



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

فریبا مرسلی آقاجری<sup>۱</sup>، رضا درویش زاده<sup>۲</sup>، حمید حاتمی‌ملکی<sup>۳</sup>، اسماعیل قلی‌نژاد<sup>۴</sup> و عبدالقدار کلاتر<sup>۵</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح بناهای، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه  
 ۲- استاد گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی ارومیه، توانیسندۀ مسحوب: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir  
 ۳- استادیار گروه مهندسی تولید و زنگنه گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه  
 ۴- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران  
 ۵- دانش آموخته 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 دارد. 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 ژرم پلاسم آفتابگردان روغنی و با استفاده از برخی صفات فیزیولوژیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در فضای آزاد و در گلدان انجام گرفت. نتایج نشان دهنده اثر معنی‌دار تنش شوری بر عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، غلظت عناظر  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  و نسبت پتانسیم به سدیم در گیاه آفتابگردان می‌باشد. اثر ژنتوپیپ علاوه بر صفات مذکور بر صفات فتوستنتر 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 پتانسیم به سدیم (۴۷/۴۹ درصد)، پتانسیم ( $23/۰/۸$  درصد) و عملکرد دانه ( $9/۴/۸$  درصد) و مطالعه به سه گروه مجزا تفکیک گردید. مقایسه میانگین خوش‌های حاصل از تجزیه خوش‌های با استفاده از ژرم پلاسم مورد مطالعه به سه گروه مجزا تفکیک گردید. مطالعه به سه گروه مجزا تفکیک گردید. مقایسه میانگین خوش‌های حاصل از تجزیه خوش‌های با استفاده از آزمون توکی نشان داد که در شرایط تنش شوری بیشترین و کمترین مقدار میانگین صفات به ترتیب در خوشة ۲ و ۳ مشاهده می‌شود. لاین‌های خویش آمیخته نوترکیب C134، C134a و C153 دارای بیشترین مقدار بروز از لحظه صفات مورد بررسی بهویژه محتوای  $\text{K}^+$  و نسبت پتانسیم به سدیم بودند. غلظت پتانسیم و نسبت پتانسیم به سدیم در گیاه به عنوان 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، فتوستنتر خالص، محتوای نسبی آب برگ، نسبت پتانسیم به سدیم

می‌شود که هدایت الکتریکی عصاره اشیاع آن بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر معادل حدود ۴۰ میلی‌مولا ر نمک کلرید سدیم و فشار اسمزی حدود ۲-۲ مگاپاسکال باشد (۴۸).

اگرچه مهم‌ترین معيار انتخاب ژنتوپیپ‌ها، 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 صرف آب، تداوم دوره فتوستنتری و استفاده بهینه از مواد فتوستنتری شده و بنابراین بهتر است گزینش و غربال کردن ژنتوپیپ‌ها 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 پتانسیم بر جوانهدن 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  $6/۴$  دسی‌زیمنس بر متر  $50$  درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد. فرانکویز (۱۷) تأثیر  $6$  سطح شوری آب آبیاری را بر روی یک رقم زراعی

مقدمه  
 آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی دولپه، یک‌ساله، یک‌پایه، دگرگرداده‌افشان و بومی آمریکای شمالی می‌باشد (۴۰). این گیاه به عنوان مهم‌ترین گیاه دانه روغنی بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام‌زمینی رتبه‌بندی می‌شود و رogen آن بهدلیل داشتن درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشبع و سطوح پایین کلسترول محبوبیت بیشتری دارد (۱). سطح زیر کشت آفتابگردان در دنیا در سال ۲۰۱۶ میلیون هکتار، با متوسط عملکرد  $1/۸$  تن در هکتار و تولید  $47/25$  میلیون تن بوده است (۱۵). تنش‌های غیرزیستی کل 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  $800$  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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  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  $\text{NaCl}$  برای ایجاد تنش استفاده می‌شود (۲۲). در تعریف شوری، خاک وقتی به عنوان خاک شور طبقه‌بندی

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 به ترتیب 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 تجزیه‌ی خاک مورد استفاده در آزمایش، در جدول ۲ ارایه شده است. جهت دست‌یابی به شوری ۶ دسی‌زیمنس‌برمتر، بر اساس مقدار شوری اولیه خاک هر گلدان مقدار ۹/۵ گرم نمک در ۵۰۰ سی‌سی آب حل و پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۸ برگی به هر گلدان اضافه گردید. جهت جلوگیری از تنفس اسمزی، اعمال تنفس 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 به وسیله دستگاه EC سنج<sup>۳</sup> انجام می‌گرفت.

در رابطه با انتخاب سطح تنفس، مقدار شوری یک "دسی‌زیمنس بر متر" بیشتر از حد آستانه در نظر گرفته شد. در ارزیابی تعداد بیشتری ژنتیک (غربال اولیه ژنتیک‌ها) معمولاً سطح تنفس را مالاییم در نظر می‌گیرند. به عبارت دیگر شدت تنفس را کمتر در نظر می‌گیرند تا مواد ژنتیکی، زیاد حذف نشود. احتمالاً این به دلیل ژنتیک مقاومت به تنفس‌ها است که معمولاً پیچیده و به صورت کمی است و آلل‌های زن‌های 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 استراتژی‌های اصلاحی از قبیل گزینش به کمک نشانگرها سعی در هرم‌بندی زن‌ها می‌نمایند تا بتوانند ارقامی با سطح مقاومت بالا تولید و توسعه دهند (۴۹).

آبیاری گلدان‌ها به صورت قطره‌ای انجام شد. در موقع آبیاری دقت می‌شد تا آب از زهکش گلدان‌ها خارج نشود. کوکدهی 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<sup>+</sup> (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی) و K<sup>+</sup> (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی) و همچنین نسبت  $\frac{K^+}{Na^+}$  برگ آفتابگردان به صورت زیر اندازه‌گیری شدند.

#### عناصر K<sup>+</sup> و Na<sup>+</sup>

نمونه برگ تازه از تکرار هر لاین انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از خشک شدن، نمونه در داخل هاون چینی ساییده و از الک ۰/۵ میلی‌متری (۳۵ مش) عبور داده شد. ۰/۵ گرم از هر نمونه در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره با دمای ۵۴ درجه سانتی‌گراد جهت خاکستر شدن قرار گرفت (باید

آفتابگردان مطالعه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که عملکرد نسی دانه تا شوری ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر عصاره اشیاع خاک تحت تأثیر قرار نگرفت ولی بعد از آن با هر واحد افزایش شوری عملکرد دانه ۵ درصد کاهش نشان داد و این کاهش عمدتاً به خاطر کاهش تعداد دانه در طبق بود. مرور منابع نشان می‌دهد که تنفس شوری باعث کاهش رشد آفتابگردان با تأثیر بر ارتفاع بوته، سطح برگ، محتویات کلروفیل، کاهش وزن و قطر طبق، تغییرات نسبت پتانسیم به سدیم و کاهش غلظت کلسیم می‌شود (۳۶، ۳۴، ۲۲، ۲۳، ۳). اثر شوری افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتانسیم و در نتیجه کاهش نسبت پتانسیم به سدیم در گیاه مشاهده می‌شود. بر این اساس، یکی از مکانیسم‌های تحمل گیاهان به شوری حفظ نسبت بالای پتانسیم به سدیم می‌باشد که از طریق توانایی گیاه در جذب فعال پتانسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می‌شود. به طوری که در غالی 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 پتانسیم، فسفر، نیتروژن، مینزیم، آهن، روی، سس و همچنین نسبت پتانسیم 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 روزنایی 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 مقرر 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 تجاری آفتابگردان شامل آستار، آذرگل و هایسان ۳۳ در مقابل ۴ سطح شوری آب آبیاری ۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر بررسی شد. نتایج نشان داد در شوری‌های بالاتر هیبرید هایسان ۳۳ در مقایسه با بقیه ارقام بیشترین عملکرد دانه را تولید می‌نماید (۱۱). در یک مطالعه واکنش ۱۰۰ لاین خالص آفتابگردان روغنی از نقاط مختلف جهان در هریک از شرایط نرمال و تنفس شوری بررسی شد. تعداد ۴ لاین بالاترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنفس شوری نشان دادند (۲). این پژوهش با هدف مطالعه و ارزیابی عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک در ژرم‌پلاسم آفتابگردان روغنی در پاسخ به تنفس شوری انجام گردیده است.

#### مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، تنفس شوری و ویژگی‌های فیزیولوژیکی در این پژوهش تعداد ۹۵ لاین خویش آمیخته توترکیب<sup>۱</sup> آفتابگردان حاصل از تلاقی دو لاین (♂) RHA266 و (♀) PAC2 به همراه والدین آن‌ها استفاده شدند (جدول ۱). والد PAC2 در مقایسه با والد RHA266 به شوری مقاوم تر است. در شرایط تنفس شوری عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه،

### محتوای کلروفیل برگ‌ها و فتوستنتر خالص

اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD)<sup>۱</sup> در مرحله پر شدن دانه‌ها، در صبح زود و با ایجاد اندکی سایه بر روی دستگاه انجام شد. اندازه‌گیری فتوستنتر خالص با استفاده از دستگاه HCM-1000 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  $1500 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  و  $30-33^\circ\text{C}$  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 فتوستنتر 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 فوتیتی و درصد کاهش صفت در شرایط تنش شوری (میانگین صفت در شرایط نرم/[میانگین صفت در شرایط تنش-میانگین صفت در شرایط نرم]) 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 انجام گرفت. این قسمت از تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام شد.

توجه شود که خاکستر به رنگ سفید در آمده باشد در غیر این صورت پروسه سوختن کامل نشده است. سپس نمونه موردنظر 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 فوتومتر<sup>۲</sup> (مدل Jenway Flame photometer PFP7) استفاده گردید.

### محتوای نسبی آب برگ<sup>۳</sup>

از هر تکرار مربوط به هر لاین یک برگ تازه و توسعه یافته انتخاب شده و در روی یخ (جهت جلوگیری از پژمردگی نمونه‌ها) بلافضله 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 اتفاق (در حدود  $25^\circ\text{C}$ ) 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 بدست 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.

1- Flame photometer

3- Soil-Plant Analyses Development [SPAD-502 (Minolta, Japan)]

2- Relative water content

4- Ward

جدول ۱- مشخصات ژنتیپ‌های آفتابگردان روغنی مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of studied oily sunflower genotypes

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

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	CaCO <sub>3</sub>	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: pH، EC: هدایت الکتریکی، OC: کربن عالی، OM: ماده عالی، K: پتاسیم، P: فسفر

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

نتایج آمارهای توصیفی نشان داد که میانگین تمامی صفات مورد مطالعه به غیر از سدیم تحت شرایط تنفس 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

## نتایج و بحث ارزیابی واکنش فیزیولوژیک لاین‌های آفتابگردان روغنی در مقابل تنفس شوری

بر اساس نتایج آمارهای توصیفی، بیشترین مقادیر ضریب تنوع فوتیپی در صفات نسبت پتاسیم به سدیم (۶۲/۵۳) درصد) و عملکرد دانه (۵۸/۲۶ (درصد) و در شرایط تنفس شوری مشاهده شد. در هر دو شرایط نرمال و تنفس 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 به دلیل فشار گزینشی زیاد در طول زمان و به تبع آن کاهش دامنه تغییرات فوتیپی صفات دانست (جدول ۳).

والدین و لاین‌های C82 و C124 دارای میانگین کمتر از والدین هستند. مشاهده لاین‌های با میانگین کمتر و بیشتر از والدین برای صفات مورد مطالعه در شرایط نرمال و تنفس شوری اشاره به پدیده تفکیک متباوز برای مقاومت به شوری در جمعیت مورد مطالعه دارد. وقوع پدیده تفکیک متباوز 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، فتوسترن خالص، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ و بین سطوح مختلف تنفس 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 تنفس و لاین‌های مختلف از نظر میزان عنصر  $K^+$  و  $Na^+$  و نسبت  $\frac{K^+}{Na^+}$  نیز اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). اثر متقابل ژنوتیپ × تنفس شوری برای صفات میزان  $K^+$  و  $Na^+$  معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که میانگین مربیات برای میزان  $Na^+$  در شرایط تنفس شوری معنی‌دار بوده (جدول ۵) و بنابراین از نظر این صفت لاین‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی نشان می‌دهند به عبارت دیگر سطح میزان  $Na^+$  در لاین‌ها از نظر ژنتیکی متفاوت است. محدوده ضریب تغیرات در جدول تجزیه واریانس بین ۱۰/۵۱ تا ۵۲/۹۴ بود. ضریب تغیرات در جدول تجزیه واریانس دقت آزمایش را نشان می‌دهد. مقادیر کمتر از ۳۰ درصد حاکی از دقت بالای آزمایش است ولی اگر ضریب تغیرات بیش از ۳۰ درصد باشد نشان می‌دهد آزمایش لازم است تکرار شود. البته در موقعی اگر آماره F تیمار معنی‌دار باشد لازم به تکرار آزمایش نیست. اعتقاد بر این است در چنین موقعی اختلاف بین تیمارها به حدی است که با وجود بالا بودن ضریب تغیرات (بالا بودن واریانس اشتباه آزمایشی) اختلافات معنی‌دار خود را نشان می‌دهند. برای برخی از صفات در تعدادی از ژنوتیپ‌ها داده گم شده وجود داشت؛ بدین صورت که اندازه‌گیری صفات در تعدادی از ژنوتیپ‌ها "به کل" میسر نشد و در رابطه با بعضی ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری‌ها در کمتر از ۳ تکرار (۲ تکرار) انجام گرفت به این خاطر درجه آزادی منابع تغییر در جدول تجزیه واریانس برای صفات متفاوت است.

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 پتانسیم در شرایط تنفس ۶۳/۰۵ درصد بیشتر از شرایط بدون تنفس بود (جدول ۳).

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

بر اساس یافته‌های محققین غلظت پتانسیم و نسبت پتانسیم به سدیم در گیاه به عنوان یکی از معیارهای مهم برای تعیین تحمل به شوری است (۴۶). لاین‌های LR64، C61، LR18b، C139 و C121 دارای بیشترین محتوای  $K^+$  و نسبت  $\frac{K^+}{Na^+}$  بودند بنابراین می‌توان این لاین‌ها را به عنوان لاین‌های بالقوه تحمل به تنفس شوری معرفی نمود. همچنین کاهش عملکرد دانه، فتوسترن خالص، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ‌ها با اعمال تنفس شوری در توافق با گزارشات قبلی (۴۱،۳۸،۴۷،۲۳،۱۹۴) در آفتابگردان می‌باشد.

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

از طرفی تنفس اکسیداتیو ناشی از افزایش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن<sup>۱</sup> بر ساختار کلروپلاست آسیب می‌رساند و این باعث کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (۱۳). پورموسی و همکاران (۳۵) مشاهده کردند در صورتی که در سویا تنفس 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 تنفس شوری مشاهده گردیده است.

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

یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که برای صفت عملکرد دانه لاین‌های C142 و C61 دارای میانگین بیشتر از

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	بهترین ژنتیپ از نظر صفت
	نرمال شوری	نرمال شوری	نرمال شوری	نرمال شوری	در شرایط تنش
عملکرد دانه (گرم)	۱۱/۳۴	۱۲/۵۲	۰/۶۳-۳۷/۵۷	۰/۵۹-۲۸/۷۴	۹/۴۸
محتوای کلوفل (عدد SPAD $\mu\text{mol m}^{-2}$ )	۳۵/۲۷	۳۵/۷۴	۱۸/۵-۵۲/۶۳	۱۲/۲-۲۲/۲۲	۱/۳۴
محتوای نسبی آب برگ (%)	۱۰/۵۵	۱۱/۰۱	۳/۲۱-۱۸/۳۹	۱/۱۲-۱۴/۱۵	۴/۲۷
پتانسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۷۰/۵۹	۷۲/۵۲	۵۵/۳۹-۹۷/۴۵	۵۲/۶-۸۳/۰۱	۹/۹
سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۰۷-۰/۴۸	۰/۱-۰/۴	۳۶/۱۸
$K^+ / Na^+$	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	۴۸/۹۶
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	۶۲/۵۳
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	۴۷/۴۹
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	C75
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	C120
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	C113
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	C92
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	LR39
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	LR54
	۱/۷۴	۳۳/۰۲	۷/۴۸-۷۲/۱۳	۵/۰۳-۶۴/۴۸	C142

جدول ۴- میانگین مربعات تنش شوری، ژنتیپ 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

متغیر	درجه آزادی										میانگین مربعات
	نرمال	شوری	ژنتیپ	نرمال	شوری	ژنتیپ	نرمال	شوری	ژنتیپ	نرمال	
نرمال	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
شوری	۹۶	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱	۰
ژنتیپ											
نرمال	۹۶	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۷۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۵
شوری											
خطا							۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
ضریب							۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
تغییرات (%)							۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳

ns غیر معنی دار، \*، \*\* و \*\*\*: بهترین ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۵- برش دهی اثر متقابل شوری و ژنتیپ برای برخی صفات در آفتابگردان روغنی

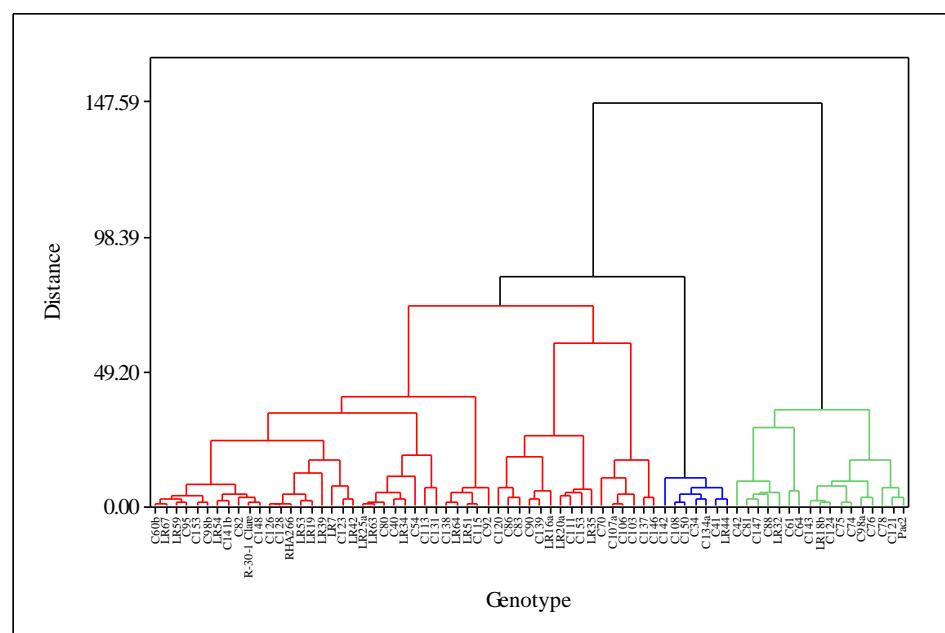
Table 5. Slicing the effect of interaction between salinity and genotypes for some traits in oily sunflower

متغیر	درجه آزادی		میانگین مربعات
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
نرمال	۷۹	۷۹	سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر مربع
شوری	۷۹	۷۹	نرمال

ns غیر معنی دار، \*، \*\* و \*\*\*: بهترین ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

شوری سازگار باشند (۱۶). این اطلاعات برای تعیین والدین مناسب در برنامه‌های دورگیری مفید می‌باشد. با توجه به فاصله زیاد بین دو خوشه ۲ و ۳ احتمالاً بیشترین موفقیت در تلاقی بین لاین‌های این دو گروه به دست خواهد آمد. نتایج گروه‌بندی لاین‌ها به همراه 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 اکثربیت صفات با تفاوت معنی دار، به ترتیب در خوشه ۲ و ۳، بیشترین و کمترین مقدار میانگین‌ها در شرایط تنش شوری به ترتیب در خوشه ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

**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، ۴۹ و ۷ لاین و در شرایط تنش شوری به ترتیب ۴۹، ۴۹ 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) به دست آمد که در واقع ناشی از وجود نوع ژنتیکی بین ۲ مجموعه لاین‌های موجود در این دو خوشه می‌باشد. تنوع ژنتیکی، بهزادگران گیاهی را قادر می‌سازد تا به واسطه انتخاب و اصلاح، ژنتیپ‌های جدید و با عملکرد بیشتر تولید کند که به تغییرات محیطی مانند



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

Table 6. Calculated intervals between groups resulting from cluster analysis

کلاستر ۳	کلاستر ۲	کلاستر ۱	تعداد لاین در کلاستر	کلاستر
شرایط بدون تنش شوری (Non-salt stress conditions)				
.	.	.	۴۹	کلاستر ۱
.	۳/۹۵	۲/۲۵	۱۷	کلاستر ۲
.	۳/۹۵	۲/۶۱	۷	کلاستر ۳
شرایط تنش شوری (Salt stress conditions)				
.	.	.	۴۹	کلاستر ۱
.	۳/۸۳	۲/۱۴	۱۵	کلاستر ۲
.	۳/۸۳	۲/۵	۱۱	کلاستر ۳

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

میانگین		صفات	
کلاستر ۳	کلاستر ۲	کلاستر ۱	
شرایط بدون تنش شوری (Non-salt stress conditions)			
۲۳/۳۴ <sup>b</sup>	۹/۱۸ <sup>a</sup>	۱۱/۸۵ <sup>a</sup>	عملکرد دانه (گرم)
۴۰/۷۴ <sup>b</sup>	۳۱/۶۳ <sup>a</sup>	۳۶/۶۷ <sup>b</sup>	محتوی کلروفیل (عدد SPAD)
۱۲/۷۳ <sup>b</sup>	۸/۸۵ <sup>a</sup>	۱۱/۳۶ <sup>b</sup>	فوتوسنتز خالص (s) ( $\mu\text{mol m}^{-2}$ )
۷۸/۵۴ <sup>b</sup>	۶۷/۰۷ <sup>a</sup>	۷۲/۰۷ <sup>ab</sup>	محتوی نسبی آب برگ (%)
۴/۱۵ <sup>a</sup>	۵/۴۴ <sup>b</sup>	۳/۹۳ <sup>a</sup>	پتانسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)
۰/۱۲۳ <sup>a</sup>	۰/۱۲۵ <sup>a</sup>	۰/۱۸ <sup>b</sup>	سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)
شرایط تنش شوری (Salt stress conditions)			
۹/۹۹ <sup>a</sup>	۲۰/۹۱ <sup>b</sup>	۸/۷۱ <sup>a</sup>	عملکرد دانه (گرم)
۳۲/۰۸ <sup>a</sup>	۳۶/۲۷ <sup>b</sup>	۳۵/۷۵ <sup>b</sup>	محتوی کلروفیل (عدد SPAD)
۷/۵۵ <sup>a</sup>	۱۱/۴۵ <sup>b</sup>	۱۰/۹۴ <sup>b</sup>	فوتوسنتز خالص (s) ( $\mu\text{mol m}^{-2}$ )
۶۵/۱۶ <sup>a</sup>	۷۷/۲۴ <sup>b</sup>	۷۱/۳۷ <sup>b</sup>	محتوی نسبی آب برگ (%)
۴/۱۵ <sup>b</sup>	۳/۰۲ <sup>a</sup>	۳/۱۷ <sup>a</sup>	پتانسیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)
۰/۲۶ <sup>a</sup>	۰/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۲۷ <sup>a</sup>	سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی)

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

نوترکیب C61، C139، LR64، C153، C139 با دارا بودن بیشترین محتوای  $K^+$  و نسبت  $\frac{K^+}{Na^+}$  به عنوان 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 ژنتیک‌های والدی مناسب برای تهییه جمعیت‌های در حال تفرق بهمنظور شناسایی مکان‌های ژئی درگیر در تحمل به تنش شوری در آفتابگردان می‌باشد.

تنش شوری باعث کاهش مقداری کلیه صفات به جز سدیم در آفتابگردان می‌شود. در آفتابگردان، صفات غلظت یون پتانسیم، نسبت پتانسیم 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 پتانسیم و نسبت پتانسیم به سدیم از معیارهای مهم برای تعیین تحمل به تنش شوری در آفتابگردان است. بر این اساس، لاین‌های خویش آمیخته

### 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. Morpho-physiological characterization 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. Ahmadedy. 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. Shiresmaeli 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 and enzymatic 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 ( $\text{Na}^+$ ) 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.

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. Insights 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. Galaxy 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  $\alpha$ -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. Panichjakul, 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 CO<sub>2</sub> 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.

## Selection of Salinity Tolerant Lines of Sunflower using some Physiological Characteristics

**Fariba Morsali Aghajari<sup>1</sup>, Reza Darvishzadeh<sup>2</sup>, Hamid Hatami Maleki<sup>3</sup>, Esmail Gholinezhad<sup>4</sup> and Abdolghader Kalantar<sup>5</sup>**

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

Received: 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 ( $6 \text{ ds/m}^2$ ) 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,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  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  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ratio (47.49%),  $\text{K}^+$  (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  $\text{K}^+$  content and  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  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:**  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ratio, Net photosynthesis, Oily sunflower, Relative water content, Salinity stress