دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

گزینش لاین‌های متحمل به شوری در آفتابگردان روغنی با استفاده از برخی صفات فیزیولوژیک

فریبا مرسلی آقاجری[۱]، رضا درویش زاده[۲]، حمید حاتمی‌ملکی[۳]، اسماعیل قلی‌نژاد[۴] و عبدالقادر کلانتر[۵]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- استاد گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)
۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۴- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران
۵- دانش‌آموخته دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۸
صفحه: ۱۸۵ تا ۱۹۵

چکیده

از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک، وجود تنش‌های غیرزنده محیطی نظیر تنش خشکی و شوری می‌باشد که بر رشد و نمو گیاهان تأثیر منفی دارند. تنش شوری علاوه بر سمیت آن برای گیاه، باعث ایجاد تنش اسمزی نیز می‌شود. در این پژوهش، به منظور گزینش لاین‌های متحمل به شوری در ژرم‌پلاسم آفتابگردان روغنی و با استفاده از برخی صفات فیزیولوژیک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در فضای آزاد و در گلدان انجام گرفت. نتایج نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تنش شوری بر عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، غلظت عناصر Na^+، K^+ و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه آفتابگردان می‌باشد. اثر ژنوتیپ علاوه بر صفات مذکور بر صفات فتوسنتز خالص و محتوای کلروفیل نیز معنی‌دار بود. میانگین صفات مورد ارزیابی به غیر از سدیم در مقایسه با شرایط نرمال کاهش یافت. در این پژوهش، بیشترین میزان کاهش مربوط به نسبت پتاسیم به سدیم (۴۷/۴۹ درصد)، پتاسیم (۲۳/۰۸ درصد) و عملکرد دانه (۹/۴۸ درصد) و کمترین میزان کاهش مربوط به محتوای کلروفیل (۱/۳۴ درصد) و محتوای نسبی آب برگ (۲/۶۷ درصد) بود. از نظر واکنش لاین‌های مورد بررسی در مقابل تنش شوری، ژرم‌پلاسم مورد مطالعه به سه گروه مجزا تفکیک گردید. مقایسه میانگین خوشه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آزمون توکی نشان داد که در شرایط تنش شوری بیشترین و کمترین مقدار میانگین صفات به‌ترتیب در خوشه ۲ و ۳ مشاهده می‌شود. لاین‌های خویش آمیخته نوترکیب C61، C34، C134a و C153 دارای بیشترین مقدار از لحاظ صفات مورد بررسی به‌ویژه محتوای K^+ و نسبت پتاسیم به سدیم بودند. غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه به‌عنوان یکی از معیارهای مهم برای تعیین تحمل به شوری است؛ بنابراین این لاین‌ها بالقوه به عنوان لاین‌های متحمل به تنش شوری معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان روغنی، تنش شوری، فتوسنتز خالص، محتوای نسبی آب برگ، نسبت پتاسیم به سدیم

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L.، گیاهی دولپه، یک‌ساله، یک‌پایه، دگرگرده‌افشان و بومی آمریکای شمالی می‌باشد (۴۰). این گیاه به عنوان مهم‌ترین گیاه دانه روغنی بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام‌زمینی رتبه‌بندی می‌شود و روغن آن به‌دلیل داشتن درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع و سطوح پایین کلسترول محبوبیت بیشتری دارد (۱). سطح زیر کشت آفتابگردان در دنیا در سال ۲۰۱۶، ۲۶/۲۱ میلیون هکتار، با متوسط عملکرد ۱/۸۱ تن در هکتار و تولید کل ۴۷/۳۵ میلیون تن بوده است (۱۵). تنش‌های غیرزیستی به میزان زیادی رشد و تولیدات گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۴۴،۴۲). از میان تنش‌های غیرزیستی، تنش شوری پس از خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است (۲۵) که حدود ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی کره زمین را تحت تأثیر قرار داده است و در واقع از عوامل مهم کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد (۵۰،۲۹،۹). شوری خاک ناشی از آنیون‌ها و کاتیون‌های بسیاری از جمله Na^+، Ca^{2+}، Cl^-، SO_4^{2-} و HCO_3^- می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به Na^+ و Cl^- اشاره نمود (۳۷،۱۴،۵). یون‌هایی مثل سدیم و کلر به سرعت توسط سلول‌های ریشه گیاه جذب می‌شوند (۲۱) بنابراین، در اکثر تحقیقات مربوط به شوری از نمک NaCl برای ایجاد تنش استفاده می‌شود (۲۲). در تعریف شوری، خاک وقتی به‌عنوان خاک شور طبقه‌بندی می‌شود که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس‌برمتر معادل حدود ۴۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم و فشار اسمزی حدود ۲- مگاپاسکال باشد (۴۸).

اگرچه مهم‌ترین معیار انتخاب ژنوتیپ‌ها، عملکرد دانه است (۲۴) با این حال محققان نشان داده‌اند که گزینش براساس صفات فیزیولوژیک مؤثر در تحمل به تنش، منجر به افزایش کارایی جذب و مصرف آب، تداوم دوره فتوسنتزی و استفاده بهینه از مواد فتوسنتزی شده و بنابراین بهتر است گزینش و غربال کردن ژنوتیپ‌ها در برنامه به‌نژادی بر اساس صفات فیزیولوژیکی، عملکرد دانه و عملکرد کل ماده خشک انجام پذیرد (۴۳). تنش شوری در هر مرحله از رشد می‌تواند باعث ایجاد اثرات غیر قابل بازگشت در پتانسیل عملکرد گیاهان گردد (۲۰). شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و همچنین کاهش یون‌های غذایی مورد نیاز گیاه مانند کلسیم و پتاسیم بر جوانه‌زدن بذور و رشد آنها تأثیر منفی می‌گذارد (۲۸،۱۲).

گیاه آفتابگردان در گروه گیاهان به نسبت مقاوم به شوری قرار دارد. عملکرد آفتابگردان در شوری حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر آسیب زیادی نمی‌بیند، ولی شوری‌های بالاتر موجب کاهش عملکرد می‌شود (۷). ماس و هافمن (۳۲) گزارش کردند که آفتابگردان در هدایت الکتریکی ۶/۳ دسی زیمنس بر متر ۵۰ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد. فرانکویز (۱۷) تاثیر ۶ سطح شوری آب آبیاری را بر روی یک رقم زراعی

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

آفتابگردان مطالعه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که عملکرد نسبی دانه تا شوری ۴/۸ دسی زیمنس بر متر عصاره اشباع خاک تحت تاثیر قرار نگرفت ولی بعد از آن با هر واحد افزایش شوری عملکرد دانه ۵ درصد کاهش نشان داد و این کاهش عمدتاً به‌خاطر کاهش تعداد دانه در طبق بود. مرور منابع نشان می‌دهد که تنش شوری باعث کاهش رشد آفتابگردان با تأثیر بر ارتفاع بوته، سطح برگ، محتویات کلروفیل، کاهش وزن و قطر طبق، تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم و کاهش غلظت کلسیم می‌شود (۳۶،۳۴،۲۲،۲۳،۳). در اثر شوری افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم و در نتیجه کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه مشاهده می‌شود. بر این اساس، یکی از مکانیسم‌های تحمل گیاهان به شوری حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم می‌باشد که از طریق توانایی گیاه در جذب فعال پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می‌شود. به‌طوری که در غالب موارد این نسبت در ارقام متحمل به شوری بالاتر است (۳۱). در مطالعه ردی و ورا (۳۸) با افزایش سطوح شوری از ۲ به ۸ دسی‌زیمنس‌برمتر غلظت سدیم افزایش و غلظت عناصر پتاسیم، فسفر، نیتروژن، منیزیم، آهن، روی، مس و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی گیاه آفتابگردان کاهش یافت. در آزمایش لیو و شی (۳۰) با افزایش شوری از سطح صفر به ۱۰ دسی‌زیمنس برمتر سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل a و b در آفتابگردان کاهش یافت. یکی از راه‌کارهای اساسی و صحیح در بهره‌برداری از خاک‌های مناطق شور، کاشت محصولات و ارقام مقاوم به شوری است. زیرا اصلاح این خاک‌ها به زمان زیادی نیاز داشته و مقرون به صرفه نیست. بنابراین به‌منظور کشت گیاه آفتابگردان در این گونه مناطق ضرورت دارد که از ارقام مناسب و متحمل به شوری استفاده گردد. در تحقیقی تحمل به شوری سه هیبرید تجارتی آفتابگردان شامل آلستار، آذرگل و هایسان ۳۳ در مقابل ۴ سطح شوری آب آبیاری ۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر بررسی شد. نتایج نشان داد در شوری‌های بالاتر هیبرید هایسان ۳۳ در مقایسه با بقیه ارقام بیشترین عملکرد دانه را تولید می نماید (۱۱). در یک مطالعه واکنش ۱۰۰ لاین خالص آفتابگردان روغنی از نقاط مختلف جهان در هریک از شرایط نرمال و تنش شوری بررسی شد. تعداد ۴ لاین بالاترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش شوری نشان دادند (۲). این پژوهش با هدف مطالعه و ارزیابی عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک در ژرم‌پلاسم آفتابگردان روغنی در پاسخ به تنش شوری انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، تنش شوری و ویژگی‌های فیزیولوژیکی

در این پژوهش تعداد ۹۵ لاین خویش‌آمیخته نوترکیب[1] آفتابگردان حاصل از تلاقی دو لاین (♂) RHA266 و (♀) PAC2 به‌همراه والدین آن‌ها استفاده شدند (جدول ۱). والد PAC2 در مقایسه با والد RHA266 به شوری مقاوم تر است. در شرایط تنش شوری عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، محتوای کلروفیل و نسبت $\frac{K^+}{Na^+}$، در والد مادری (PAC2) بیشتر از والد پدری (RHA266) مشاهده شده است (۳۳). واکنش لاین‌های آفتابگردان نسبت به تنش شوری (شامل دو سطح نرمال و تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس‌برمتر) با NaCl (۲۲)، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط گلدانی (۳۴) مورد بررسی قرار گرفت. از هر لاین تعداد ۶ گلدان بزرگ ۱۰ کیلویی (ارتفاع و قطر به‌ترتیب ۲۵ و ۲۶ سانتی‌متر) کشت و در فضای آزاد چیده شدند. برای هر گلدان از مخلوط پیت ماس + خاک زراعی به نسبت ۱ به ۳ استفاده گردید. نتایج تجزیه ی خاک مورد استفاده در آزمایش، در جدول ۲ ارایه شده است. جهت دست‌یابی به شوری ۶ دسی‌زیمنس برمتر، بر اساس مقدار شوری اولیه خاک هر گلدان مقدار ۹/۵ گرم نمک NaCl در ۵۰۰ سی‌سی آب حل و پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۸ برگی به هر گلدان اضافه گردید. جهت جلوگیری از تنش اسمزی، اعمال تنش شوری در دو مرحله انجام گرفت. به این ترتیب که ۲۵۰ سی‌سی از محلول نمک، صبح و ۲۵۰ سی‌سی نیز بعد از ظهر همان روز اعمال گردید. کنترل مقدار شوری خاک گلدان‌ها به‌وسیله دستگاه EC سنج[2] انجام می‌گرفت.

در رابطه با انتخاب سطح تنش، مقدار شوری یک "دسی زیمنس بر متر" بیشتر از حد آستانه در نظر گرفته شد. در ارزیابی تعداد بیشتری ژنوتیپ (غربال اولیه ژنوتیپ‌ها) معمولاً سطح تنش را ملایم در نظر می‌گیرند. به‌عبارت دیگر شدت تنش را کمتر در نظر می‌گیرند تا مواد ژنتیکی، زیاد حذف نشود. احتمالاً این به‌دلیل ژنتیک مقاومت به تنش‌ها است که معمولاً پیچیده و به صورت کمی است و آل های ژن های مقاومت در لاین‌ها پخش هستند و بسته به تعداد و اثر آنها و همچنین اثر متقابل مکان‌ها، سطح مقاومت متفاوت است و به این خاطر طیفی از مقاومت دیده می‌شود. در استراتژی های اصلاحی از قبیل گزینش به کمک نشانگرها سعی در هرم‌بندی ژن‌ها می‌نمایند تا بتوانند ارقامی با سطح مقاومت بالا تولید و توسعه دهند (۶،۴۹).

آبیاری گلدان‌ها به‌صورت قطره‌ای انجام شد. در موقع آبیاری دقت می‌شد تا آب از زهکش گلدان‌ها خارج نشود. کوددهی نیز در چندین نوبت در طول دوره رشد رویشی گیاه انجام گرفت. بعد از گلدهی صفات مختلف شامل عملکرد تک بوته (برحسب گرم)، محتوای کلروفیل (عدد SPAD)، فتوسنتز خالص (بر حسب میکرومول بر مترمربع در ثانیه)، محتوای نسبی آب برگ (درصد) و میزان عناصر Na^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی) و K^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی) و همچنین نسبت $\frac{K^+}{Na^+}$ برگ آفتابگردان به‌صورت زیر اندازه‌گیری شدند.

عناصر Na^+ و K^+

نمونه برگ تازه از تکرار هر لاین انتخاب و به‌مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از خشک شدن، نمونه در داخل هاون چینی سابیده و از الک ۰/۵ میلی‌متری (۳۵ مش) عبور داده شد. ۰/۵گرم از هر نمونه در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره با دمای ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد جهت خاکستر شدن قرار گرفت (باید

1- Recombinant inbred lines

2- Electrical conductivity

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

توجه شود که خاکستر به رنگ سفید در آمده باشد در غیر این‌صورت پروسه سوختن کامل نشده است). سپس نمونه مورد نظر نیم ساعت در داخل اسید کلریدریک ۶ مولار قرار گرفته و عصاره آن از داخل کاغذ صافی عبور داده شده و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد (۳۹). جهت قرائت میزان عناصر از دستگاه فلیم فتومتر[1] (مدل Jenway Flame photometer PFP7) استفاده گردید.

محتوای نسبی آب برگ[2]

از هر تکرار مربوط به هر لاین یک برگ تازه و توسعه یافته انتخاب شده و در روی یخ (جهت جلوگیری از پژمردگی نمونه‌ها) بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. از نمونه‌های برگی دیسک‌هایی با سطحی به اندازه یک سکه تهیه گردیده و وزن تر نمونه‌ها توسط ترازوی حساس اندازه‌گیری گردید. دیسک‌های برگ در داخل ظروف یک‌بار مصرف حاوی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (در حدود ۲۵ ^{o}C) قرار داده شد. بعد از طی زمان مذکور ابتدا آب اضافی نمونه‌ها توسط دستمال کاغذی گرفته شد و سپس وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد. در مرحله آخر جهت به‌دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس با استفاده از معادله زیر محتوای نسبی آب برگ‌ها محاسبه شد (۴۵).

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

در این فرمول وزن تر برگ (FW)، وزن اشباع برگ (TW) و وزن خشک برگ (DW) می‌باشد.

محتوای کلروفیل برگ‌ها و فتوسنتز خالص

اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD)[3] در مرحله پر شدن دانه‌ها، در صبح زود و با ایجاد اندکی سایه بر روی دستگاه انجام شد.

اندازه‌گیری فتوسنتز خالص با استفاده از دستگاه HCM-1000 ساخت شرکت WALZ (آلمان) انجام گرفت. در طول اندازه‌گیری، شدت نور و دمای محفظه Cuvette که برگ داخل آن قرار می‌گرفت ثابت بوده و بر اساس دستورالعمل دستگاه به ترتیب ۱۵۰۰ $\mu mol/m^2$ و ۳۳-۳۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. یکی از برگ‌ها که در همه گلدان‌ها در یک موقعیت قرار داشت، زیر محفظه دستگاه قرار داده شد. سطح برگ داخل محفظه ۵ سانتی‌متر مربع بود. مقادیر فتوسنتز خالص ثبت و داده‌های حاصل به کامپیوتر منتقل و در فایل‌های Notepad ذخیره و مورد بررسی قرار گرفت (۴۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا آماره‌های توصیفی شامل میانگین حسابی، مقادیر حداقل و حداکثر، ضریب تغییرات فنوتیپی و درصد کاهش صفت در شرایط تنش شوری (میانگین صفت در شرایط نرمال/[میانگین صفت در شرایط تنش-میانگین صفت در شرایط نرمال]) برای هریک از صفات محاسبه گردید. در گام بعدی پس از بررسی مفروضات تجزیه واریانس، تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و برش‌دهی اثر متقابل در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. گروه‌بندی ژرم پلاسم مورد مطالعه در واکنش به تنش شوری با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای و الگوریتم وارد[4] انجام گرفت. این قسمت از تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام شد.

1- Flame photometer
2- Relative water content
3- Soil-Plant Analyses Development [SPAD-502 (Minolta, Japan)]
4- Ward

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های آفتابگردان روغنی مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of studied oily sunflower genotypes

کد	ژنوتیپ	تیپ	کد	ژنوتیپ	تیپ	کد	ژنوتیپ	تیپ
۱	RHA266	BL	۳۳	C141b	RIL	۶۵	LR57	RIL
۲	PAC2	BL	۳۴	LR44	RIL	۶۶	C153	RIL
۳	C105	RIL	۳۵	C75	RIL	۶۷	LR59	RIL
۴	C125a	RIL	۳۶	C54	RIL	۶۸	M8-54-1	RIL
۵	C55	RIL	۳۷	LR42	RIL	۶۹	C95	RIL
۶	LR16b	RIL	۳۸	C148	RIL	۷۰	C88	RIL
۷	C60b	RIL	۳۹	C106	RIL	۷۱	C111	RIL
۸	C120	RIL	۴۰	C93	RIL	۷۲	C62	RIL
۹	C112	RIL	۴۱	C89	RIL	۷۳	C146	RIL
۱۰	C126	RIL	۴۲	LR20a	RIL	۷۴	LR34	RIL
۱۱	LR7	RIL	۴۳	C40	RIL	۷۵	C103	RIL
۱۲	C128	RIL	۴۴	C90	RIL	۷۶	LR67	RIL
۱۳	LR25a	RIL	۴۵	LR16a	RIL	۷۷	C107b	RIL
۱۴	C138	RIL	۴۶	LR35	RIL	۷۸	LR45a	RIL
۱۵	C70	RIL	۴۷	C86	RIL	۷۹	C36	RIL
۱۶	LR53	RIL	۴۸	C91	RIL	۸۰	LR41a	RIL
۱۷	C137	RIL	۴۹	LR8	RIL	۸۱	C42	RIL
۱۸	LR53	RIL	۵۰	C83	RIL	۸۲	C61	RIL
۱۹	LR39	RIL	۵۱	C80	RIL	۸۳	C92	RIL
۲۰	LR51	RIL	۵۲	C123	RIL	۸۴	C107a	RIL
۲۱	LR5	RIL	۵۳	C153	RIL	۸۵	C82	RIL
۲۲	C108	RIL	۵۴	C98b	RIL	۸۶	LR63	RIL
۲۳	LR64	RIL	۵۵	LR54	RIL	۸۷	C81	RIL
۲۴	C41	RIL	۵۶	C78	RIL	۸۸	C142	RIL
۲۵	C150	RIL	۵۷	C121	RIL	۸۹	C76	RIL
۲۶	C34	RIL	۵۸	C147	RIL	۹۰	C143	RIL
۲۷	C131	RIL	۵۹	C124	RIL	۹۱	AS613	RIL
۲۸	C134a	RIL	۶۰	LR32	RIL	۹۲	C74	RIL
۲۹	C115	RIL	۶۱	LR1	RIL	۹۳	C98a	RIL
۳۰	LR19	RIL	۶۲	LR28	RIL	۹۴	LR18b	RIL
۳۱	C77	RIL	۶۳	C126	RIL	۹۵	C64	RIL
۳۲	C139	RIL	۶۴	R-30-1 Clare	RIL			

BL: لاین اصلاحی، RIL: لاین یا رگه خویش آمیخته نوترکیب

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در این آزمایش

Table 2. Results of soil analysis used in the present experiment

pH	EC	OC	OM	CaCO3	Clay	Silt	Sand	Texture	K	P
-	dS/m	%	%	%	%	%	%	-	mg/kg	mg/kg
7.96	1.09	0.68	1.17	12.0	24	40	36	Loam	218.96	16

pH: پتانسیل هیدروژن، EC: هدایت الکتریکی، OC: کربن عالی، OM: ماده عالی، K: پتاسیم، P: فسفر

نتایج و بحث

ارزیابی واکنش فیزیولوژیک لاین‌های آفتابگردان روغنی در مقابل تنش شوری

بر اساس نتایج آماره‌های توصیفی، بیشترین مقادیر ضریب تنوع فنوتیپی در صفات نسبت پتاسیم به سدیم (۶۲/۵۳ درصد) و عملکرد دانه (۵۸/۲۶ درصد) و در شرایط تنش شوری مشاهده شد. در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، صفات محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ از ضریب تنوع کمتری برخوردار بودند (جدول ۳). دلیل کم بودن ضریب تنوع صفات ذکر شده در مقایسه با سایر صفات را می‌توان به‌دلیل فشار گزینشی زیاد در طول زمان و به تبع آن کاهش دامنه تغییرات فنوتیپی صفات دانست (جدول ۳).

مشاهده دامنه تغییرات وسیع برای بعضی از صفات مورد بررسی در این پژوهش، از نظر به‌نژادی گیاهی دارای اهمیت می‌باشد. برای نمونه، دامنه تغییرات وسیع برای صفتی مانند نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری در محدوده ۶۳/۴۸۷ گرم (لاین C75) الی ۵/۰۳ گرم (لاین C61) حاکی از آن است که اصلاح‌گر می‌تواند در جهت به‌نژادی ارقامی با مقاومت بالا و به تبع آن عملکرد بالا اقدام نماید.

نتایج آماره‌های توصیفی نشان داد که میانگین تمامی صفات مورد مطالعه به غیر از سدیم تحت شرایط تنش شوری نسبت به شرایط عادی کاهش داشته است (جدول ۳). در این بررسی، بیشترین میزان کاهش مربوط به نسبت پتاسیم به سدیم (۴۷/۴۹ درصد)، میزان پتاسیم (۲۳/۰۸ درصد) و

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

عملکرد دانه (۹/۴۸ درصد) و کمترین میزان کاهش مربوط به محتوای کلروفیل (۱/۳۴ درصد) و محتوای نسبی آب برگ (۲/۶۷ درصد) بود (جدول ۳). میانگین میزان سدیم برخلاف پتاسیم در شرایط تنش ۶۳/۰۵ درصد بیشتر از شرایط بدون تنش بود (جدول ۳).

شهباز و همکاران (۴۱) و انورالحق و همکاران (۴) نتیجه مشابهی را در آفتابگردان مبنی بر کاهش K^+ و نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین افزایش غلظت سدیم در اثر تنش شوری گزارش کردند. افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم در اثر شوری در کلزا (۸) نیز گزارش شده است.

بر اساس یافته‌های محققین غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه به‌عنوان یکی از معیارهای مهم برای تعیین تحمل به شوری است (۴۶،۳). لاین‌های C61، LR64، C139، C153، LR18b و C121 دارای بیشترین محتوای K^+ و نسبت $\frac{K^+}{Na^+}$ بودند بنابراین می‌توان این لاین‌ها را به‌عنوان لاین‌های بالقوه متحمل به تنش شوری معرفی نمود. همچنین کاهش عملکرد دانه، فتوسنتز خالص، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ‌ها با اعمال تنش شوری در توافق با گزارشات قبلی (۴۱،۳۸،۲۷،۲۳،۱۹،۴) در آفتابگردان می‌باشد.

کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت تنش، از غلظت بالای نمک در محیط خارجی نتیجه می‌شود که در سطح سلولی پتانسیل اسمزی و دهیدراسیون ایجاد می‌کند (۲۶).

از طرفی تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن[1] بر ساختار کلروپلاست آسیب می‌رساند و این باعث کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (۱۳). پورموسوی و همکاران (۳۵) مشاهده کردند در صورتی‌که در سویا تنش شوری شدید و طولانی مدت اعمال شود مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش پیدا می‌کند. ایشان هم‌چنین اظهار داشتند که در شرایط نرمال احتمالاً به‌دلیل وجود سلول‌های بزرگتر در واحد وزن برگ، میزان کلروفیل افزایش می‌یابد. در مطالعه انورالحق و همکاران (۴) در گیاه آفتابگردان نیز کاهش سطح برگ و کاهش محتوای کلروفیل برگ با افزایش شدت تنش شوری مشاهده گردیده است.

در شرایط تنش شوری به‌دلیل کاهش جذب کربن، هدایت روزنه‌ای پایین‌تر و مهار ظرفیت فتوشیمیایی و یا ترکیبی از این سه عامل، کاهش در میزان فتوسنتز مشاهده شده است (۲۳،۱۸).

یافته های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که برای صفت عملکرد دانه لاین‌های C142 و C61 دارای میانگین بیشتر از والدین و لاین‌های C82، C78 و C124 دارای میانگین کمتر از والدین هستند. مشاهده لاین‌هایی با میانگین کمتر و بیشتر از والدین برای صفات مورد مطالعه در شرایط نرمال و تنش شوری اشاره به پدیده تفکیک متجاوز[2] برای مقاومت به شوری در جمعیت مورد مطالعه دارد. وقوع پدیده تفکیک متجاوز در نتیجه به اشتراک گذاشتن ژن‌های متفاوت تحمل به شوری از طریق والدین و هم‌چنین ماهیت پلی‌ژنی بودن صفت تحمل به شوری می‌باشد (۱۰) که می‌توان لاین‌های امیدبخش از نظر صفات مورد مطالعه را شناسایی و از آن‌ها در جهت هرمی نمودن ژن‌های مربوطه در یک زمینه ژنتیکی استفاده نمود.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین لاین‌های مورد بررسی از نظر صفات عملکرد دانه، فتوسنتز خالص، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ و بین سطوح مختلف تنش شوری برای صفات عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد (جدول ۴). بر اساس نتایج تجزیه واریانس بین سطوح مختلف تنش و لاین‌های مختلف از نظر میزان عناصر K^+ و Na^+ و نسبت $\frac{K^+}{Na^+}$ نیز اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). اثر متقابل ژنوتیپ × تنش شوری برای صفات میزان K^+ و Na^+ معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که میانگین مربعات برای میزان Na^+ در شرایط تنش شوری معنی‌دار بوده (جدول ۵) و بنابراین از نظر این صفت لاین‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی نشان می‌دهند به‌عبارت دیگر سطح میزان Na^+ در لاین ها از نظر ژنتیکی متفاوت است. محدوده ضریب تغیرات در جدول تجزیه واریانس بین ۱۰/۵۱ تا ۵۲/۹۴ بود. ضریب تغییرات در جدول تجزیه واریانس دقت آزمایش را نشان می‌دهد. مقادیر کمتر از ۳۰ درصد حاکی از دقت بالای آزمایش است ولی اگر ضریب تغییرات بیش از ۳۰ درصد باشد نشان می‌دهد آزمایش لازم است تکرار شود. البته در مواقعی اگر آماره F تیمار معنی‌دار باشد لازم به تکرار آزمایش نیست. اعتقاد بر این است در چنین مواقعی اختلاف بین تیمارها به حدی است که با وجود بالا بودن ضریب تغییرات (بالا بودن واریانس اشتباه آزمایشی) اختلافات معنی‌دار خود را نشان می‌دهند. برای برخی از صفات در تعدادی از ژنوتیپ ها داده گم شده وجود داشت؛ بدین صورت که اندازه‌گیری صفات در تعدادی از ژنوتیپ‌ها "به کل" میسر نشد و در رابطه با بعضی ژنوتیپ‌ها اندازه گیری‌ها در کمتر از ۳ تکرار (۲ تکرار) انجام گرفت به این خاطر درجه آزادی منابع تغییر در جدول تجزیه واریانس برای صفات متفاوت است.

1- Reactive oxygen species (ROS)

2- Transgressive segregation

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

جدول ۳- مقادیر آماره‌های توصیفی در لاین‌های آفتابگردان روغنی تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 3. Descriptive statistics in oily sunflower lines under normal and salinity stress conditions

صفات	میانگین		دامنه تغییرات		ضریب تنوع (٪)		کاهش صفت در شرایط تنش	بهترین ژنوتیپ از نظر صفت	
	نرمال	شوری	نرمال	شوری	نرمال	شوری	شوری (٪)	نرمال	شوری
عملکرد دانه (گرم)	۱۲/۵۲	۱۱/۳۴	۰/۶۳ -۳۷/۵۷	۰/۵۹-۲۸/۷۴	۵۸/۸۹	۵۸/۲۶	۹/۴۸	C142	C142
محتوای کلروفیل (عدد SPAD)	۳۵/۷۴	۳۵/۲۷	۱۸/۵-۵۲/۶۳	۲۲/۱-۴۷/۶۷	۱۶	۱۲/۲۲	۱/۳۴	C70	LR54
فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}\ s$)	۱۱/۰۱	۱۰/۵۵	۳/۲۱-۱۸/۳۹	۱/۱۲-۱۴/۱۵	۲۳/۰۹	۲۳/۷	۴/۲۷	LR39	C115
محتوای نسبی آب برگ (٪)	۷۲/۵۲	۷۰/۵۹	۵۵/۳۹-۹۲/۴۵	۵۲/۶-۸۳/۰۱	۱۰/۵۷	۹/۹	۲/۶۷	C92	C34
پتاسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۴/۲۹	۳/۳۱	۰/۸۷ -۷/۲۳	۱/۷۱ -۶/۲	۲۴/۵۳	۲۲/۷۸	۲۳/۰۸	C88	C139
سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۰۴ -۰/۳۲	۰/۰۷ -۰/۴۸	۳۷/۵	۳۶/۸۹	-۶۳/۰۵	C120	C113
$\frac{K^+}{Na^+}$	۳۳/۰۲	۱۷/۳۴	۷/۴۸ -۷۲/۱۳	۵/۰۳ -۶۳/۴۸	۴۸/۹۶	۶۲/۵۳	۴۷/۴۹	C75	C61

جدول ۴- میانگین مربعات تنش شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر روی عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان روغنی

Table 4. Mean squares of salinity stress, genotype and their interaction on yield and some physiological traits of oily sunflower

منابع تغییرات	درجه آزادی							میانگین مربعات						
	عملکرد	محتوای کلروفیل	RWC	K^+	Na^+	$\frac{K^+}{Na^+}$	فتوسنتز خالص	عملکرد (گرم)	محتوای کلروفیل (عدد SPAD)	RWC (٪)	K^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	Na^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	$\frac{K^+}{Na^+}$	فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}\ s$)
شوری	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲۹۸/۹۵**	۴/۵۸^{ns}	۳۷۸/۳۶**	۱۰۰/۰۹**	۱/۱۴**	۲۴۸/۴۳**	۳۲/۴۹^{ns}
ژنوتیپ	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۱	۷۹	۷۹	۷۹	۹۶	۱۷۵/۰۱**	۱۴۲/۵۲**	۱۸۴/۸۴**	۲/۳۶**	۰/۰۲**	۴/۱۹*	۲۰/۰۴*
ژنوتیپ × شوری	۹۵	۱۰۲	۹۹	۷۹	۷۹	۷۹	۹۴	۲۷/۳۳^{ns}	۴۳/۴۳^{ns}	۶۲/۳۶^{ns}	۱/۹۱*	۰/۰۱*	۲/۴۸^{ns}	۷/۵۳^{ns}
خطا	۲۸۸	۳۹۳	۳۳۲	۲۷۶	۲۵۷	۲۷۶	۱۷۴	۳۵/۶۲	۳۵/۳۸	۵۶/۸۸	۱/۲۳	۰/۰۰۹	۲/۳	۱۱/۱۴
ضریب تغییرات (٪)								۵۲/۹۴	۱۶/۹۶	۱۰/۵۱	۲۹/۳۴	۴۷/۰۵	۳۲/۷۷	۳۱/۵۲

ns: غیر معنی‌دار، *، ** و ***: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۵- برش‌دهی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ برای برخی صفات در آفتابگردان روغنی

Table 5. Slicing the effect of interaction between salinity and genotypes for some traits in oily sunflower

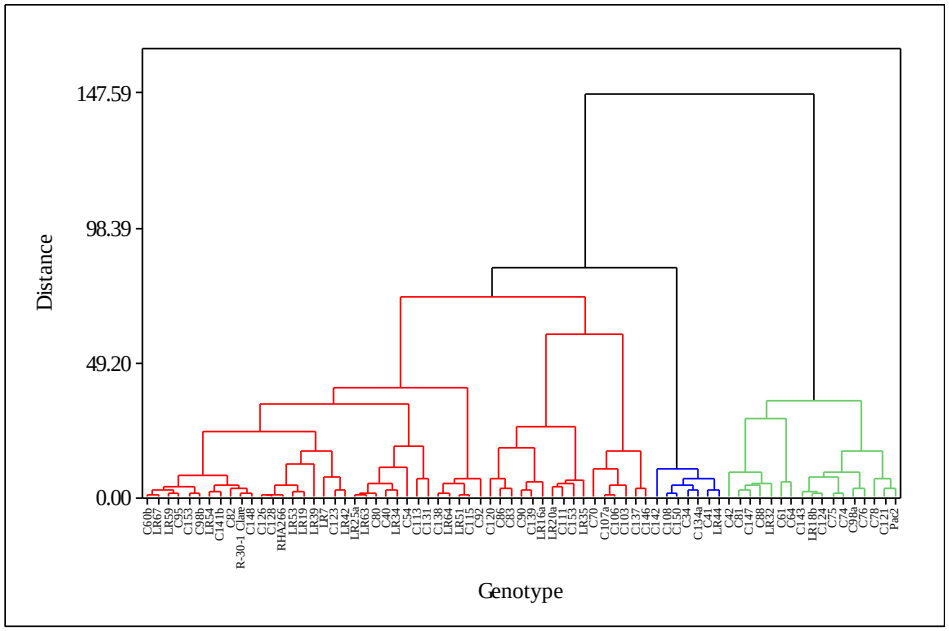
منابع تغییرات	درجه آزادی		میانگین مربعات	
	K^+	Na^+	K^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	Na^+ (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)
سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر مربع	۷۹	۷۹	۱/۴۱^{ns}	۰/۰۲۳**
نرمال	۷۹	۷۹	۲/۹۵**	۰/۰۱^{ns}

ns: غیر معنی‌دار، *، ** و ***: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه آفتابگردان

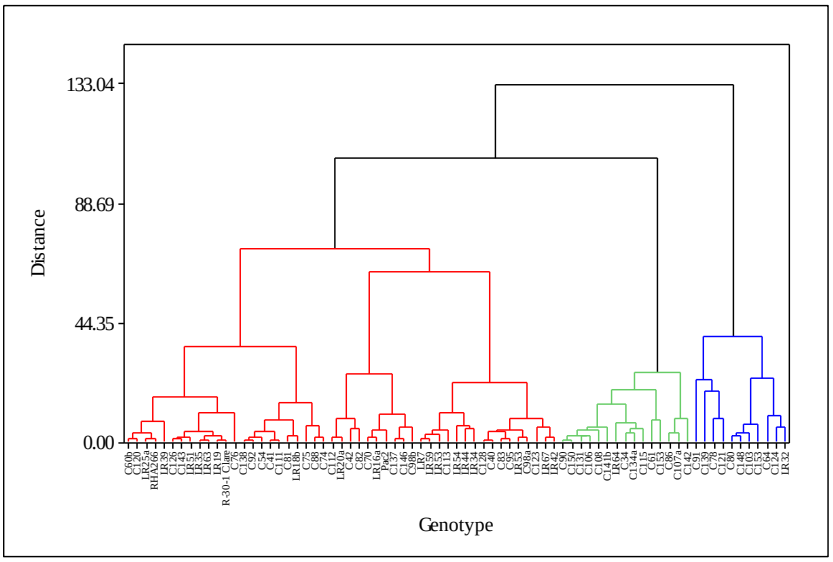
گروه‌بندی لاین‌های مورد بررسی در شرایط نرمال (شکل ۱) و تنش شوری (شکل ۲) انجام گرفت. در شرایط بدون تنش در خوشه اول، دوم و سوم به ترتیب ۴۹، ۱۷ و ۷ لاین و در شرایط تنش شوری به ترتیب ۴۹، ۱۵ و ۱۱ لاین در خوشه‌های مربوطه قرار گرفتند. خط برش در شرایط نرمال در فاصله ۷۰/۰۷ و در شرایط تنش شوری در فاصله ۷۲/۰۱ انتخاب شد. خط برش از طریق چشمی از جاییکه فاصله زیاد بین خوشه‌ها مشاهده شد انتخاب گردید. بیشترین فاصله در شرایط بدون تنش بین دو خوشه ۲ و ۳ با مقدار ۳/۹۵ و در شرایط تنش با مقدار ۳/۶۳ (جدول ۶) به‌دست آمد که در واقع ناشی از وجود تنوع ژنتیکی بین ۲ مجموعه لاین‌های موجود در این دو خوشه می‌باشد. تنوع ژنتیکی، به‌نژادگران گیاهی را قادر می‌سازد تا به‌واسطه انتخاب و اصلاح، ژنوتیپ های جدید و با عملکرد بیشتر تولید کنند که به تغییرات محیطی مانند شوری سازگار باشند (۱۶). این اطلاعات برای تعیین والدین مناسب در برنامه‌های دورگ‌گیری مفید می‌باشد. با توجه به فاصله زیاد بین دو خوشه ۲ و ۳ احتمالاً بیشترین موفقیت در تلاقی بین لاین‌های این دو گروه به‌دست خواهد آمد. نتایج گروه‌بندی لاین‌ها به‌همراه نتایج آماره‌های توصیفی نشان می‌دهد که لاین‌های دارای بیشترین مقادیر از قبیل C142، C34 و C61 در شرایط نرمال در خوشه ۳، و بعد از اعمال تنش شوری در خوشه ۲ قرار گرفته‌اند. مقایسه میانگین خوشه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آزمون توکی (جدول ۷)، نشان داد که در شرایط تنش شوری و نرمال بیشترین مقدار میانگین‌ها برای اکثریت صفات با تفاوت معنی‌دار، به‌ترتیب در خوشه ۲ و ۳، بیشترین و کمترین مقدار میانگین‌ها در شرایط تنش شوری به ترتیب در خوشه ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های خویش‌آمیخته نوترکیب آفتابگردان روغنی در شرایط بدون تنش شوری به روش Ward

Figure 1. Dendrogram resulting from cluster analysis of oily sunflower recombinant inbred lines in non-salt stressed conditions by using Ward method



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های خویش‌آمیخته نوترکیب آفتابگردان روغنی در شرایط تنش شوری به روش Ward

Figure 2. Dendrogram resulting from cluster analysis of oily sunflower recombinant inbred lines in salt stressed conditions by using Ward method

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

جدول ۶- فواصل محاسبه شده بین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 6. Calculated intervals between groups resulting from cluster analysis

کلاستر	تعداد لاین در کلاستر	کلاستر ۱	کلاستر ۲	کلاستر ۳
شرایط بدون تنش شوری (Non-salt stress conditions)				
کلاستر ۱	۴۹	۰		
کلاستر ۲	۱۷	۲/۲۵	۰	
کلاستر ۳	۷	۲/۶۱	۳/۹۵	۰
شرایط تنش شوری (Salt stress conditions)				
کلاستر ۱	۴۹	۰		
کلاستر ۲	۱۵	۲/۱۴	۰	
کلاستر ۳	۱۱	۲/۵	۳/۶۳	۰

جدول ۷- مقایسه‌ی میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از آزمون توکی

Table 7. Mean comparison among groups resulting from Ward cluster analysis by using Tukey test

صفات	میانگین		
	کلاستر ۱	کلاستر ۲	کلاستر ۳
شرایط بدون تنش شوری (Non-salt stress conditions)			
عملکرد دانه (گرم)	۱۱/۸۵^{a}	۹/۱۸^{a}	۲۳/۳۴^{b}
محتوای کلروفیل (عدد SPAD)	۳۶/۶۷^{b}	۳۱/۶۲^{a}	۴۰/۷۴^{b}
فتوسنتز خالص($\mu mol\ m^{-2}\ s$)	۱۱/۳۶^{b}	۸/۸۵^{a}	۱۲/۷۳^{b}
محتوای نسبی آب برگ (٪)	۷۲/۸۷^{ab}	۶۷/۰۲^{a}	۷۸/۵۴^{b}
پتاسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۳/۹۲^{a}	۵/۴۴^{b}	۴/۱۶^{a}
سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۰/۱۸^{b}	۰/۱۲۵^{a}	۰/۱۲۳^{a}
شرایط تنش شوری (Salt stress conditions)			
عملکرد دانه (گرم)	۸/۷۱^{a}	۲۰/۹۱^{b}	۹/۹۹^{a}
محتوای کلروفیل (عدد SPAD)	۳۵/۷۵^{b}	۳۶/۲۷^{b}	۳۲/۰۸^{a}
فتوسنتز خالص($\mu mol\ m^{-2}\ s$)	۱۰/۹۴^{b}	۱۱/۴۵^{b}	۷/۵۵^{a}
محتوای نسبی آب برگ (٪)	۷۱/۳۵^{b}	۷۲/۲۴^{b}	۶۵/۱۶^{a}
پتاسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۳/۱۷^{a}	۳/۰۲^{a}	۴/۱۵^{b}
سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۰/۲۷^{a}	۰/۲۲^{a}	۰/۲۶^{a}

حروف مشترک در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف بین خوشه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

تنش شوری باعث کاهش مقادیر کلیه صفات به‌جز سدیم در آفتابگردان می‌شود. در آفتابگردان، صفات غلظت یون پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند و بیشترین مقدار درصد کاهش در شرایط تنش نیز مربوط به این صفات است. مطابق با یافته‌های قبلی در آفتابگردان، نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم از معیارهای مهم برای تعیین تحمل به تنش شوری در آفتابگردان است. بر این اساس، لاین‌های خویش آمیخته نوترکیب C61، LR64، C139، C153، LR18b و C121 با دارا بودن بیشترین محتوای K^{+} و نسبت $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$ به‌عنوان لاین‌های بالقوه متحمل به تنش شوری معرفی می‌شوند. گروه‌بندی ژرم پلاسم مورد بررسی بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در آن می‌باشد که وجود چنین تنوعی لازمه انتخاب ژنوتیپ‌های والدی مناسب برای تهیه جمعیت‌های در حال تفرق به‌منظور شناسایی مکان‌های ژنی درگیر در تحمل به تنش شوری در آفتابگردان می‌باشد.

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

منابع

1. Achakzai, A.K., K.M. Rahman, M. Yaqoob, A. Sarangzai, M.Y.K. Barozai and M. Din. 2015. Stem and leaf response of sunflower hybrids to salt stress. Pakistan Journal of Botany, 47: 2063-2067.
2. Ahmadpour, S., O. Sofalian and R. Darvishzadeh. 2017. Genetic diversity of oily sunflower lines under normal and salt stress conditions using multivariate statistical analysis methods. Iranian Journal of Field Crop Science, 48(2): 399-411.
3. Akram, M., M.Y. Ashraf, R. Ahmad, E.A. Waraich, J. Iqbal and M. Mohsan. 2010. Screening for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early seedling stage. Pakistan Journal of Botany, 42: 141-154.
4. Anwar-ul-Haq, M., S. Akram, J. Akhtar, M. Saqib, Z.A. Saqib, G.H. Abbasi and M. Jan. 2013. Morphol- ohysiological characthrization of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) under saline condition. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 50: 49-54.
5. Arzani, A. 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: biotechnology view. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 44: 373-383.
6. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2013. Crop breeding for salt tolerance in the era of molecular markers and marker-assisted selection. Plant Breeding, 132: 10-20.
7. Asia Khaton, M., S. Qureshi and M.K. Hssain. 2000. Effect of salinity on some yield parameters of sunflower. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 382-384.
8. Bybordi, A., S.J. Tabatabaei and A. Ahmadey. 2010. NaCl salinity effect on qualitative, quantitative and physiological attributes of winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Water and Soil, 24: 334-346.
9. Canama, T., X. Li, J. Holowachukb, M. Yu, J. Xia, R. Mandal, R. Krishnamurthy, S. Bouatra, I. Sinelnikov, B. Yu, L. Grenkow, D.S. Wishart, H. Steppuhn, K.C. Falk, T.J. Dumonceaux and M.Y. Gruber. 2013. Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown-seeded and yellow-seeded *Brassica carinata* lines. Plant Science, 198: 17-26.
10. Dashti, H., M.R. Naghavi and A. Tajabadipour. 2010. Genetic analysis of salinity tolerance in a bread wheat cross. Journal of Agricultural Science and Technology, 12: 347-356.
11. Dehghani, M., G.H. Shiresmaeili and F. Qolamhosein. 2010. Effect of irrigation water salinity on three commercial sunflower hybrids. Water Research in Agriculture, 28(1): 191-199.
12. Demir, M. and A. Ozturk. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27: 224-227.
13. Desingh, R. and G. Kanagaraj. 2007. Influence of salinity stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. General and Applied Plant Physiology, 33: 221-234.
14. Ebrahimi, R. and S.C. Bhatla. 2012. Ion distribution measured by electron probe X-ray microanalysis in apoplastic & symplastic pathways in root cells in sunflower plants grown in saline medium. Journal Biosciences, 37: 713-721.
15. FAO (Food and Agriculture Organization) Rome. 2016. http://faostat.fao.org/.
16. Faraghei, S.H., M. Farshadfar and E. Farshadfar. 2007 Study of chemical composition and nutrition value of perennial Lucerne (*Medicago sativa* L.) and genetic diversity based on SDS- PAGE marker. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15: 196-210.
17. Francois, L.E. 1996. Salinity effects on four sunflower hybrids. Agronomy Journal, 88(2): 215-219.
18. Gaballah, M.S., S.A. Ouda, M.S. Mendour and M.M. Rady. 2006. Predicting the role of antioxidant and irrigation on sunflower yield grown under saline conditions. Proceeding of International Conference: ESTW, 30-35.
19. Gunes, A., A. Inal, E. Guneri Bagci and D.J. Pilbeam. 2007. Silicon-mediated changes of some physiological andenzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. Plant and Soil, 290: 103-114.
20. Hameed, M., T. Nawaz, M. Ashraf, N. Naz, R. Batool, M.S.A. Ahmad and A. Riaz. 2013. Physioanatomical adaptations in response to salt stress in Sporobolus arabicus (*Poaceae*) from the Salt Range, Pakistan. Turkish Journal of Botany, 37: 715-724.
21. Hasegawa, P.M. 2013. Sodium (Na^+) homeostasis and salt tolerance of plants. Environmental and Experimental Botany, 150: 19-31.
22. Heidari, A., M. Toorchi, A. Bandehag, and M.R. Shakiba. 2011. Effect of NaCl Stress on Growth, Water Relations, Organic and Inorganic Osmolytes Accumulation in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Lines. Universal Journal of Environmental Research and Technology, 3: 351-362.
23. Hussain, S.A., J. Akhtar, M.A. Haq, M.A. Riaz and Saqib, Z.A. 2008. Ionic concentration and growth response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes under saline and/ or sodic water application. Soil & Environment, 27: 177-184.
24. Johnson, R.C., R.E. Witters, and D.M. Sanches. 1992. Daily pattern of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat. Agronomy Journal, 73: 414-418.
25. Kafi, M., A. Berzai, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masumi and C. Nabati. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 502 pp.

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

26. Katsuhara, M., Y.T. Hanba, K. Shiratake and M. Maeshima. 2008. Expanding roles of plant aquaporins in plasma membranes and cell organelles. Functional Plant Biology, 35: 1-14.
27. Khan, A., I. Iqbal, I. Ahmad, N. Nawaz and M. Navaz. 2014. Role of prolin to induce salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Science, Technology and Development, 33: 88-93.
28. Khan, M.A. and S. Gulzar. 2003. Germination responses of Sporobolus ioclados: A saline desert grass. Journal of Arid Environments, 55: 453-A464.
29. Kumar, K., M. Kumar, S.R. Kim, H. Ryu and Y.G. Cho. 2013. Insinghts into genomics of salt stress responses in rice. Rice, 6: 27.
30. Liu, J. and D.C. Shi. 2010. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, inorganic ion and organic acid accumulations of sunflower in responses to salt and salt-alkaline mixed stress. Photosynthetica, 48: 127-134.
31. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.
32. Maas, E.V. and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance current assessment. ASCE J. Irrig. Drainage Div., 103(IR2): 115-134.
33. Morsali Aghajari, F. 2015. Identification of QTL controlling traits in sunflower under different levels of salt stress. M.Sc. Thesis, Urmia University, Urmia, Iran, 192 pp.
34. Okhovatian Ardakani, A.R., M. Mehrabanian, F. Dehghani and A. Ak-barzadeh. 2010. Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. Plant, Soil and Environment, 56: 176-185.
35. Poor Mousavi, M., M. Galavy and J. Daneshian. 2007. Effects of drought and manure on water content and membrane stability and leaf chlorophyll content of soybean. Journal of Agriculture Science and Natural Resources, 14: 125-133.
36. Rady, M.M., M.S. Sadak, H.M.S. El-Bassiouny and A.A. Abd El-Monem. 2011. Alleviation of the adverse effects of salinity stress in sunflower cultivars using nicotinamide and α-Tocopherol. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5: 342-355.
37. Rai, M.K., R.K. Kalia, R. Singh, M.P. Gangola and A.K. Dhawan. 2011. Developing stress tolerant plants through in vitro selection-An overview of the recent progress. Environmental & Experimental Botany, 71: 89-98.
38. Reddy, M.P. and A.B. Vora. 2005. Salinity induced changes in pigment composition and chlorophyllase activity of chelidonium. Indian Journal of Plant Physiology, 29: 331-334.
39. Ryan, J., G. Estefan and A. Rashid. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Jointly published by the International Centre Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria and National Agric. Res. Centre (NARC), Islamabad.
40. Seiler, G., C.C. Jan. 2010. Basic information. In Hu, J., Seiler, G. and Kole, C. (eds). Genetics, genomics and breeding of sunflower, 1-50 pp.
41. Shahbaz, M., M. Ashraf, N. Akram, A. Hanif, S. Hameed, S. Joham, and R. Rehman, 2011. Saltinduced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Acta physiologiae Plantarum, 33: 1113-1122.
42. Shahin Kaleybar, B., Gh. Nematzadeh, S.H.R. Hashemi, H. Askari and S. Kabirnataj. 2013. Physiological and genetic responses of halophyte *Aeluropus littoralis* to salinity. Journal of Crop Breeding, 5(12): 15-29.
43. Sharbatkhari, M., S. Galeshi, Z.S. Shobbar, B. Nakhoda and M. Shahbazi. 2013. Assessment of agro-physiological traits for salt tolerance in drought-tolerant wheat genotypes. International Journal of Plant Production, 7(3): 437-453.
44. Shokrpour, M. and E. Esfandiari. 2014. Grouping different wheat varieties for salt tolerance using some biochemical and physiological indices. Journal of Crop Breeding, 6(14): 54-66.
45. Silveira, J.A., R.A. Viegas, I.M. Rocha, A.C. Moreira, R.A. Moreira and J.T. Oliveira. 2003. Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt- induced proteolysis in cashew leaves. Plant Physiology, 160: 115-123.
46. Summart, J., P. Thanonkeo, S. Panichajakul, P. Prathepha and M.T. McManus. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Khao Dawk Mali 105, callus culture. African Journal of Biotechnology, 9: 145- 152.
47. Tezara, W., V. Mitchell, S.P. Driscoll and W. Lawlor. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO2 supply on biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. Journal of Experimental Botany, 53: 1781-1791.
48. USDA-ARS. 2008. Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. George E. Brown, Jr. Salinity Lab. US Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Riverside, CA. http://www. ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908.
49. Xu Y. 2002. Global view of QTL: rice as a model. In: Kang MS, editor. Quantitative genetics, genomics and plant breeding. Wallingford (UK): CAB Int., 109-134.
50. Younesi-Melerdi, E., Gh. Nematzadeh and E. Shokri. 2018. Isolation and gene expression investigation in photosynthetic isoform of phosphoenolpyruvate carboxylase gene in halophytic grass Aeluropus littoralis under salinity stress. Journal of Crop Breeding, 9(24): 69-78.

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]

Selection of Salinity Tolerant Lines of Sunflower using some Physiological Characteristics

Fariba Morsali Aghajari[1], Reza Darvishzadeh[2], Hamid Hatami Maleki[3], Esmail Gholinezhad[4] and Abdolghader Kalantar[5]

1- M.Sc. in Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding Author: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Plant Genetics and Production, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
4- Associate Professor Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
5-PhD in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
Recueved: January 1, 2018 Accepted: September 30, 2018

Abstract
Abiotic stress such as drought and salinity stresses considered as important problem in arid and semi-arid regions which have negative impacts on the growth and development of plants. In addition to toxicity effect of salinity stress, it causes drought stress. In this research, for selection of salinity tolerant lines of sunflower using physiological indices, a sunflower germplasm including 100 inbred lines were inspected under both normal and salinity (6 ds/m^2) state. Experiment was done in pots which arrayed considering factorial experiment based on complete randomized design with three replications in outdoor conditions. The results showed the significant effect of salinity on seed yield, relative water content, Na^+, K^+ and K^+/Na^+ ratio. The effect of genotype was significant on net photosynthesis and chlorophyll content in addition to above mentioned traits. Mean value of studied characters except of sodium concentration were reduced under salt stress compared to normal. In this research, most reduction was observed in K^+/Na^+ ratio (47.49%), K^+ (23.08%) and grain yield (13.84%) and the lowest reduction was observed in chlorophyll content (1.34%) and leaf relative water content (2.67%). Regarding response of the studied lines against salinity stress, inspected germplasm was separated into three groups. Cluster mean comparisons using Tukey test in salinity stress conditions revealed that the highest and lowest mean of traits were observed in clusters II and III, respectively. Recombinant inbred lines including C61, C34, C134a and C153 showed the highest values for most of studied traits specially for K^+ content and K^+/Na^+ ratio. Potassium and potassium/sodium ratio in plant are one of the important criteria for determining salt tolerance; therefore, these lines are potentially introduced as salt tolerant lines.

Keywords: K^+/Na^+ ratio, Net photosynthesis, Oily sunflower, Relative water content, Salinity stress

[DOI: 10.29252/jcb.11.31.185]