsanzadehp@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

خاک نیز امری غیرقابل اجتناب می‌باشد که این پدیده به تدریج به یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و ایران تبدیل شده است (Flowers and Flowers, 2005). از این‌رو، شوری به عنوان تنشی که اثر سوء فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و در نهایت اقتصادی بر محصولات کشاورزی دارد به عنوان یک مشکل اساسی در کشاورزی مطرح است (Tabatabaei and Ehsanzadeh, 2016a, b; Yamaguchi and Blumwald, 2005). نخود زراعی یکی از گیاهان حساس به تنش شوری است (Turner *et al.*, 2013; خانی کریم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵). تنش شوری به عنوان یک عامل کاهش دهنده عملکرد نخود در نقاط مختلف جهان شناخته شده است (Pushpavalli *et al.*, 2016). این تنش در گیاهان موجب تأخیر در جوانه‌زنی و افزایش نسبی گیاهچه‌های غیرطبیعی از نظر بنیه می‌شود (Ghoulam and Fares, 2001). گزارش‌های متعددی وجود دارند که نشان می‌دهند تنش شوری در گیاه نخود باعث کاهش وزن گیاهچه (Tejera *et al.*, 2006)، ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد ساقه، وزن خشک ریشه و کاهش گیاهچه‌های استقرار یافته (Welfare *et al.*, 2002; Esechie *et al.*, 2002) می‌شود. علاوه بر این، مطالعه کافی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود نشان داد که با افزایش شوری آب غلظت سدیم، رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین و قندهای محلول افزایش می‌یابد و ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری از میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین و قندهای محلول بیشتری برخوردار بودند. تجمع یون‌های سدیم و کلر سبب ایجاد تنش آبی در سلول‌ها، ممانعت از فعالیت آنزیم‌ها در سیتوپلاسم و کاهش فتوسنتز (اثرات سمی مستقیم بر کلروپلاست) می‌شود (Munns and Tester, 2008; طباطبایی و احسان‌زاده، ۱۳۹٤). گیاه از طریق افزایش تحمل اسمزی و توانایی بافت‌ها ثبات رشد در شرایط تنش شوری (جلوگیری از ورود یون‌های سدیم و کلر از مسیر ریشه، اجتناب از اثرات سمی این یون‌ها در بافت‌های جوان و اندام‌های زایشی به کمک نگه‌داری این یون‌ها در بافت‌های پایینی گیاه و یا تحمل نگه‌داری این یون‌ها در بافت‌های جوان و در حال توسعه) را تعدیل می‌کند (Munns and Tester, 2008). با این وجود، اگرچه شوری از تنش‌های زیان‌باری است که قطعا عملکرد را در گیاه حساس نخود تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما گزارشات متعدد بیان می دارند که به علت وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری می‌تواند راهبرد کلیدی ثبات عملکرد گیاهان زراعی از جمله نخود در مناطق با آب و خاک شور باشد (Turner *et al.*, 2013; Pushpavalli *et al.*, 2016; خانی کریم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵). حال با عنایت به اینکه نخود زراعی یکی از گیاهان زراعی بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک از قبیل ایران می‌باشد، بدون شک در سطح وسیعی از این مناطق تولید بسیاری از گونه‌های زراعی از جمله نخود تحت تاثیر منفی تنش شوری است. بنابراین شناسایی منابع ژنتیکی متحمل به شوری در طراحی شیوه‌های اصلاحی برای تعدیل اثرات نامطلوب ناشی از تنش شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی مراحل رشد، فیزیولوژی، عملکرد و اجزاء عملکرد شش ژنوتیپ نخود زراعی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار به‌صورت گلدانی، در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، انجام شد. در این آزمایش اثر چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار نمک کلرور سدیم) بر شش ژنوتیپ نخود شامل: آرمان، آزاد، هاشم، ILC-482، نورآباد و خرم آباد (جدول ۱) بررسی شد. زمان کاشت بذور اواخر بهمن ماه ۱۳۹۲ بود. کاشت بذور در داخل گلدان‌های به ارتفاع ۲٦/۵ و قطر دهانه گلدان ۲۳/۵ سانتی‌متر انجام شد. گلدان‌ها تا ارتفاع ۲٤ سانتی‌متری از خاک پر شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک استفاده شده در گلدان‌ها در جدول ۲ آمده است. در هر گلدان هشت عدد بذر در عمق دو سانتی‌متری کاشته شد و پس از استقرار به چهار بوته کاهش یافتند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول ۱- منشاء و برخی مشخصات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه

نام ژنوتیپ	تحت عنوان	منشاء	ارتفاع بوته	تیپ بوته	زمان کاشت	واکنش نسبت به برق زدگی
هاشم	Flip84-84c	ایکاردا*	۸۰	ایستاده	پاییزه	مقاوم
آرمان	Flip90-96c	ایکاردا	۵۵	ایستاده	پاییزه	مقاوم
آزاد	Flip93-93c	ایکاردا	٤٧	ایستاده	پاییزه	مقاوم
Ilc-482	-	ترکیه	٤٠	ایستاده	پاییزه	مقاوم
خرم‌آباد	تیپ کابلی	-	۳۵	نیمه‌خزنده	بهاره	حساس
نورآباد	تیپ کابلی	-	۳۵	نیمه‌خزنده	بهاره	حساس

*- International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها

رس	شن	سیلت	بافت	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته گل اشباع
٢٤/٤	٢٦/٣	٥١/٣	سیلتی لوم	۱	۷/۵

همزمان با کشت آبیاری انجام شد. ٦٠ روز پس از آن تنش شوری با شیب ملایم آغاز گردید، به‌طوری که ٦٧ روز پس از کاشت تمام سطوح شوری اعمال شدند. با آغاز تیمار شوری همراه با آب آبیاری میزان یک گرم کود کامل NPK (۲۰-۲۰-۲۰) به تمام گلدان‌ها داده و سه هفته پس از آن مجددا به هر گلدان همراه با آب آبیاری میزان یک گرم کود کامل داده شد. جهت کنترل شوری در طول آزمایش میزان شوری خاک گلدان‌ها توسط دستگاه EC متر در سه نوبت در هر سطح شوری اندازه‌گیری شد. غلظت شوری برآورد شده توسط دستگاه EC متر با غلظت شوری در نظر گرفته شده برای هر سطح تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در طول آزمایش تعداد روز از زمان کاشت تا ۹۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به‌صورت مشاهده ثبت شد. غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی در هشت هفته پس از آغاز تیمار شوری توسط دستگاه فلیم فتومتر (Flame Photometer, Model 410) با استفاده از روش خاکسترگیری خشک تعیین شد (Page *et al*, 1982). در پایان آزمایش از هر واحد آزمایشی دو بوته برداشت شد و ارتفاع بوته، تعداد نیام بارور در بوته، تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه و زیستی دو بوته جدا و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی، پس از برداشت بوته‌ها در انتهای آزمایش، اندام هوایی هر یک از واحدهای آزمایشی در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. سپس به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی دقیق توزین شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار (SAS 9.2) مورد تجزیهٔ آماری قرار گرفت. میانگین‌ها با آزمون حدقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. همچنین ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل شوری در ژنوتیپ بر غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، تعداد روز تا ۹۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۳). در سطح شاهد غلظت سدیم در ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت؛ ولی در سطح شوری ۲۵ میلی‌مولار ژنوتیپ‌های آزاد و ILC-482، سطح ۵۰ میلی‌مولار ژنوتیپ ILC-482 و سطح ۷۵ میلی‌مولار ژنوتیپ‌های هاشم و ILC-482 کمترین غلظت سدیم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها را داشتند (جدول ٤). غلظت کمتر یون سدیم در ژنوتیپ ILC-482 را

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، روز تا۹۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شش ژنوتیپ نخود در سطوح مختلف شوری در شرایط گلدانی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سدیم	پتاسیم	کلسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	روز تا ۹۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
شوری	۳	۰/۰۹**	۰/۱٤۸**	۰/۰۵۲**	٦/۹**	٤٤/۲**	۱۹۱٦**
ژنوتیپ	۵	۰/۰۳۳**	۰/۰۱**	۰/۰۰۷*	۰/۳۸۲**	۱۳۷**	۵٤/۸**
شوری × ژنوتیپ	۱۵	۰/۰۰۸**	۰/۰۰٤**	۰/۰۱۰**	۰/۰۹۸**	۵/۳*	۲۳/۲**
خطا	۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷	۲/۳	۳/٤
ضریب تغییرات		۱۳/۰	۱۱/۰	۱۱/۸	۱۹/۳	۱/۹	۱/۸

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

می‌توان به عنوان یکی از معیارهای تحمل شوری در این ژنوتیپ در نظر گرفت. افزایش انتقال سدیم به اندام هوایی در محیط شور ممکن است به دلیل ضعیف عمل کردن سامانه محدود کننده انتقال سدیم موجود در مرز ریشه به اندام هوایی به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی باشد (Ashraf, 1994). در شرایط وقوع شوری، یون‌هایی مثل سدیم و کلر به داخل لایه‌های هیدراسیونی پروتئین‌ها نفوذ کرده، سبب اختلال در کار این پروتئین‌ها می‌گردند. مسمومیت یونی، تنش اسمزی و کمبود مواد غذایی که در شرایط وقوع شوری رخ می‌دهند، سبب به هم خوردن توان متابولیکی و در پی آن تنش اکسیداتیو می‌شوند. مکانیسم‌های تحمل شوری را می‌توان با کاهش جذب یون سدیم و کلر، کلاته شدن یون‌های فسفر در ریشه، فعال شدن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تنظیم اسمزی مرتبط دانست (Taize and Zeiger, 1998). تجمع یون سدیم در برگ گیاهان منجر به تخریب غشاهای سلولی، کاهش فتوسنتز و کاهش رشد گیاه می‌گردد (Munns, 2003). مطالعه Turner و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه نخود نشان داد که در شرایط شوری تجمع سدیم افزایش پیدا می‌کند. این محققان بر اساس سه آزمایش جداگانه که بر روی نخود جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری انجام دادند، بیان کردند که در کلیه ژنوتیپ‌های نخود حساس و مقاوم با افزایش شوری میزان تجمع سدیم در گیاه نخود افزایش پیدا می‌کند. براساس گزارش Harsharn (۲۰۱۰) با افزایش تنش شوری بر میزان تجمع سدیم در اندام‌های هوایی نخود، جو، گندم و کلزا افزوده شده و در بین این چهار گونه تجمع سدیم در نخود بیشتر از سه گیاه دیگر است. وی نتیجه‌گیری کرد که در بین گونه‌های مورد آزمایش نخود حساسیت بیشتری به تنش شوری دارد.

در سطح اول شوری (شاهد) ژنوتیپ نورآباد کمترین غلظت پتاسیم را داشت و در این سطح سایر ژنوتیپ‌ها، در حالی که غلظت پتاسیم بیشتری را نسبت به ژنوتیپ نورآباد داشتند، با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. در سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار شوری ژنوتیپ‌ها روند یکسانی در غلظت پتاسیم را نشان ندادند، اما در سطح بالای شوری آب آبیاری (۷۵ میلی‌مولار) ژنوتیپ ILC-482 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها غلظت پتاسیم بیشتری داشت (جدول ٤). پتاسیم از عناصر ضروری در تغذیه گیاه و همچنین از عناصر پر تحرک در سطح سلول و کل گیاه می‌باشد. از نقش‌های الکتروشیمیایی این عنصر می‌توان به حفظ تعادل یونی (آنیون- کاتیون) در سلول و در کل گیاه، حفظ وضعیت آب در گیاه (از طریق کاهش مصرف نسبی آب به ازای تولید هر واحد ماده خشک)، باز و بسته شدن روزنه‌ها، انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها و متابولیسم ترکیبات نیتروژنه اشاره کرد (Jones, 1997). Chandarashekhar و همکاران (۱۹۸٦) در بررسی سه سطح شوری صفر، ۵۰، و ۱۰۰ میلی‌مولار در گیاه نخود بیان داشتند که افزایش شوری از صفر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول٤- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ برای صفات غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، روز تا ۹۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری.

شوری (mM)	ژنوتیپ	سدیم (mmol/g)	پتاسیم (mmol/g)	کلسیم (mmol/g)	نسبت سدیم به پتاسیم	روز تا ۹۰ درصد گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوزیک
صفر (شاهد)	آرمان	۰/۰۳۱^{k}	۰/۲۳^{f}	۰/۴۸^{bcd}	۰/۱۳^{j}	۸۶/۲^{a}	۱۱۲^{a}
	آزاد	۰/۰۳۱^{k}	۰/۲۵^{f}	۰/۴۶^{bcde}	۰/۱۲^{j}	۸۴/۵^{ab}	۱۱۳^{a}
	هاشم	۰/۰۳۲^{k}	۰/۲۵^{f}	۰/۴۳^{cdefg}	۰/۱۲^{j}	۸۶/۵^{a}	۱۱۳
	ILC-482	۰/۰۳۲^{k}	۰/۲۲^{f}	۰/۴۰^{efgh}	۰/۱۴^{j}	۸۰/۵^{efg}	۱۱۱^{ab}
	نورآباد	۰/۰۳۱^{k}	۰/۱۷^{g}	۰/۵۷^{a}	۰/۱۸^{j}	۷۸/۰^{ij}	۱۱۲^{ab}
	خرم آباد	۰/۰۳۲^{k}	۰/۲۳^{f}	۰/۵۳^{ab}	۰/۱۴^{j}	۷۷/۵^{ijk}	۱۱۱^{ab}
۲۵	آرمان	۰/۴۰^{ef}	۰/۳۷^{cde}	۰/۴۵^{cdef}	۱/۱^{ef}	۸۱/۰^{defg}	۱۰۳^{d}
	آزاد	۰/۲۰^{j}	۰/۳۸^{cde}	۰/۴۸^{bcd}	۰/۵۳^{i}	۸۳/۵^{bc}	۱۰۹^{bc}
	هاشم	۰/۳۲^{gh}	۰/۳۶^{de}	۰/۴۸^{bcd}	۰/۸۹^{fg}	۸۲/۷^{bcd}	۱۰۹^{c}
	ILC-482	۰/۲۵^{ij}	۰/۴۳^{b}	۰/۳۴^{i}	۰/۵۹^{h}	۷۹/۲^{gh}	۱۰۷^{c}
	نورآباد	۰/۳۱^{gh}	۰/۴۲^{bc}	۰/۳۶^{gh}	۰/۷۶^{gh}	۷۷/۲^{ijk}	۱۰۲^{de}
	خرم آباد	۰/۲۷^{h}	۰/۳۵^{de}	۰/۴۹^{bc}	۰/۷۸^{gh}	۷۶/۲^{jk}	۱۰۰^{ef}
۵۰	آرمان	۰/۵۴^{abc}	۰/۳۹^{bcd}	۰/۳۶^{gh}	۱/٤^{bcd}	۸۲/۵^{bcde}	۹۱/۵^{kl}
	آزاد	۰/۴۱^{ef}	۰/۳۷^{cde}	۰/۳۳^{i}	۱/۲^{de}	۸۱/۰^{defg}	۹۷/۲^{gh}
	هاشم	۰/۳۶^{fg}	۰/۳۶^{de}	۰/۴۰^{efgh}	۱/۰^{ef}	۸۱/۵^{defg}	۹۵/۷^{h}
	ILC-482	۰/۲۹^{h}	۰/۴۲^{bc}	۰/۴۲^{cdefgh}	۰/۷۰^{gh}	۷۷/۲^{ijk}	۹۹/۵^{fg}
	نورآباد	۰/۴۴^{de}	۰/۳۳^{e}	۰/۳۸^{fgh}	۱/۳^{bcd}	۷۷/۷^{ij}	۹۴/۲^{ij}
	خرم آباد	۰/۴۴^{de}	۰/۳۹^{bcd}	۰/۳۸^{fgh}	۱/۲^{cde}	۷۵/۵^{k}	۹۷/۵۰^{gh}
۷۵	آرمان	۰/۵۸^{a}	۰/۴۱^{bc}	۰/۴۲^{defgh}	۱/۴^{bcd}	۸۲/۲^{cdef}	۸۹/۰^{l}
	آزاد	۰/۵۱^{bc}	۰/۳۷^{cde}	۰/۳۵^{h}	۱/٤^{bcd}	۸۱/۷^{cdef}	۹۱/۵^{kl}
	هاشم	۰/۵۰^{cd}	۰/۳۶^{de}	۰/۳۸^{fgh}	۱/٤^{bcd}	۸۰/۲^{fgh}	۹۳/۲^{ijk}
	ILC-482	۰/۴۴^{de}	۰/۴۸^{a}	۰/۳۸^{fgh}	۰/۹۱^{fg}	۷۸/۲^{hj}	۹۷/۷^{gh}
	نورآباد	۰/۵۶^{ab}	۰/۳۳^{e}	۰/۳۷^{gh}	۱/۷^{a}	۷۷/۷^{ij}	۹۳/۲^{ijk}
	خرم آباد	۰/۵۶^{ab}	۰/۳۸^{bcd}	۰/۳۹^{fgh}	۱/۵ ^{ab}	۷۶/۵^{jk}	۹۳/۰^{jk}

در هر ستون تفاوت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

به ۵۰ میلی مولار باعث افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه نخود می‌شود، ولی با افزایش شوری از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌مولار از غلظت پتاسیم کاسته می‌شود. در مطالعه‌ی Turner و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه نخود تنش شوری تاثیر معنی‌داری بر تجمع پتاسیم نداشت. مطالعه Hussain و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گونه *Cassia absus* با سه سطح هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۰، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نتایج مشابهی مبنی بر افزایش تجمع پتاسیم با افزایش شوری را نشان داد.

غلظت کلسیم با افزایش میزان شوری (بجز سطح ۲۵ میلی‌مولار شوری) در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، به‌طوری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

ژنوتیپ‌های نورآباد (۳۷ درصد) و ILC-482 (۵ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش در سطح ۷۵ میلی‌مولارشوری نسبت به سطح شاهد را داشتند (جدول ٤). غلظت بالای کلسیم می‌تواند نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی به سدیم را کاهش دهد. بنابراین کاهش در نفوذپذیری غشا به سدیم در نتیجه افزودن کلسیم، تجمع سدیم در ریشه را کاهش می‌دهد (Cramer *et al.*, 1985). همچنین، کلسیم از طریق بستن کانال‌های کاتیونی به طور غیرمستقیم بر جذب کلر نیز موثر است. وجود کلسیم در محیط رشد گیاه باعث کاهش اثر منفی نمک بر گیاه می‌شود، زیرا این یون باعث حفظ نسبت مناسب سدیم به پتاسیم می‌گردد (Plieth, 2005). مطالعه انجام شده توسط Hussain و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی مبنی بر کاهش غلظت کلسیم با افزایش شوری را نشان داد.

در سطح شاهد ژنوتیپ‌های نخود از نظر نسبت سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری را نداشتند ولی در سطح ۲۵ میلی‌مولار شوری ژنوتیپ آزاد و در سطوح۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار شوری ژنوتیپ ILC-482 کمترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم را داشتند (جدول ٤). مطالعه Harsharn (۲۰۱۰) بر روی گونه‌های مختلف از جمله نخود نشان داد که با افزایش شوری بر میزان نسبت سدیم به پتاسیم افزوده می‌شود و این افزایش از عواملی است که باعث کاهش وزن خشک گیاه می‌شود. در آزمایشی که Benlloch و همکاران (۱۹۹٤) در شرایط شور بر روی لوبیا انجام دادند، بیان داشتند که در مقادیر زیاد سدیم، از جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم در گیاه ممانعت به عمل می‌آید که نتیجه آن افزایش میزان نسبت سدیم به پتاسیم بافت‌های گیاه است. در سطوح شاهد و ۲۵ میلی‌مولار شوری ژنوتیپ‌های هاشم و آزاد دیرتر از سایر ژنوتیپ‌ها به رسیدگی فیزیولوژیک رسیده‌اند که می‌تواند نشان دهنده دیررس بودن این دو ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها باشد (جدول ٤). به نظر می‌رسد، با توجه به همبستگی ($r=۰/۵۷^{**}$) مثبت و معنی‌دار بین روز تا ۹۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در مطالعه حاضر شوری به واسطه تسریع در روز تا ۹۰ درصد گلدهی روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را کاهش داده است. در ارتباط با تاثیر تنش شوری بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک همانند روز تا ۹۰ درصد گلدهی گزارشات متناقضی وجود دارد. مطالعه Pushpavalli و همکاران (۲۰۱٦) در ارتباط با تاثیر تنش شوری بر مراحل مورفولوژیک گیاه نخود، تاخیر در شروع گلدهی و به تبع آن روز تا سیدگی فیزیولوژیک را گزارش کردند. این در حالی است که نتایج دیگر محققین نتایج مشابهی با مطالعه حاضر مبنی بر کاهش مراحل گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را نشان می‌دهد (Turner *et al.*, 2013).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری و ژنوتیپ بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل شوری در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۵). ارتفاع بوته با افزایش شوری کاهش یافت، به‌طوری که سطوح شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار در مقایسه با سطح شاهد به ترتیب سبب کاهش ۷/۷، ۱۰/۳ و ۱۳/۱ درصدی ارتفاع بوته شدند (شکل ۱(a)). تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها به منظور افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و کمک به جذب بهتر آب و مواد غذایی در شرایط تنش را می‌توان از جمله دلایل محتمل کاهش ارتفاع بوته در شرایط شور ذکر کرد (Noble *et al.*, 1978). تنش شوری به واسطه تجمع یون‌های سدیم و کلر سبب ایجاد تنش آبی در سلول‌ها، ممانعت از فعالیت آنزیم‌ها در سیتوپلاسم و کاهش فتوسنتز (اثرات مستقیم سمی در کلروپلاست) می‌شود (Munns and Tester, 2008). به‌نظر می‌رسد در مطالعه حاضر نیز تنش شوری احتمالا به واسطه ایجاد تنش آبی و سمی با تاثیر منفی بر اجزاء فتوسنتزی و کاهش تخصیص و تقسیم مواد فتوسنتزی سبب کاهش ارتفاع بوته شده است. ژنوتیپ‌های هاشم و نورآباد به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را در بین ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این آزمایش داشتند (شکل ۱ (b)). به نظر می‌رسد تفاوت ارتفاع بوته بین ژنوتیپ ها با تنوع ژنتیکی موجود در بین ژنوتیپ‌ها در ارتباط باشد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل شوری در ژنوتیپ بر تعداد نیام بارور در بوته، تعداد

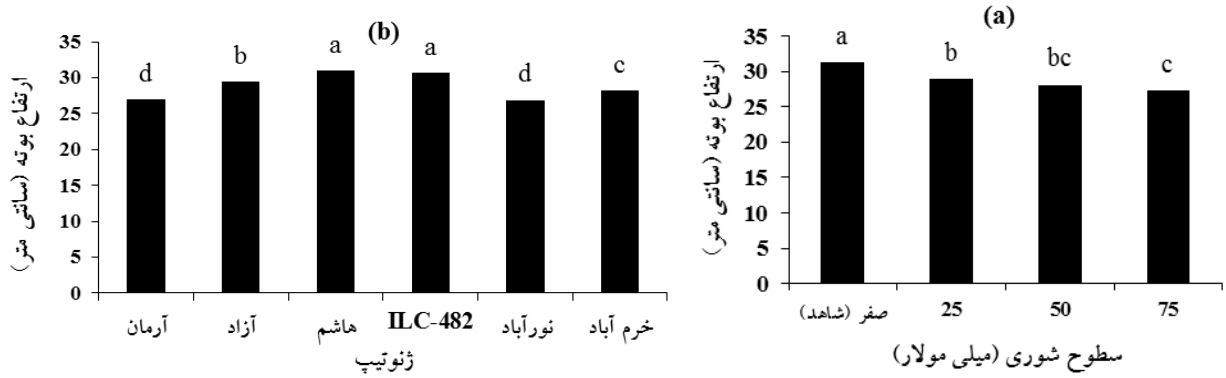
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد نیام بارور، تعداد دانه در نیام، وزن خشک کل و دانه تک بوته و شاخص برداشت شش ژنوتیپ نخود در سطوح مختلف شوری در شرایط گلدانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد نیام بارور در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن خشک تک بوته	وزن دانه تک بوته	شاخص برداشت
شوری	۳	۷۶/۷**	٤۱۹**	٤/۵۳**	۸۷/۷**	۳۱/۲**	۷۰۲٤**
ژنوتیپ	۵	۵۱/۳**	۷۸/٦**	۰/٤۰۱**	۱۵/۷**	٤/٤۹**	۷٦۲**
شوری × ژنوتیپ	۱۵	۲/۹۳^{ns}	۱۳/۵**	۰/۳۳٤**	۰/۷۹٤**	۰/٦۷۰**	۸٦/۵**
خطای آزمایشی	۷۲	۲/۷۵	۱/۲۹	۰/۱۷٦	۰/۳۳۹	۰/۰۵	۲۱/۱
ضریب تغییرات (٪)		۵/۷	۲۳/۷	٦/۲	۱٤/۷	۲۱/۳	۲۳/۷

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



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر ارتفاع بوته(a) و مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته (b) میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

دانه در نیام، وزن خشک کل تک بوته، وزن دانه تک بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در سطح ۷۵ میلی‌مولار شوری به‌جز ژنوتیپ-ILC 482که ۳/۵ نیام بارور را داشت مابقی ژنوتیپ‌ها نیام باروری تولید نکردند (جدول ٦). با این حال در سطح شاهد شوری ژنوتیپ خرم‌آباد تعداد نیام بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. ژنوتیپ آرمان که تعداد نیام بارور کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت در سطح سوم شوری نیام باروری را تولید نکرد که می‌تواند نشان دهنده حساسیت زیاد این ژنوتیپ به شوری باشد (جدول ٦). تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در شرایط تنش شوری به شمار می‌روند (Turner *et al.*, 2013 ;Pushpavalli *et al.*, 2016 ;Vadez *et al.*, 2007). کاهش فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن و کربن دلیل اصلی کاهش اجزای تشکیل دهنده عملکرد تحت شرایط تنش شوری است (طباطبایی و احسان‌زاده، ۱۳۹۵). با افزایش شوری بر میزان دانه‌های عقیم و گل‌های نابارور افزوده می‌شود که در نهایت باعث کاهش تعداد نیام‌های بارور می‌شود، و حتی در برخی موارد سبب کاهش اندازه نیام‌های بارور می‌شود (Turner *et al.*, 2013 ;Pushpavalli *et al.*, 2016). در واقع عملکرد تک بوته در شرایط تنش شوری با توانایی گیاه در حفظ نیام‌های بارور در ارتباط است (Vadez *et al.*, 2007 ;Singla and Garg, 2005). مطالعه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل تعداد دانه در نیام، تعداد نیام بارور ، وزن خشک کل و دانه تک بوته و شاخص برداشت شش ژنوتیپ نخود در سطوح مختلف شوری در شرایط گلدانی.

شوری (mM)	ژنوتیپ	تعداد دانه در نیام	تعداد نیام بارور	وزن خشک کل (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم بر بوته)	شاخص برداشت (٪)
صفر (شاهد)	آرمان	۱/۱^{c}	۵/۵^{fg}	۵/۱^{cd}	۱/۵۰^{e}	۳۰^{def}
	آزد	۱/۰^{cd}	۷/۶^{cd}	۶/۰^{b}	۲/۲۴^{cd}	۳۷^{bc}
	هاشم	۱/۲^{b}	۶/۹^{def}	۵/۷^{bc}	۲/۰۷^{d}	۳٦^{bcd}
	ILC-482	۱/۰^{cd}	۱۲/۲^{b}	۸/۳^{a}	۳/۵۰^{a}	٤۲^{b}
	نورآباد	۱/۰^{cd}	۸/۵^{c}	۶/۵^{b}	۲/۴۱^{c}	۳۸^{bc}
	خرم آباد	۱/۲^{b}	۱۵/۲^{a}	۷/۶^{a}	۳/۷۵^{a}	٤۹^{a}
۲۵	آرمان	۱/۰^{cd}	۲/۷^{ij}	۲/۷^{g}	۰/۳۷^{ij}	۱٤^{g}
	آزد	۱/۱^{cd}	۶/۰^{efg}	۳/۵^{f}	۰/۸۵^{gh}	۲٤^{f}
	هاشم	۱/۰^{cd}	۸/۰^{cd}	۴/۵^{de}	۱/۱۶^{fg}	۲۵^{ef}
	ILC-482	۱/۰^{d}	۱۳/۲^{b}	۶/٦^{b}	۲/۷۴^{b}	٤۱^{b}
	نورآباد	۱/۱^{cd}	۶/۵^{def}	۴/۱^{ef}	۱/۲۰^{ef}	۲۹^{ef}
	خرم آباد	۱/۳^{a}	۷/٤^{cde}	۳/۹^{ef}	۱/۲۵^{ef}	۳۲^{cde}
۵۰	آرمان	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۱/۹^{gh}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}
	آزد	۱/۰^{d}	۱/۵^{jk}	۲/۴^{g}	۰/۰۹۵^{jk}	۳^{h}
	هاشم	۱/۰^{d}	۱/۵^{jk}	۲/٤^{gh}	۰/۱۰۵^{ik}	٤^{h}
	ILC-482	۱/۰^{d}	۴/۷^{gh}	۴/۳^{def}	۱/۱۲^{fg}	۲٦^{ef}
	نورآباد	۱/۰^{d}	۲/۰^{ij}	۲/۵^{g}	۰/۱۵^{jk}	۵/۹^{h}
	خرم آباد	۱/۰^{d}	۲/۲۵^{ij}	۲/۶۶^{g}	۰/۱۶^{jk}	٦^{h}
۷۵	آرمان	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۱/٦^{h}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}
	آزد	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۱/۹^{gh}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}
	هاشم	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۲/۰ ^{gh}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}
	ILC-482	۱/۰^{d}	۳/۵^{h}	۳/۸^{ef}	۰/۶۰^{h}	۱۵^{g}
	نورآباد	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۲/۵^{g}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}
	خرم آباد	۰/۰^{e}	۰/۰^{k}	۲/۲^{gh}	۰/۰۰^{k}	۰/۰۰^{h}

در هر ستون تفاوت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

Pushpavalli و همکاران (۲۰۱٦) بر روی ژنوتیپ‌هایی نخود نشان داد که اثر تنش شوری در کاهش تعداد نیام بارور ژنوتیپ‌های مختلف نخود متفاوت است. نتایج این مطالعه نشان داد که این کاهش از ٤۸ تا ۸۹ درصد در ژنوتیپ‌هایی حساس و ۱۳ تا ٤۳ درصد در ژنوتیپ‌هایی مقاوم متفاوت است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. علاوه بر این، نتایج برخی تحقیقات دیگر نیز در گیاه نخود نتایج مشابهی مبنی بر کاهش معنی‌دار تعداد نیام ژنوتیپ‌های نخود در پاسخ به سطوح مختلف شوری را تائید می‌کند (Chandarashekhar *et al*, 1986 ;Singla and Garg, 2005 ;Sohrabi *et al.*, 2008).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

تعداد دانه در نیام در شرایط تنش شوری یکی از مهم‌ترین اجزای تعیین کننده عملکرد دانه به شمار می‌رود (Singla and Garg, 2005 ;Sohrabi *et al.*, 2008). در سطح شاهد شوری ژنوتیپ‌های هاشم و خرم‌آباد بیشترین تعداد نیام بارور را داشتند و در سطح ۲۵ میلی مولار شوری ژنوتیپ خرم‌آباد بیشترین تعداد دانه در نیام را داشت (جدول ٦). تولید بیشترین تعداد دانه در نیام (۱ عدد) در سطح ۷۵ میلی‌مولار شوری توسط ژنوتیپ ILC-482 در بین شش ژنوتیپ مورد استفاده می‌تواند مدرک دیگری برای مقاومت نسبی این ژنوتیپ نسبت به تنش شوری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها باشد (جدول ٦). به نظر می‌رسد، در مطالعه حاضر تنش شوری به واسطه کاهش ارتفاع بوته ناشی از تاثیر منفی بر رشد سلولی و اختلال در توزیع و تخصیص مواد فتوسنتزی منجر به کاهش تعداد گل در بوته و به دنبال آن کاهش تعداد نیام بارور در بوته و تعداد دانه در نیام شده است. در مورد این صفت باید این نکته در نظر گرفته شود که بیشتر ژنوتیپ‌ها در سطح ۷۵ میلی‌مولار شوری نیام تولید نکردند که تعداد نیام در دانه اندازه‌گیری شود و در سطح سوم شوری هم ژنوتیپ آرمان تولید دانه‌ای نداشت.

کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است به علت کاهش توانایی گیاه در جذب آب، افزایش سمیت ناشی از تجمع یون‌های کلر و سدیم، جلوگیری از هیدرولیز، ذخیره و انتقال مواد فتوسنتزی برای رشد اندام‌های هوایی باشد (Munns, 2003). کاهش‌های ۲۱، ٤٨ و ٥٤ درصدی وزن خشک کل تک بوته ژنوتیپ ILC-482 تحت شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار شوری که از کاهش متناظر در سایر ژنوتیپ ها کمتر می‌باشد موید تحمل نسبی این ژنوتیپ در مقابل شوری است (نتایج ارائه نشده). رفتار این ژنوتیپ از نظر غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد نیام بارور در بوته و تعداد دانه در نیام در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود هم موید همین امر است (جدول ٤ و جدول ٦). مطالعه Harsharn (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش شوری بر روی نخود، جو، گندم و کلزا نشان داد که تنش شوری وزن خشک کلیه گیاهان مورد بررسی را کم کرده است و در بین آنها بیشترین کاهش وزن خشک بر اثر شوری مربوط به گیاه نخود بود. وی همچنین بیان کرد که گیاه نخود در بین گونه‌های مورد مطالعه بیشترین کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را داشته و از این رو گیاه نخود را بسیار حساس به شوری توصیف کرد. وزن دانه تک بوته ژنوتیپ خرم‌آباد در سطح شاهد بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بوده و با توجه به حساسیت زیاد این ژنوتیپ به تنش شوری کاهش جدی وزن دانه تک بوته در آن در شرایط شور باعث شده که در کل میانگین وزن دانه تک بوته کمتری نسبت به ژنوتیپ ILC-482 را داشته باشد. کاهش ۲۰، ۷۰ و ۸۵ درصدی وزن دانه تک بوته ژنوتیپ ILC-482 تحت شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۰ میلی‌مولار در مقایسه با کاهش ۷۵ و ۱۰۰ درصدی ژنوتیپ آرمان تحت شوری ۲۵ و ۵۰ باعث شد این فرضیه تقویت شود که ژنوتیپ ILC-482 در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده مقاوم‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ آرمان حساس‌ترین ژنوتیپ به شوری بوده است (جدول ٦). اثرات نامطلوب شوری در کاهش عملکرد دانه نخود می‌تواند ناشی از اختلال در فرآیندهای متابولیکی سنتز ساکاروز، افزایش تولید آبسیزیک اسید و یا کاهش تولید سیتوکینین باشد (Pushpavalli *et al.*, 2016). مطالعه قاسمی-گلعذانی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن دانه و عملکرد نخود می‌شود و پاسخ ژنوتیپ‌ها به تنش شوری متفاوت است، به‌طوری که در این مطالعه ژنوتیپ‌های ILC-482 و جم مقاومت بیشتری را به تنش شوری نشان دادند. همچنین در این مطالعه بیان شد که یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد دانه نخود در شرایط شور کاهش وزن دانه‌ها در این سطوح نسبت به سطح شاهد می‌باشد. علاوه بر این، در مطالعه‌ای دیگر، ژنوتیپ ILC-1919 بیشترین مقاومت را به شوری نشان داد، به‌طوری که در سطوح بالای شوری که باعث کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک سایر ژنوتیپ‌های شده وزن خشک این ژنوتیپ تنها با کاهش ۱۵ درصدی همراه بوده است (Tejera *et al*, 2006). مطالعه Turner و همکاران (2013) بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود نشان داد که شوری به‌طور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری در شرایط گلدانی

	صفت	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱	روز تا ۹۰ درصد گلدهی	۱										
۲	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۰/۵۷**	۱									
۳	ارتفاع	۰/٤٥**	۰/٦٨**	۱								
٤	نیام بارور	۰/٤٧**	۰/۸۸**	۰/٦۰**	۱							
٥	دانه در نیام	۰/٥۹**	۰/۸۷**	۰/٥۳**	۰/۸۰**	۱						
٦	عملکرد بیولوژیک	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۳۸**	۱					
۷	عملکرد دانه	۰/٤٦**	۰/۸۸**	۰/۷۱**	۰/۷۱**	۰/٦۷**	۰/۲٤*	۱				
۸	شاخص برداشت	۰/٥۱**	۰/۹۲**	۰/۷۲**	۰/۸۸**	۰/۷۲**	۰/۱٤^{ns}	۰/۹۹**	۱			
۹	تجمع سدیم	-۰/٥۱**	-۰/۷۹**	-۰/٦۰**	-۰/۷٥**	-۰/٦۸**	-۰/۱٤^{ns}	-۰/۸٥**	-۰/۸٦**	۱		
۱۰	تجمع پتاسیم	-۰/٥۱**	-۰/۷۹**	-۰/٦۰**	-۰/۷٥**	-۰/٦۸**	-۰/۱٤^{ns}	-۰/۸٥**	-۰/۸٦**	۱**	۱	
۱۱	تجمع کلسیم	۰/۳۳**	۰/٥۷**	/۳٥**	۰/٦٦**	۰/٦۳**	-۰/۲۱^{ns}	۰/٥۰**	۰/٥٤**	-۰/٤۷**	-۰/٤۷**	۱
۱۲	نسبت سدیم به پتاسیم	-۰/۳۹**	-۰/۸۷**	-۰/۷۲**	-۰/۸٥**	-۰/۷۲**	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۹۰**	۰/۹۱**	۰/۷۱**	۰/۷۱**	۰/٤۷**

معنی‌داری عملکرد دانه نخود را کم کرده بود و ژنوتیپ‌های نخود از این نظر تنوع زیادی دارند. به‌طور کلی شوری از تنش‌های زیان باری است که عملکرد را در گیاه حساس نخود تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مطالعه حاضر نیز به موازات افزایش تنش شوری تعداد نیام بارور، تعداد دانه در نیام و وزن دانه تک بوته به شدت کاهش یافت، اما کاهش یاد شده بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. در سطح ۷۵ میلی‌مولار شوری بیشتر ژنوتیپ‌های مورد استفاده بجز ژنوتیپ ILC-482 تا آن حد از شوری آسیب دیدند که تولید دانه در آنها متوقف شد. غلظت سدیم در این ژنوتیپ کمترین و غلظت پتاسیم بیشترین میزان را در بین کل ژنوتیپ‌های مورد استفاده داشت که ظاهرا همین نحوه تنظیم غلظت یون‌ها مقاومت این ژنوتیپ به شوری را به دنبال داشته است (نتایج ارائه نشده است). به‌علاوه زمان تا رسیدگی این ژنوتیپ در سطوح مختلف شوری طولانی‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بوده است که احتمالا فرصت کافی را برای پر کردن دانه در این ژنوتیپ فراهم کرده است (نتایج ارائه نشده است). در بررسی اثر شوری بر عملکرد نخود در سطوح مختلف شوری مشخص شد که شوری به‌طور چشم‌گیری عملکرد دانه را کاهش می‌دهد، که دلیل این کاهش عملکرد به دلیل کاهش وزن دانه‌ها و کاهش تعداد نیام بارور بیان شده است (Singla and Garg, 2005 ;Sohrabi *et al.*, 2008). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن دانه تک بوته با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (r=۰/۸۸**)، ارتفاع بوته (r=۰/۷۱**)، تعداد نیام بارور (r=۰/۷۱**) و تعداد دانه در نیام (r=۰/٦۷**) (جدول ۷)، به نظر می‌رسد طولانی‌تر شدن طول دوره رشد سبب افزایش کل ماده خشک، طولانی‌تر شدن زمان پر شدن دانه و یا رشد میوه و در نتیجه تولید دانه یا میوه شده است. همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/۸٥**) بین وزن دانه تک بوته و غلظت سدیم حکایت از آن دارد که توانایی ژنوتیپ‌ها در ممانعت از جذب یون سدیم با ظرفیت تولید ماده خشک و دانه آنها در شرایط شور مرتبط بوده و همین امر می‌تواند عملکرد دانه بیشتر ژنوتیپ ILC-482 در شرایط شوری را توجیه کند. پایین نگه داشتن نسبت سدیم به پتاسیم تحت شرایط شوری در مطالعات متعددی بر روی گونه‌های گیاهی مختلف از جمله گندم‌های تتراپلوئید (Ehsanzadeh *et al.*, 2009 ;Tabatabaei and Ehsanzadeh, 2016 a, b)، بزرک (کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۵) و حتی نخود (خانی کریم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵) مرتبط با تحمل شوری دانسته شده است. اگرچه در مطالعه حاضر اندازه‌گیری اسمولیت‌ها و آنتی اکسیدان‌ها صورت نگرفت، ولی محققین فوق‌الذکر گزارش کردند که ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به شوری در گونه‌های مختلف گیاهی گذشته از پایین نگه داشتن نسبت سدیم به پتاسیم ممکن است هم بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بیافزایند و هم با تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

محلول و تنظیم اسمزی از اثرات زیان‌بار شوری بکاهند.

ژنوتیپ‌های نخود در شرایط شاهد (بدون شوری) شاخص برداشت‌های در محدوده ۳۰ (آرمان) تا ٤۹ درصد (خرم‌آباد) داشتند، ولی در شوری ۵۰ میلی‌مولار ژنوتیپ‌های ILC-482 و آرمان به ترتیب با ۲٦ و کمتر از یک درصد بیشترین و کمترین میانگین شاخص برداشت را داشتند (جدول ٦). به نظر می‌رسد تاثیر منفی شوری بر شاخص برداشت با کاهش تخصیص تولیدات فتوسنتزی به دانه در ارتباط باشد، به‌طوری که در ژنوتیپ‌های حساس به شوری عرضه ناکافی مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شاخص برداشت را با شدت بیشتری کاهش می‌دهد (Singla and Garg, 2005).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژهش می‌توان بیان داشت که به طور کلی تنش شوری سبب افزایش غلظت سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کاهش قابل ملاحظه‌ای در تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و به دنبال آن عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه حساس به شوری نخود می‌شود. علاوه بر این، ژنوتیپ ILC-482 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها با افزایش شوری میزان تجمع سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کمتری داشت و از اینرو از میزان درصد کاهش کمتری در تجمع پتاسیم اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد نیام بارور، تعداد دانه در نیام، وزن خشک کل تک بوته، وزن دانه تک بوته و شاخص برداشت برخوردار بود.

تقدیر و تشکر

از کمک‌های مالی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و تامین بذر نخود توسط مرکز تحقیقات دیم سرارود استان کرمانشاه قدردانی می‌شود.

منابع:

خانی کریم‌آبادی، ی.، غلامی‌زالی، ع.، احسان‌زاده، پ.، رزمجو، ج.، عشقی‌زاده، ح. ر. و عیسوند، ح. ر. (۱۳۹۵) بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) به رژیم آبیاری و شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱۹(٦): ٦۹-۸٤.

طباطبایی، س.، احسان زاده، پ. (۱۳۹۵) اثر شوری و باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه گندم تتراپلوئید پوشینه‌دار در مقایسه با گندم دوروم. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۲۰(٦): (در دست چاپ).

قاسمی‌گلعذانی، ک.، روزبه، ب.، شکیبا، م. ر. و نصراله‌زاده، ص. (۱۳۸۹) اثر تنش شوری بر کیفیت بذر نخود. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲: ٤۱-٤۸.

کافی، م.، نباتی، ج.، باقری، ع.، زارع مهرجردی، م. و علی معصومی (۱۳۸۹). بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک ۱۱ ژنوتیپ نخود در محیط هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ٤: ۵۵-٦۹.

کدخدائی، ا.، فتح اللهی، س.، احسان زاده، پ. (۱۳۹۵). رشد و عملکرد ژنوتیپ های گیاه دانه روغنی بزرک تحت تأثیرتنش های شوری و کمبود آب. فرآیند و کارکرد گیاهی ۵: ۵۷-۷۰.

Ashraf, M. (1994) Breeding for salinity tolerance in plant. Critical Reviews in Plant Sciences 13: 17-42.

Benlloch, M., Ojeda, M. A., Ramos, J. and Rodriguez-Navarro, A. (1994) Salt sensitivity and low discrimination potassium and sodium in bean plant. Plant & Soil 43: 1076- 1090.

Chandarashekhar, V., Murumkar, R. and Chavan, D. C. (1986) Influence of salt stress on biochemical processer in chickpea (*Cicer aretinum* L.). Plant & Soil 96: 439-443.

Cornic, G. (1994) Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. In. Photoinhibition of Photosynthesis. From Molecular Mechanisms to the Field: Baker, N. R. and Bowyer, J. R. (Eds). BIOS: Oxford, p. 297-313.

Cramer, G. R., Lauchli, A. and Polito, V. S. (1985) Displacement of Ca^{2+} by $2Na^{+}$ from the plasmalema of root cells: a primary response to salt stress. Plant Physiology 79: 207-211.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

Ehsanzadeh P., Sabagh Nekoonam, M., Nouri azhar, J., Pourhadian, H. and Shaydaee, S. (2009) Growth, chlorophyll and cation concentration of tetraploid wheat on a solution high in sodium chloride salt: hulled versus free-threshing genotypes. Journal of Plant Nutrition 32: 58-70.

Esechie, H. A., Al-Saidi, A. and Al-Khanjari, S. (2002) Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 155-160.

Flowers, T. J., and Flowers, S. A. (2005) Why does salinity pose such a different problem for plant breeders? Agricultural Water Management 78: 15-24.

Food and Agriculture Organization. (2012) Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO. Retrieved 2012, from http://www.fao.org/biodiversity.

Ghoulam, C. and Fares, K. (2001) Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Seed Science and Technology 29: 357-364.

Graham, P. H. and Vance, C. P. (2003) Legumes: importance and constraints to greater use. Plant Physiology 131:872-877.

Harsharn, S. G. (2010) Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agricultural Water Management 97: 148-156.

Hussain, K. H., Majeed, A. and Farrukh-Nisar, M. (2009) Growth and ionic adjustmets of Chaksu (*Cassia absus* L.) under NaCl stress. Journal of Agriculture and Environmental Sciences 6: 557-560.

Jones, G. B. (1997) Hydroponics, a partical guide for the soilless grower. St. Luci Press. Boca Raton, Florida.

Khaje-hosseini, M., Powell, A. A. and Bingham, I. J. (2003) The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. Seed Science and Technology 31: 715-725.

Munns, R. (2003) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment 25: 239-250.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59:651-681.

Noble, C. L., Halloran, G. M. and West, D. W. (1978) Identification and selection for salt tolerance in Lucerne (*Medicago sativa* L.). Australian Journal of Agricultural Research 35: 239-245.

Page, A. L., Miller, R. A. and Keeny, D. R. (1982) Methods of soil analysis. II. Chemical and microbiological properties, 2nd ed., ASA, SSSA, Madison, Wisconsin USA, P. 1159.

Plieth, C. (2005) Calcium: just another regulator in the machinery of life? Annals of Botany 96: 1-8.

Pushpavalli, R., Quealy, J., Colmer, T. D., Turner, N. C., Siddique, K. H. M., Rao, M. V. and Vadez, V. (2016) Salt stress delayed flowering and reduced reproductive success of Chickpea (*Cicer arietinum* L.), a response associated with Na^+ accumulation in leaves. Journal of Agronomy and Crop Science 202: 125-138.

Singla, R. and Garg, N. (2005) Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 231-235.

Sohrabi, Y., Heidari, G. and Esmailpoor, B. (2008) Effect of salinityon growth and yield of desi and kabuli chickpea cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 664-667.

Tabatabaei S. S. and Ehsanzadeh, P. (2016a) Comparative response of a hulled and a free-threshing tetraploid wheat to plant growth promoting bacteria and saline irrigation water. Acta Physiologiae Plantarum 38: Doi 10.1007/s11738-015-2056-8.

Tabatabaei S. S. and Ehsanzadeh, P. (2016b) Photosynthetic pigments, ionic and antioxidative behaviour of hulled tetraploid wheat in response to NaCl. Photosynthetica 54: Doi 10.1007/s11099-016-0083-3.

Taize, L. and Zeiger, E. (1998) Plant physiology. 2nd Ed., Massachusetts: Sinauar Associates, Inc. Pub.

Tejera, N. A., Soussi, M. and Lluch, C. (2006) Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. Environmental and Experimental Botany 58: 17-24.

Turner, N.C., Colmer, T. D., Quealy, J., Pushpavalli, R., Krishnamurthy, L., Kaur, J., Singh, G., Siddique, K. H. M. and Vadez, V. (2013) Salinity tolerance and ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. Plant and Soil 365: 347-361.

Vadez, V., Krishnamurthy, L., Serraj, R., Gaur, P. M., Upadhyaya, H. D., Hoisington, D. A., Varshney, R. K., Turner, N. C. and Siddique, K. H. M. (2007) Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. Field Crops Research 104: 123–129.

Welfare, K., Yeo, A. R. and Flowers, T. J. (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.

Yamaguchi, T. and Blumwald, E. (2005) Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in Plant Science 12: 615-620.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]

Modification of some mineral ionic compositions, phenology and yield of pot-grown chickpea as affected by saline water

Yaghob Khani Karimabadi[1], Ali Gholami Zali[1], Parviz Ehsanzadeh[2], Jamshid Razmjoo[3]

[1]MSc. Students, [2]Associate Professor and [3]Professor respectively, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

(Received: 20/06/2016, Accepted: 24/12/2016)

Abstract

As salinity is becoming a major threat to the agricultural production in the arid and semi-arid parts of the world, exploring salt resistant genotypes for different crop plants, including chickpea (*Cicer arietinum* L.), is a very important task. Thus, in a 3-replicate completely randomized factorial pot experiment, six chickpea genotypes (*i.e.* Arman, Khorram-Abad, Nour-Abad, Hashem, Azad and ILC-482) were subjected to four levels of NaCl salt (*i.e.* 0, 25, 50 and 75 mM) in Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Results indicated that the increased salinity led to increases in shoot Na^+ and K^+ concentrations, increases in days of flowering and physiological maturity, Ca^{+2} concentration, plant height, capsules/plant, seeds/capsule, seed weight/plant, dry mass/plant and harvest indices of all genotypes, though in different extents. Genotype ILC-482 was found to indicate smaller increases in shoot Na^+ concentration and Na^+/K^+ ratio and smaller decreases in plant height, capsules/plant, seeds/capsule, seed weight/plant, dry mass/plant and harvest index, when grown at the presence of salt. Our findings suggested that even moderate levels of salt (*e.g.* 50 and 75 mM) were effective to impose notable depressions in growth and grain yield attributes of chickpea. Though, genotype ILC-482 seemed to be more salt tolerant at least relative to the remaining of examined genotypes.

Key Words: Sodium chloride, Genotype, Grain weight per plant, Chickpea

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.13.6]