تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره سوم ، پاییز ۱۴۰۳، ص ۲۰۱-۱۸۵

مقاله پژوهشی

تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر ژنوتیپ‌های زودرس خلر زراعی (*Lathyrus sativus* L.) در زمان‌های متفاوت برداشت

سمیه صوفی نیا[۱]، علیرضا پورمحمد[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

* مسئول مکاتبه: pourmohammad@ymail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.444548.1403**

چکیده

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های زودرس خلر به تنش شوری، ۲۶ ژنوتیپ زودرس خلر در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمارهای شوری در چهار سطح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl اعمال شدند. تعداد بوته‌ها در هر گلدان پس از تنک کردن، پنج بوته بود که در آخر فصل رویشی، هر هفته یک بوته برداشت شد. در برداشت اول، بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن خشک غلاف و طول برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و اثر شوری روی وزن خشک شاخساره و تعداد برگ و طول ریشه معنی‌دار بود. در برداشت دوم، ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری روی صفات تعداد نیام، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد دانه در نیام، زاویه برگ، طول برگ، تعداد شاخه و طول ریشه داشت. در برداشت سوم، ژنوتیپ روی وزن تر غلاف، طول برگ، وزن خشک غلاف و تعداد شاخه تأثیر معنی‌داری داشت و اثر شوری روی وزن خشک غلاف دارای اثر معنی‌دار بود. در برداشت چهارم، صفات وزن خشک شاخساره، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه و تعداد برگ که همگی از اجزای تشکیل دهنده‌ی عملکرد هستند تحت تأثیر شوری بودند. وزن خشک شاخساره در برداشت‌های اول، چهارم و پنجم از تنش شوری متاثر گردید و در دیگر برداشت‌ها، شوری تأثیری نداشت. در مجموع، ژنوتیپ‌ها در هفته‌های مختلف برداشت، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند شاید به این دلیل که هر چه ژنوتیپ‌ها مدت زمان بیشتری در معرض شوری قرار بگیرند عکس‌العمل‌های متفاوت‌تری بروز خواهند داد.

واژه‌های کلیدی: تحمل، عملکرد علوفه، عملکرد دانه، لگوم

مقدمه

لگوم‌ها گروه مهمی از گیاهان هستند که در سرتاسر جهان به عنوان محصولات غذایی و علوفه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گیاهان می‌توانند نیاز نیتروژنی خود را از طریق ایجاد همزیستی با گروهی از باکتری‌ها که به باکتری‌های ریزوبیومی معروف هستند تامین نمایند. لگوم‌ها تغییرپذیری ژنتیکی زیادی دارند که به همین دلیل، اهمیت بررسی و مقایسه ارقام این گیاهان تأیید می‌گردد (Jafari *et al.*, 2003). این واکنش‌ها به شرایط محیطی بر کلیه مراحل نموی و درنهایت عملکرد کمی و کیفی تأثیر می‌گذارند (Davodi *et al.*, 2011). خلر (*Lathyrus sativus* L.)، گیاهی یک‌ساله از خانواده بقولات (Fraser *et al*, 2004)، به عنوان یک منبع پروتئین بسیار با ارزش برای دام و طیور بوده (Smulikowska *et al.*, 2008) و همچنین در تغذیه‌ی انسان مصرف می‌شود (Hanbury and Hughes, 2003). این گیاه در مقایسه با شبدر، یونجه، اسپرس و سایر گیاهان علوفه‌ای ارزش غذایی یکسانی داشته و پروتئین آن، با توجه به مرحله‌ای از رشد که برداشت می‌شود بین ۱۲ تا ۲۰ درصد متغیر است. این گیاه با حداقل مراقبت‌های لازم، رشد کرده و در مقایسه با سایر بقولات می‌تواند در اقلیم‌های متنوعی، رشد و نمو موفقی داشته باشد (Karadag and Buyukburc, 2003) و به دلیل تحمل بالا، امروزه به عنوان یک گیاه مدل در کشاورزی شناخته شده است (VazPatto *et al.*, 2006).

شوری خاک و آب، رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد و با توجه به روند افزایشی اراضی شور و کاهش اراضی زراعی مطلوب به دلیل بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع آبی و همچنین ناکارآمدی سیستم زهکشی (Mir Mohammadi Meibodi and Garayazi, 2002)، استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری اهمیت زیادی دارد. در ایران

گستره وسیعی از زمین‌های کشاورزی تحت تأثیر شوری هستند که روش‌های اصلاح این خاک‌ها بسیار مشکل و وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد شوری عبارت است از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک با اشکال روبرو می‌شود (Mansoori Shavazi *et al.*, 2012). اگرچه تنش شوری در تمام مراحل رشدی گیاه می‌تواند رخ دهد اما با توجه به اینکه استقرار اولیه گیاه در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای می‌تواند برای گیاه یکی از مراحل بسیار مضر باشد (Rauf et al,.2007). حساسیت گیاه به تنش شوری، در مرحله جوانه‌زنی است. سرعت زیاد تجمع نمک در سلول‌های درحال نمو، از دلایل حساسیت گیاه به شوری در این مرحله است (Kader and Jutzi, 2004).

تحمل به شوری در مراحل ابتدایی رشد برای استقرار گیاهان مهم می‌باشد، زیرا که جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه منجر به استقرار ضعیف و گاهی نابودی محصول می‌شود (El-Keblawy and Al-Rawai, 2005). تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه، تأثیر سوء نمی‌گذارد بلکه با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی، سیر تکاملی متفاوت می‌باشد (Endris and Mohammad, 2007). برای دست‌یابی به عملکرد مناسب در خاک‌های شور، شناسایی و تولید گیاهان زراعی متحمل به شوری امری اجتناب باشد. معرفی گونه‌ها و ارقام متحمل به شوری می‌تواند یک الگوی اقتصادی و مفید در جهت غلبه بر مشکل شوری باشد (Grozeva *et al.*, 2023).

برای بهبود صفت تحمل شوری در گیاهان زراعی می‌توان از تنوع ژنتیکی بین و درون گونه‌ای از طریق گزینش و اصلاح استفاده کرد (Ashraf and McNeilly, 2004; Khosravi *et al.*, 2022).

اساسی‌ترین اقدام در اصلاح گیاهان برای مقاومت به شوری، ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف در معرض تنش و انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تحمل بیشتر است. این روش مستلزم وجود تنوع درون گونه‌ای کافی و وجود روش‌های مناسب برای غربال کردن تعداد زیادی گیاه است (Mir Mohammadi Meibodi and Garayazi.,2002).

انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش به دو روش مستقیم (اندازه‌گیری عملکرد) و غیر مستقیم (اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش) انجام می‌شود (Dadashi *et al.*, 2007).

در مراحل اولیه رشد، تنش شوری سبب ایجاد تنش اسمزی از طریق بر هم زدن تعادل اسمزی به علت دفع آب توسط گیاهان می‌شود (Munns, 2002). هر گیاهی که بتواند در مرحله جوانه‌زنی مقاومت بیشتری نشان دهد خواهد توانست دوره رویشی را موفق‌تر طی کند. از این رو محققان به دنبال افزایش استقرار گیاهچه‌ها در شرایط تنش هستند. یکی از روش‌های موثر در کاهش اثرات تنش شوری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و کم شور نواحی خشک و نیمه خشک، استفاده از ارقام و گیاهان مقاوم به شوری است. از این رو دانش تحمل به شوری می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای جهت تعیین نمودن محصول نهایی در مقیاس وسیع برخوردار باشد. با توجه به اهمیت گیاهان علوفه‌ای و ضرورت استفاده از ذخایر ژنتیکی موجود جهت غلبه بر تنش‌های محیطی از جمله شوری، هدف از این پژوهش، بررسی واکنش ژنوتیپ‌های زودرس خلر نسبت به سطوح مختلف شوری در زمان‌های متفاوت برداشت و ارزیابی ویژگی‌های گیاهچه‌ای و زراعی این گیاه تحت تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲۶ ژنوتیپ (لاین) خلر زودرس زراعی (جدول ۱) که از موسسه تحقیقات بین المللی کشاورزی مناطق خشک (ICARDA) تهیه شده بود در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در گلدان، در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه مورد بررسی قرار گرفت. منشاء این ژنوتیپ‌ها از کشورهای مختلف بود ولی در صفت زودرسی، مشترک بودند. تیمارهای شوری در این آزمایش در چهار سطح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک طعام (کلرید سدیم) اعمال گردید.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های خلر مورد مطالعه در آزمایش

Table 1- The early maturing genotypes used in experiment

شماره ژنوتیپ Genotype number	منشاء Origin	شماره ژنوتیپ Genotype number	منشاء Origin	شماره ژنوتیپ Genotype number	منشاء Origin
1	بنگلادش BANGLADESH	10	بنگلادش BANGLADESH	19	کانادا CANADA
2	کانادا CANADA	11	یونان GREECE	20	یونان GREECE
3	مراکش MOROCOO	12	بنگلادش BANGLADESH	21	یونان GREECE
4	اتیوپی ETHIOPIA	13	افغانستان AFGHANISTAN	22	یونان GREECE
5	بنگلادش BANGLADESH	14	آلمان GERMANY	23	یونان GREECE
6	پاکستان PAKISTAN	15	یونان GREECE	24	یونان GREECE
7	مجارستان HUNGARY	16	یونان GREECE	25	افغانستان AFGHANISTAN
8	بنگلادش BANGLADESH	17	یونان GREECE	26	مراغه (شاهد) MARAGHEH (Control)
9	بنگلادش BANGLADESH	18	یونان GREECE		

آزمایش درون گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد قطر دهانه بالا ۲۶ سانتی‌متر، قطر کف ۱۲سانتی‌متر، ارتفاع ۲۴ سانتی‌متری در اول اردیبهشت ۹۶ اجرا گردید. اعمال تنش شوری در تاریخ هفت خرداد شروع شد. بدین صورت که این کار بعد از سبز شدن شروع شد و هر روز به صورت آب شور با تنش مربوطه تا پایان برداشت محصول، ادامه داشت. تغذیه گیاه بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲) و توصیه کارشناسی از منابع کودی اوره و سوپرفسفات تریپل انجام شد. تعداد بوته‌ها در هر گلدان به دلیل تنک کردن بوته‌ها از ده بوته به پنج بوته در هر گلدان رسید و هر هفته یک بوته از هر گلدان برداشت شد. در مجموع، برداشت محصول در پنج هفته پایانی (اولین برداشت اول تیر یعنی دو ماه بعد از کاشت و دقیقاً قبل از مرحله گلدهی) صورت گرفت به‌طوری‌که هر هفته یک بوته برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده به صورت کامل با ریشه برداشت شدند. نحوه برداشت ریشه به این صورت بود که در مرحله تنک کردن، بوته‌ها با حداکثر فاصله ممکن به صورتی تنک شدند که با جداکردن تک‌تک آنها، امکان برداشت ریشه به طور کامل وجود داشته باشد درحالی‌که بقیه بوته‌ها هنوز در گلدان بودند. تمامی صفات در هر بوته در هر برداشت نظیر وزن تر شاخساره (عملکرد علوفه تر)، وزن خشک شاخساره (عملکرد علوفه خشک)، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه، زاویه برگ نسبت به ساقه، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد شاخه، محل شاخه اولی از سطح خاک، طول ریشه اندازه‌گیری شد. همچنین در طول آزمایش تاریخ گلدهی، تاریخ غلاف‌دهی، تاریخ پر شدن غلاف، تاریخ رسیدن دانه و تاریخ دوام گیاه برای هر گلدان نیز یادداشت شد. وزن تر شاخساره (وزن تر کل شاخساره کانوپی گیاه منتهی به نیام‌ها بلافاصله پس از برداشت با ترازوی حساس)، وزن خشک شاخساره (توزین نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، وزن تر غلاف (وزن تر تمامی نیام‌های یک بوته بلافاصله پس از برداشت)، وزن خشک غلاف (نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند)، تعداد نیام (شمارش تعداد نیام‌ها در هر بوته)، تعداد دانه در نیام (میانگین تعداد دانه در هر نیام در بوته)، ارتفاع گیاه (در هر بوته بلندترین ساقه انتخاب شده و ارتفاع آن بر حسب سانتی‌متر از زمین با خط کش اندازه‌گیری شد)، زاویه‌ی برگی (میانگین زاویه‌ی ده برگ نسبت به ساقه در هر بوته با نقاله)، طول برگ (میانگین طول ده برگ در هر بوته با خط‌کش بر حسب

سانتی‌متر)، عرض برگ (میانگین عرض ده برگ در هر بوته)، تعداد برگ (شمارش تعداد برگ‌ها در یک بوته)، تعداد شاخه، محل شاخه‌ی اولی (ارتفاع اولین شاخه از سطح خاک با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر)، طول ریشه، تعداد ریزوم (تعداد ریزوم‌های ریشه هر بوته)، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز تا پر شدن غلاف، تعداد روز تا رسیدن دانه، دوام (براساس تعداد روز تا ظهور سوختن بوته در هر گلدان) اندازه‌گیری گردید. هدف از برداشت در پنج مرحله این بود که مشخص شود شوری در کدام مرحله برداشت، موجب کاهش بیشتر عملکرد در خلر می‌شود.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical characteristics of the studied soil before the experiment

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	مواد خنثی شونده Neutralizing substances (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	درصد اشباع Saturation percentage	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)
27	37	36	3.3	0.04	60	7.8	0.56
نیترات Nitrate (mg/kg)	آمونیوم Ammonium (mg/kg)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (mg/kg)	آهن قابل جذب Absorbable iron (mg/kg)	منگنز قابل جذب Absorbable manganese (mg/kg)	روی قابل جذب Absorbable zinc (mg/kg)	مس قابل جذب Absorbable copper (mg/kg)
5.6	5.6	6.3	518	8.5	21.8	1.6	2.2

قبل از تجزیه داده‌ها مفروضات تجزیه واریانس داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مقایسات میانگین به روش دانکن انجام گردید. برای انجام تجزیه‌ی آماری از نرم افزارهای MSTATC و GenStat استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برداشت‌ها

برداشت اول

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در شرایط مزرعه‌ای در برداشت اول در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان دادند که برای اثر ژنوتیپ، وزن خشک غلاف و طول برگ معنی‌دار بود. اثر شوری در مورد صفات وزن خشک شاخساره، تعداد برگ و طول ریشه، معنی‌دار بود ولی بقیه صفات برای هیچ‌کدام از اثرات، اختلاف معنی‌داری نداشتند. در بررسی تأثیر زمان برداشت و شوری خاک بر عملکرد کمی و کیفی علوفه پنج رقم یونجه، محققان (Nekoyanfar *et al.*, 2017) نشان دادند که ارقام مورد آزمایش از نظر بیشتر صفات به غیر از نسبت برگ به ساقه، غلظت کلسیم و نسبت سدیم به کلسیم تفاوت معنی‌دار با یکدیگر داشتند. پژوهشگران دیگر (Abedini *et al.*, 2020) در ارزیابی عکس‌العمل گیاهچه‌های آفتابگردان در شرایط شور، به این نتیجه رسیدند که شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک و ارتفاع اندام هوایی می‌شود. نتایج مقایسه میانگین برای صفات مورد بررسی در برداشت اول (جدول درج نشده است) نشان داد که برای صفت وزن خشک غلاف بیشترین میانگین ژنوتیپ برای ژنوتیپ ۲۳ (۰/۲۰۷) و کمترین تأثیر میانگین در ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۴، ۲۵و ۲۶ (۰) دیده شد. برای صفت طول برگ بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۷ (۶/۲۵) و کمترین آن برای ژنوتیپ ۱۹ (۱/۶) بود. در وزن خشک شاخساره بیشترین تأثیر شوری مربوط به سطح چهارم (۰/۸۰) و کمترین تأثیر برای سطح دوم (۰/۴۶) بود، می‌توان گفت که تغییرات در وزن خشک شاخساره با افزایش میزان شوری همخوانی ندارد. صفت تعداد برگ با افزایش میزان شوری کاهش یافته است به طوری که سطح اول بیشترین تأثیر شوری (۲۷/۴۳) و کمترین مقدار برای سطح دوم و سوم (۲۱، ۱۸/۸۲) بود. برای صفت طول ریشه کمترین مقدار میانگین در سطح اول شوری (۸/۷۰) و سه سطح دیگر در یک گروه قرار گرفتند؛ می‌توان گفت که در شرایط تنش شوری ریشه رشد بیشتری نسبت به شاهد دارد. شاید بتوان گفت که ریشه برای

جذب آب و املاح بیشتر، رشد بیشتری می‌یابد. در شرایط شور گیاه از طریق افزایش تعداد ریشه و همچنین طول ریشه تلاش می‌کند که پتانسیل جذبی عناصر کلیدی به ویژه پتاسیم را افزایش دهد (Ahmadi *et al.*, 2023). نتایج پژوهش دیگر (Grozeva *et al.*, 2023) در خلر نشان داد که تیمارهای شوری تأثیر منفی بر رشد گیاه داشتند و توده‌های مورد مطالعه به تنش شوری حساس بودند. با این وجود، برخی از نمونه‌های متحمل شناسایی شدند.

پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. این پاسخ از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نموی گیاه تأثیر می‌پذیرد. از یک سو، تنش اسمزی تحت شرایط شوری باعث خروج آب از بافت‌های گیاهی می‌شود و بدین دلیل آن را خشکی فیزیولوژیک هم می‌نامند. از سوی دیگر، مسمومیت یونی در اثر تجمع یون‌های خاص به ویژه سدیم و کلر ایجاد می‌گردد که موجب اختلال در واکنش‌های متابولیک گیاه می‌شوند (Ghavami *et al.*, 2004). کاهش تعداد برگ در گیاه را می‌توان به‌علت کاهش تعداد آغازه‌های برگ دانست.

برداشت دوم

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در شرایط مزرعه‌ای در برداشت دوم در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان دادند که برای اثر ژنوتیپ صفات تعداد نیام، ارتفاع گیاه و تعداد برگ، تعداد دانه در نیام، زاویه برگی، طول برگ، تعداد شاخه و طول ریشه معنی‌دار بود.

اثر شوری برای صفت طول ریشه دارای تأثیر معنی‌داری بود. صفات طول برگ و تعداد شاخه دارای اثر متقابل ژنوتیپ در شوری معنی‌دار بودند. در این برداشت به دلیل از بین رفتن ژنوتیپ‌ها در سطح چهارم شوری به دلیل سطح بالای تنش شوری، ارزیابی در سه سطح باقی مانده انجام شده است. نتایج مقایسه میانگین برای صفات مورد بررسی در برداشت دوم (جدول ۵) نشان داد که برای صفت تعداد نیام بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۴ (۲/۴) و کمترین میانگین در ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹و ۲۵ (۰) دیده شد.

برای صفت تعداد دلنه در نیام بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۴ (۳/۸) و کمترین آن برای ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹و ۲۵ (۰) بود. در تعداد برگ بیشترین میانگین برای ژنوتیپ۲۶ (۵۱/۲۶) و کمترین آن در ژنوتیپ ۱ (۲۱/۵) و در صفت زاویه برگی ژنوتیپ ۲۰ (۶۲/۱۶) بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد و کمترین نیز برای ژنوتیپ ۱۴ (۳۳/۷) بود. بیشترین میانگین ژنوتیپ در صفت ارتفاع گیاه مربوط به ژنوتیپ ۲۰ (۲۱/۵۶) و کمترین آن به ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۸ (به ترتیب ۲۰/۵، ۲۱، ۱۹/۵) مربوط بود. در صفت طول ریشه بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۴ (۱۷/۲۸) و کمترین میانگین برای ژنوتیپ ۲۶ (۹/۳۲) بود. همچنین در صفت طول ریشه، کمترین تأثیر شوری مربوط به سطح اول (۱۰/۸۴) بود و سطح‌های دوم و سوم شوری در یک گروه قرار گرفتند، که با افزایش میزان شوری، طول ریشه افزایش یافت. شاید بتوان گفت که ریشه برای جذب آب و املاح بیشتر، رشد بیشتری می‌یابد (Ahmadi *et al.*, 2023).

تنش شوری باعث از بین رفتن تعادل اسمزی و در نتیجه خروج آب از برگ‌ها و در نهایت از بین رفتن آماس سلولی می‌شود. گسترش طولی و عرضی برگ پس از این که گیاه در معرض شوری قرار گرفت کاهش می‌یابد و تا مدتی این کاهش ادامه می‌یابد (Dadras *et al.*, 2012).

ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه شده و از آن آسیب می بیند. اثرات اسمزی ناشی از حضور یون‌های سمی در ناحیه ریشه، افزایش یون‌های سدیم و کلر در ناحیه ریشه، به هم خوردن تعادل عناصرغذایی از مهم ترین عوامل تنش شوری هستند.

حال ریشه باید با صرف انرژی زیاد از ورود یون‌های سمی و خطرناک به درون گیاه خودداری کرده و با تنش شوری مقابله کند. این کار باعث می‌شود که ریشه انرژی لازم جهت انتقال آب و عناصرغذایی را به سایر قسمت‌ها از دست داده و در نتیجه کاهش وزن ریشه و طول ریشه را منجر شود(Kafi and ostvar , 1997). ولی در پژوهش ما عکس این نتیجه اتفاق افتاد یعنی طول ریشه در شرایط بدون تنش شوری (شاهد) کمتر از سطوح شوری بود، شاید بتوان دلیل این اتفاق را روش دفاعی گیاه برای مبارزه با شوری دانست، که با نتیجه‌ی برداشت اول همخوانی دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های خلر در برداشت اول

Table 3- Analysis of variance of grass pea genotypes in the first harvest

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		طول ریشه Root length	محل اولین شاخه Location of first shoot	تعداد شاخه Number of shoots	تعداد برگ Number of leaves	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	زاویه برگ Leaf angle
تکرار Replication	1	30	1.089*	5.97	48.59	0.060	1.60	73.95
ژنوتیپ Genotype	25	14.26	0.344	2.9	97.54	0.016	6.33**	39.43
شوری Salinity	3	127.64**	0.288	4.04	521.41**	0.052	2.34	60.07
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	55	12.99	0.268	1.18	109.27	0.021	2.14	36.31
خطا Error	60	11.11	0.340	1.89	119.61	0.024	2.23	31.77

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

ادامه جدول ۳

Table 3 (continued)

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف Number of pods	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن تر غلاف Fresh weight of pod	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot
تکرار Replication	1	510.2	2.95	0.664	0.008	0.015	0.058	0.002
ژنوتیپ Genotype	25	141.1	10.66	1.69	0.026*	0.130	0.084	0.092
شوری Salinity	3	79.6	2.08	0.213	0.031	0.028	0.53*	0.239
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	55	117.6	6.7	1.05	0.018	0.071	0.115	0.110
خطا Error	60	142.1	9.37	1.13	0.013	0.078	0.104	0.137

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. این پاسخ از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نموی گیاه تأثیر می‌پذیرد. از یک سو، تنش اسمزی تحت شرایط شوری باعث خروج آب از بافت‌های گیاهی می‌شود و بدین دلیل آن را خشکی فیزیولوژیک هم می‌نامند. از سوی دیگر، مسمومیت یونی در اثر تجمع یون‌های خاص به ویژه سدیم و کلر ایجاد می‌گردد که موجب اختلال در واکنش‌های متابولیک گیاه می‌شوند (Ghavami *et al.*, 2004). کاهش

جدول ۴- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های خلر در برداشت دوم

Table 4- Analysis of Variance grass pea genotypes in the second harvest

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		طول ریشه Root length	محل اولین شاخه Location of first shoot	تعداد شاخه Number of shoots	تعداد برگ Number of leaves	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	زاویه برگ Leaf angle
تکرار Replication	1	71.40**	0.270	0.167	453.6	0.044	0.013	24
ژنوتیپ Genotype	25	14.53**	0.193	0.300**	243.7*	0.017	2.21**	279**
شوری Salinity	2	127.9*	0.112	0.007	140.4	0.003	1.05	60.2
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	29	9.89	0.144	0.198*	91.4	0.024	1.38*	58.5
خطا Error	49	6.51	0.187	0.112	128.2	0.020	0.765	92.4

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

ادامه جدول ۴

Table 4 (continued)

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف Number of pods	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن تر غلاف Fresh weight of pod	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot
تکرار Replication	1	85.5	5.87	3.61	0.001	0.017	0.441	7.39
ژنوتیپ Genotype	25	248.1*	7.62**	2.740*	0.150	0.378	0.333	2.68
شوری Salinity	2	100.5	6.43	1.28	0.153	0.625	0.057	2.48
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	29	178.7	3.43	1.29	0.090	0.334	0.240	2.25
خطا Error	49	131.4	3.48	1.38	0.109	0.355	0.245	2.08

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

تعداد برگ در گیاه را می‌توان به‌علت کاهش تعداد آغازه‌های برگ دانست.

برداشت سوم

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در شرایط مزرعه‌ای در برداشت سوم در جدول ۶ آمده است. نتایج نشان داد که برای اثر ژنوتیپ، وزن تر غلاف، طول برگ، وزن خشک غلاف و تعداد شاخه معنی‌دار بود. اثر شوری برای وزن خشک غلاف معنی‌دار بود و بقیه صفات برای هیچکدام از اثرات دارای اختلاف معنی‌داری نبودند. در این برداشت نیز سطح چهارم

شـوری حذف شـده اسـت. نتایج مقایسـه میانگین برای صـفات مورد بررسـی در برداشـت سـوم (جدول ۷) نشـان دادند که برای وزن تر غلاف بیشـــترین میانگین برای ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۱ (به ترتیب ۲/۵۱، ۲/۹۱) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹و ۲۶ (همگی صفر به جز ۱۴(۰/۲۸)) دیده شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های خلر برای صفات مورد مطالعه در برداشت دوم

Table 5- Mean Comparison of the grass pea genotypes for the studied traits in the second harvest

ژنوتیپ Genotype	طول ریشه Root length (cm)	تعداد شاخه Number of shoots	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	زاویه برگ Leaf angle (°)	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد دانه در نیام Number of grain in pod	تعداد نیام Number of pod
1	12.15de	4.41df	23.25c	47.50ah	21.50e	4.25ae	0.25bc	0.25bc
2	14.11ad	1.54be	26.08bc	55.16ae	37.00ae	4.25ae	1.83ac	1.50ac
3	13.5ae	0.96f	35.40ac	60.80ab	30.40ce	4.60ac	1.80ac	1.40ac
4	17.28a	1.42ef	33.80ac	57.80ac	32.40ce	4.40ac	3.80a	2.40a
5	13.41ae	1.26bf	66.50bc	48.50ah	23.10de	3.93bf	0.66ac	0.50ac
6	11.68be	1.47df	33.80ac	53.40af	36.80ae	4.26ae	3.00ac	2.20ab
7	10.76ce	1.39bf	33ac	56.00ad	39.40ae	4.36ae	3.00ac	2.00ac
8	11.68be	1.46bf	28.66bc	48.33ah	37.60ce	4.21ae	3.20ac	1.66ac
9	14.28ac	1.50bf	32.50bc	53.50af	31.10be	4.33ae	0.66ac	0.66ac
10	11.18be	1.66ae	37ac	61.40ab	46.60ac	4.56cf	1.40ac	1.20ac
11	10.63ce	1.60ae	27.16bc	50.50ag	34.00ae	4.70ac	1.33ac	1.16ac
12	12.47be	1.91ad	28.50bc	41.25dh	33.50ae	3.35cf	0.00c	0.00c
13	15.33ab	1.71ae	27bc	45.00bh	40.30ae	3.00ef	0.00c	0.00c
14	13.45ae	2.15a	20.50c	33.70h	41.70ad	3.25ef	0.00c	0.00c
15	12.23be	1.91ad	26.66bc	35.00gh	45.30ac	3.40cf	0.00c	0.00c
16	19.76ae	1.95ad	21c	39.00eh	38.00ae	3.00ef	0.00c	0.00c
17	9.75de	2.03ab	28.50bc	35.00gh	42.00ad	3.10df	1.50ac	0.50ac
18	14.20ac	2.02ab	19.50c	38.00fh	35.20ae	2.62f	0.00c	0.00c
19	10ce	1.99ae	23.75c	38.00fh	39.20ae	2.95ef	0.00c	0.00c
20	13.13ae	1.47df	21.56a	62.16a	44.50ac	5.06ab	3.33ab	1.83ac
21	13.86ad	1.43ef	38.50ac	44.16ch	40.30ae	3.75bf	1.50ac	1.16ac
22	13.08ae	1.66ae	32bc	46.00ah	31.80ae	3.70bf	0.80ac	0.80ac
23	12.34be	1.39df	37.40ac	59.20ac	30.20ae	5.10ab	3.40bc	2.00ac
24	10.93ce	1.66be	21.33c	45.00bh	23.30ce	3.83bf	1.33ac	1.00ac
25	13.75ad	1.61ae	43.50ab	47.50ah	50.00ab	4.75ae	0.00c	0.00c
26	9.32e	1.41df	44.75ab	52.50af	51.00a	5.62a	0.50bc	0.20bc

برای وزن خشک غلاف، بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۱۰ (۱/۰۴) و کمترین آن برای ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹و ۲۶ (همگی صفر به جز ۱۴(۰/۲۸)) دیده شد. بیشترین میانگین ژنوتیپ در صفت طول برگ مربوط به ژنوتیپ ۱۰ (۶) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ ۱۸ (۱/۷۵) بود. در صفت تعداد شاخه، بیشترین اثر میانگین ژنوتیپ برای ژنوتیپ ۱۸ (۸/۵) و کمترین تأثیر میانگین برای ژنوتیپ ۲۶ (۱/۳۳) بود. در وزن خشک غلاف بیشترین تأثیر شوری مربوط به سطح دوم (۰/۳۶۰) و کمترین تأثیر برای سطح سوم (۰/۱۸۵) بود، که تغییرات در مقدار میانگین مطابق با روند افزایش میزان شوری نیست. شوری، رشـد رویـشی وزایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Tuna *et al.*, 2008). تأثیر شوری روی وزن خشک غلاف در شرایط تنش شوری را می‌توان با توجه به دلایل ذکر شده توجیه کرد.

برداشت چهارم

نتایج تجزیه واریانس نشـان داد که برای اثر ژنوتیپ، صـفات وزن خشـــک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام و ارتفاع گیاه، وزن تر غلاف، تعداد شاخه و محل شاخه اولی در سطح احتمال یک درصـد معنی‌دار بود. وزن خشـک شـاخسـاره، وزن تر غلاف، وزن خشـــک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه و

تعداد برگ، برای اثر شوری معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین برای صفات مورد بررسی در برداشت چهارم (جداول درج نشده است) نشان داد که برای صفت وزن تر غلاف، بیشترین میانگین برای ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۲۲ (به ترتیب ۱/۶۹، ۱/۹۱) و کمترین میانگین در ژنوتیپ‌های ۱۴ (۰/۰۸)، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹و ۲۵ (۰) دیده شد. برای صفت وزن خشک غلاف بیشترین میانگین ژنوتیپ برای ژنوتیپ ۱۰ (۰/۸۶) و کمترین برای ژنوتیپ‌های ۲ (۰/۱۰)، ۵ (۰/۱۲)، ۱۴ (۰/۰۷)، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۵ (۰) و ۲۰ (۰/۴) دیده شد.

جدول ۶- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های خلر در برداشت سوم

Table 6- Analysis of variance grass pea genotypes in the third harvest

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		طول ریشه Root length	محل اولین شاخه Location of first shoot	تعداد شاخه Number of shoots	تعداد برگ Number of leaves	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	زاویه برگ Leaf angle
تکرار Replication	1	0.112	0.086	11.16*	12.73	0.182	5.46	151.1
ژنوتیپ Genotype	25	18.51	0.234	4.57**	192	0.106	2.72*	93.4
شوری Salinity	2	1.11	0.151	1.62	175.8	0.034	4.03	67.2
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	27	9.79	0.249	1.23	204.3	0.128	1.82	68.4
خطا Error	29	28.01	11.73	0.215	1.86	314.5	0.283	1.41

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

ادامه جدول ۶

Table 6 (continued)

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف Number of pods	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن تر غلاف Fresh weight of pod	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot
تکرار Replication	1	0.076	28.57	3.01	0.422**	1.54	1.01	7.36
ژنوتیپ Genotype	25	2.30	29.90	5.18	0.198**	1.62*	0.441	3.37
شوری Salinity	2	2.55	17.59	3.17	0.186*	0.614	0.095	1.25
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	27	1.82	29.53	4.61	0.091	1.3	0.408	3.60
خطا Error	29	79.84	1.41	29.42	3.72	0.056	0.813	0.817

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های خلر برای صفات مورد مطالعه در برداشت سوم

Table 7- Mean Comparison of the grass pea genotypes for the studied traits in the third harvest

ژنوتیپ Genotype	تعداد شاخه Number of shoots	طول برگ Leaf length (cm)	وزن خشک غلاف Dry weight of pod (g)	وزن تر غلاف Fresh weight of pod (g)
1	2.0cd	2.75ch	0.11cd	0.46b
2	2.3cd	4.33ah	0.42bd	1.72ab
3	1.8cd	4.2ah	0.13bd	0.28b
4	1.7cd	4.62af	0.19bd	0.41b
5	3.0bd	4.70ae	0.40bd	1.62ab
6	3.0bd	3.12bf	0.21bd	0.73b
7	2.5cd	4.00ah	0.39bd	0.42b
8	2.0cd	4.16ag	0.31bd	0.57b
9	2.0cd	4.50af	0.23bd	0.48b
10	2.6cd	6.00a	1.04a	2.51a
11	2.0cd	5.00ac	0.58b	2.91a
12	4.5be	2.50dh	0.00c	0.00b
13	3.5bd	2.75ch	0.00c	0.00b
14	2.5cd	3.75ah	0.02c	0.28b
15	5.5b	2.25fh	0.00c	0.00b
16	3.5bd	2.00gh	0.00c	0.00b
17	2.0cd	4.00ah	0.41bd	1.23ab
18	8.5a	1.75h	0.00c	0.00b
19	4.0bd	3.00bh	0.00c	0.00b
20	2.6cd	4.83ad	0.14bd	0.22b
21	2.5cd	4.87ad	0.51bc	1.20ab
22	2.5cd	4.66ae	0.19bd	0.50b
23	3.0bd	4.62af	0.46bd	1.59ab
24	3.0bd	2.37eh	0.12bd	0.51b
25	2.0cd	4.00ah	0.05cd	0.37b
26	1.3d	5.33ab	0.00c	0.00b

بیشترین میزان تأثیر میانگین ژنوتیپ در صفت تعداد نیام مربوط به ژنوتیپ ۹ (۳/۵) و کمترین مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۵ (۰) بود. صفت تعداد دانه در نیام بیشترین میانگین ژنوتیپ برای ژنوتیپ‌های ۹، ۱۰ (۷)، ۱۱ (۶/۳۳) و ۲۲ (۶/۸) و کمترین میانگین برای ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۵ (۰) بود.

برای ارتفاع گیاه بیشترین میانگین ژنوتیپ متعلق به ژنوتیپ ۲۶ (۶۶/۸) و کمترین تأثیر متعلق به ژنوتیپ‌های ۲۸ و ۲۵ (به ترتیب ۲۰ و ۱۹) بود. بیشترین میانگین ژنوتیپ در صفت تعداد شاخه مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۲۵ (۹) و کمترین مربوط به ژنوتیپ ۱۷ (۱) بود. صفت محل شاخه اولی بیشترین میانگین برای ژنوتیپ ۱۸ (۱/۲۵) و کمترین میانگین برای ژنوتیپ‌های ۳، ۹، ۱۴، ۱۷ و ۲۵ (۰) بود.

در وزن خشک شاخساره، کمترین تأثیر شوری مربوط به سطح سوم (۰/۶۸) بود و سطوح اول و دوم در یک گروه قرار گرفتند. در وزن تر غلاف، کمترین مقدار مربوط به سطح سوم (۰/۱۴) بود و سطوح دیگر، در یک گروه قرار گرفتند. وزن خشک غلاف کمترین میانگین اثر شوری برای سطح اول شوری (۰/۱۷) بود، و دو سطح در یک گروه قرار گرفتند می‌توان گفت با افزایش میزان شوری وزن خشک غلاف افزایش یافت. در صفت تعداد دانه در نیام کمترین تأثیر میانگین برای سطح سوم (۱/۸) و سطوح دیگر در یگ گروه قرار گرفتند که نشان می‌دهد با افزایش میزان شوری تعداد دانه در نیام کاهش یافت. در صفت تعداد نیام بیشترین تأثیر میانگین شوری در سطح دوم (۲) و کمترین تأثیر شوری در سطح سوم (۰/۸۸) بود که تغییرات در مقدار میانگین مطابق با روند افزایش میزان شوری نبود. در صفت ارتفاع گیاه بیشترین میانگین شوری در سطح دوم (۵۰/۴) و کمترین آن در سطح سوم (۳۷/۴) بود. بیشترین میزان میانگین در صفت تعداد برگ مربوط به سطح اول (۳۸/۵) و کمترین مربوط به سطح سوم (۲۷/۴) شوری بود یعنی با

افزایش میزان شوری تعداد برگ کاهش یافت. در این برداشت صفات وزن خشک شاخساره، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه و تعداد برگ که همگی از اجزای تشکیل دهنده‌ی عملکرد (علوفه و دانه) هستند تحت تاثیر شوری بودند که این امر نشان دهنده آن است در شرایط شوری عملکرد با کاهش مواجه می‌شود.

جدول ۸- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های خلر در برداشت چهارم

Table 8- Analysis of variance grass pea genotypes in the fourth harvest

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		طول ریشه Root length	محل اولین شاخه Location of first shoot	تعداد شاخه Number of shoots	تعداد برگ Number of leaves	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	زاویه برگ Leaf angle
تکرار Replication	1	2.97	0.280	11.87	1680**	0.001	2.97	37.87
ژنوتیپ Genotype	25	4.29	0.455**	7.76**	246.9	0.237	4.29	90.56
شوری Salinity	2	3.74	0.105	1.13	729*	0.025	3.74	22.72
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	21	1.73	0.288	1.95	279.3	0.098	1.73	52.61
خطا Error	32	2.47	0.227	3.50	194.4	0.213	2.47	83.19

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

** and * significant in 5 and 1 percent respectively

ادامه جدول ۸

Table 8 (continued)

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف Number of pods	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن تر غلاف Fresh weight of pod	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot
تکرار Replication	1	649.2	14.18	1.51	0.013	1.33	0.675	12.75
ژنوتیپ Genotype	25	569*	20.57*	4.37*	0.231*	1.21**	0.391	4.79
شوری Salinity	2	1184*	43.84*	8.63*	0.477*	4.20**	1.87**	12.65
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	21	250	8.77	1.43	0.120	0.370	0.261	5.4
خطا Error	32	232.2	9.73	1.95	0.119	0.454	0.282	4.31

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

** and * significant in 5 and 1 percent respectively

ارتفاع بوته از جمله صفاتی است که در گیاهان علوفه‌ای همواره مورد توجه بوده است. عمده مشکل شوری برای گیاهان در اثرات سمیت مستقیم روی غشاها وسیستم‌های آنزیمی می‌باشد که در کل موجب کاهش تولید گیاه می‌گردند (Munns and Tester, 2008). تأثیر مضر شوری بر رشد گیاهان ممکن است نتیجه اختلال در فراهمی آسیملات‌های

فتوسنتزی و یا ممانعت از گسترش سلولی در برگ‌ها (Ashraf, 2004) باشد که هر کدام از این عوامل منجر به کاهش ماده خشک در گیاه می‌شود. دلیل کاهش وزن‌تر اندام هوایی، کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع Na و Cl در اندام‌ها و یا تخریب ساختمان کلروپلاست گزارش شده است (Mir Mohammadi Meibodi and Garayazi, 2002).

جدول ۹- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های خلر در برداشت پنجم

Table 9- Analysis of variance grass pea genotypes in the fifth harvest

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		طول ریشه Root length	محل اولین شاخه Location of first shoot	تعداد شاخه Number of shoots	تعداد برگ Number of leaves	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	زاویه برگ Leaf angle
تکرار Replication	1	0.75	0.083	0.083	1017	0.083	1.02	33.33
ژنوتیپ Genotype	25	7.65	0.199	5.92*	624.7	0.015	2.04	37.31
شوری Salinity	1	2.06	0.001	0.018	2109	0.008	6.86*	21.76
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	7	4.85	0.121	0.614	633.3	0.016	0.876	19.83
خطا Error	32	4.4	0.123	2.95	719	0.024	1.07	32.24

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

ادامه جدول ۹

Table 9 (continued)

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف Number of pods	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن تر غلاف Fresh weight of pod	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot
تکرار Replication	1	108	352**	42.1**	2.36*	11.92	0.809	20.61
ژنوتیپ Genotype	25	595.7	38.04	5.87	0.708	3.35	0.908	11.94
شوری Salinity	1	1523*	310**	42.2**	4.48**	28.9**	8.36**	127**
ژنوتیپ × شوری Genotype × Salinity	7	218.8	39.56	6.88	0.383	2.90	0.937	8.45
خطا Error	32	349.1	31.34	4.05	0.499	2.91	0.658	13.4

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

* and ** significant in 5 and 1 percent respectively

بالا بودن میزان ماده خشک تولیدی از جمله صفات مناسبی برای تولید علوفه جهت سیلو کردن و همچنین نگهداری آن به صورت ماده خشک برای فصولی از سال که علوفه تازه برای تغذیه دام در دسترس نباشد، است. برای کاهش ارتفاع تحت تنش شوری دو دلیل می‌توان ذکر کرد. شوری فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد که درحقیقت کربوهیدرات مورد نیاز برای رشد را محدود می‌کند. همچنین شوری رشد ریشه و ساقه را به علت کاهش فشار تورمی در بافت‌های در حال توسعه در نتیجه پتانسیل پایین آب در محیط رشد ریشه کاهش می‌دهد (Mir Mohammadi Meibodi and Garayazi, 2002).

برداشت پنجم

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۹) که برای اثر ژنوتیپ، تعداد شاخه معنی‌دار بود. اثر شوری برای صفت وزن خشک شاخساره، وزن تر شاخساره، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام و تعداد دلنه در نیام، طول برگ و ارتفاع گیاه دارای تاثیر معنی‌داری بود. وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه و طول برگ صفاتی بودند که معنی‌دار و متأثر از شوری بودند؛ که نشان دهنده تأثیر شوری بر عملکرد است. که با نتایج هفته‌ی چهارم همخوانی دارد. ژنوتیپ‌ها در هفته‌های مختلف واکنش‌های متفاوت از خود نشان دادند، که شاید به این دلیل باشد که هر چه ژنوتیپ‌ها مدت زمان بیشتری در معرض شوری باشند واکنش‌های متفاوت‌تری نشان می‌دهند. نتایج مقایسه میانگین برای صفات مورد بررسی در برداشت پنجم (جداول درج نشده است) نشان داد که در صفت تعداد شاخه بیشترین میانگین ژنوتیپ برای ژنوتیپ ۲۵ (۹) و کمترین تأثیر میانگین در ژنوتیپ ۱۷ (۱) دیده شد. مقایسه میانگین‌های اثر شوری برای صفات وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، وزن تر غلاف، وزن خشک غلاف، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، ارتفاع گیاه و طول برگ که معنی‌دار شدند؛ بدین صورت است که در همه صفات، سطح اول بیشترین مقدار و کمترین تأثیر برای سطح دوم بود.

نتیجه‌گیری کلی

از عوامل کاهش محصول در تنش شوری، کاهش جوانه‌زنی و صدمه به گیاه در مرحله ظهور گیاهچه می‌باشد که باعث کاهش تعداد بوته در واحد سطح و در نهایت کاهش محصول نهایی می‌شود. از این رو شناسایی گیاهانی با خصوصیت تحمل شوری در این مرحله از رشد حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش، ژنوتیپ‌های خلر در هفته‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند، شاید به این دلیل که هر چه ژنوتیپ‌ها مدت زمان بیشتری در معرض شوری باشند عکس‌العمل‌های متفاوت‌تری بروز می‌دهند. همچنین در برداشت‌های اول و دوم، شوری روی طول ریشه تاثیر معنی‌داری داشت و با افزایش میزان شوری، طول ریشه بیشتر گردید. وزن خشک شاخساره در برداشت‌های اول، چهارم و پنجم از تنش شوری متاثر گردید و در برداشت‌های دوم و سوم، شوری تاثیر معنی‌داری روی آن نداشت.

References

Abedini M., Habibi G. and Arezoomand, S., 2020. Evaluation of the biochemical reaction of sunflower seedlings to selenium levels in saline conditions. *Plant Productions*, *43*(3), pp.443-454. [In Persian]. **doi: 10.22055/ppd.2019.28539.1722**

Ahmadi, M., Ghasemnezhad, A. and Ghorbanpour, M., 2023. Evaluation of the effect of endophyte and melatonin on the improvement of stevia root growth as affected by salinity under hydroponic conditions. *Journal of Plant Production Research, 30*(2), pp.21-38. [In Persian]. **doi: 10.22069/jopp.2021.19343.2855**

Ashraf, M. and McNeilly, T., 2004. Salinity tolerance in *Brassica* oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *23*(2), pp.157-174. **doi: 10.1080/07352680490433286**

Dadashi, M.R., Majidi Heravan, I., Soltani A. and Noorinia, A.A., 2007. Evaluation of different genotypes of

barley to salinity salt stress. *Journal of Agricultural Science Islamic Azad University*, *13*(1), pp.181-190. [In Persian].

Dadras, N., Besharati, H. and Ketabchi, S., 2012. Impact of salinity stress on growth and biological nitrogen fixation of soybean genotypes. *Iranian Journal of Soil Research*, *26*(2), pp.165-174. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijsr.2012.126372**

Davodi, M., Jafari, A.A., Assadian, G. and Ariapour, A., 2011. Assessment of relationships among yield and quality traits in alfalfa (*Medicago sativa*) under dryland farming system, Hamadan, Iran. *Journal of Rangeland Science*, *1*(3), pp.247-254.

El-Keblawy, A. and AL-Rawai, A., 2005. Effect of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora*. *Arid Environments*, *61*(4), pp.555-565. **doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.10.007**

Endris, S. and Mohammad, M.J., 2007. Nutrient acquisition and yield response of barley exposed to salt stress under different levels of potassium nutrition. *International Journal of Environment and Science Technology*, *4*(3), pp.323-330. **doi: 10.1007/bf03326289**

Fraser, J., Mccartney, D., Najda H. and Mir, Z., 2004. Yield potential and forage quality of annual forage legumes in southern Alberta and northeast Saskatchewan. *Canadian Plant Science*, *48*(1), pp.143-155. **doi: 10.4141/p02-100**

Ghavami, F., Malboobi, M.A., Ghannadha, M.R., Yazdi Samadi, B., Mozaffari J. and Jafar Aghaei, M., 2004. An evaluation of salt tolerance in Iranian wheat cultivars at germination and seedling stages. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *35*(2), pp.453-464. [In Persian].

Grozeva, S., Kalapchieva, S. and Tringovska, I., 2023. In vitro screening for salinity tolerance in garden pea (*Pisum sativum* L.). *Horticulturae*, *9*, pp.338-348. **doi: 10.3390/horticulturae9030338**

Hanbury, C.D. and Hughes, R.J., 2003. New Grain legume for layers: Evaluation of *Lathyrus cicera* as a feed ingredient for layers: a report for the Australian egg corporation limited. *Australian Egg Corporation Limited. AECL publication* NO 03/013.

Jafari, A., Nosrati Nigeh, M. and Heidari Sharifabad, H., 2003. Comparison of yield, morphological and quality traits in 18 ecotypes and varieties of alfalfa (*Medicago sativa*) grown under irrigated and non-irrigated conditions. *Proceeding of the VIIth International Rangelands Congress, Durban, South Africa*, pp.1403-1405.

Kader, M.A. and Jutzi, S.C., 2004. Effect of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19 C. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *190*(1), pp.35-38. **doi: 10.1046/j.0931-2250.2003.00071.x**

Kafi, M. and Mahdavi Damghani, A., 2002. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Ferdowsi University of Mashhad Press. [In Persian].

Karadag, Y. and Buyukburc, U., 2003. Determination of yield and quality properties of some grass pea (*Lathyrus sativus* L.) lines under Tokat-Kazova ecological conditions. *Journal of Agriculture College Tokat*, *20*(1), pp.135-141.

Khosravi Z., Pourmohammad A., Aliloo A.A., Shahabivand S., Hassanpouraghdam M.B. and Topcu H., 2022. In

vitro salinity stress mediates grass pea genotypes (*Lathyrus sativus* L.) responses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *46*, pp.340-351. **doi: 10.55730/1300-011x.3007**

Lim, C., Jackson M. and Page, A., 1986. "*Methods of soil analysis*. Part 2: Chemical and microbiological properties". Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties.

Mansoori Shavazi, M., Hakim Zade, M.A., Zare Ernani, M., Zare Chahouki, M.A. and Mosleh Arany, A., 2012. Study of effect of drought and salt stress on seed germination of *Anabasis calcarean. Journal of Arid Biome*, *1*(4), pp.75-82. **doi: 20.1001.1.2008790.1390.1.4.7.1**

Mir Mohammadi Meibodi, S.A.M. and Garayazi, B., 2002. Physiological aspects of salinity and crop breeding. Publication of Jahad Daneshgahi, Isfahan University of Technology, Iran. pp.127-129. [In Persian].

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, *25*(2), pp.239-250. **doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x**

Nekoyanfar Z., Lack Sh. and Abadouz, Gh.R., 2017. Assessment effect of cutting time and soil salinity on quality and quantity forage yield of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under Ahvaz condition. *Plant Productions*, *40*(3), pp.113-127. [In Persian]. **doi: 10.22055/ppd.2017.15260.1239**

Rauf, M., Munir, M., UI-Hassan, M., Ahmed, M. and Afzal, M. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *African Journal of Biotechnology*, *6*(8), pp.971-975.

Smulikowska, S., Rybinski, W., Czerwinski, J., Taciak M. and Mieczkowska, A. 2008. Evaluation of selected mutants of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) var. Krab as an ingredient in broiler chicken diet. *Journal of Animal and Feed Sciences, 17*(1), pp.75-87. **doi: 10.22358/jafs/66472/2008**

Tuna, A.L., Kaya C., Higgs D., Murillo-Amador, B., Aydemir S. and Girgin, A.R., 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, *62*(1), pp.10-16. **doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.06.006**

Vaz Patto, M.C., Fernández-Aparicio, M., Moral, A. and Rubiales, D., 2006, Characterization of resistance to powdery mildew (*Erysiphe pisi*) in a germplasm collection of *Lathyrus sativus*. *Plant Breeding*, *125*, pp.308-310. **doi: 10.1111/j.1439-0523.2006.01220.x**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 3, Autumn 2024, P. 185-201

The effect of different levels of salinity stress on early-maturing genotypes grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes at various harvest times

Somayeh Soofinia[1], Alireza Pourmohammad[2*]

[1] MSc. Student of Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[2] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[*]Corresponding Author: pourmohammad@ymail.com

Received: 19 February 2024 Accepted: 13 June 2024 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.444548.1403**

Abstract

Introduction: Grass pea is one of the most important crops and forage plants in the world, which is known for its high protein and lysine content. Due to the importance of this plant among forage plants in terms of livestock nutrition, planting in low-yielding lands, resistance to stresses, and also their role in soil fertility, they are extensively used.
Materials and Methods: To investigate the response of early-maturing grass pea genotypes to salinity stress, 26 genotypes were studied in a factorial experiment based on RCBD with two replications. Salinity treatments were applied at four levels NaCl and various traits were evaluated. The number of plants in each pot after thinning was five plants, and at the end of the growing season, one plant was harvested from each pot every week.
Results and Discussion: In the first harvest, genotype had a significant effect on pod dry weight and leaf length, and salinity had a significant effect on shoot dry weight, leaf number and root length. In this harvest, for the root length, the lowest average was in the first level of salinity and the other three levels were in the same group, that is, in the conditions of salinity stress, the root grew more than the control. In the second harvest, the genotype had a significant effect on the traits of number of pods, plant height, number of leaves, number of grains per pods, leaf angle, leaf length, number of branches and root length. The effect of salinity was significant for root length. In the root length, the least effect of salinity was related to the first level and the second and third levels were placed in the same group, which increased the root length with the increase of salinity. In the third harvest, the genotype had a significant effect on pod fresh weight, leaf length, pod dry weight and number of branches. The effect of salinity on the dry weight of the pod was significant, and other traits had not a significant difference for any of the effects. Also, in this harvest, the fourth level of salinity was removed. The results of the fourth harvest showed that the genotype had a significant effect on the traits of pod dry weight, number of grains, number of grains per pods, plant height, pod fresh weight, number of branches and location of the first branch. Dry weight of shoot, fresh weight of pod, dry weight of pod, number of grains, number of grains per pod, plant height and number of leaves were significant for the effect of salinity. With the increase in salinity, the dry weight of the pod increased and the number of grains and the number of leaves decreased. In this harvest, the traits dry weight of shoot, fresh weight of pod, dry weight of pod, number of grains, number of grains in pod, plant height and number of leaves, which are components of yield, were affected by salinity. The results of the fifth harvest showed that the genotype had a significant effect on the number of branches. The effect of salinity was significant for dry weight of shoot, fresh weight of shoot, fresh weight of pod, dry weight of pod, number of grains and number of grains in pod, leaf length and plant height. The effect of salinity on yield was consistent with the results of the fourth week.
Conclusion: The genotypes showed different reactions in different weeks, which may be because genotypes are exposed more time to salinity, they show the more different reactions. Also, in the first and second harvests, salinity had a significant effect on root length, and with increasing salinity, root length increased. The dry weight of shoots was affected by salinity stress in the first and fourth

harvests, and salinity had no significant effect on it in the second and third harvests. In general, it can be said that in the first and second harvests, salinity had a significant effect on root length, and with increasing salinity, root length increased. The dry weight of shoots was affected by salinity stress in the first, fourth and fifth harvests, and salinity had no significant effect on it in the second and third harvests.

Keywords: Forage yield, Grain yield, Legume, Tolerance