علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هفتم/ شماره اول/ ۱۳۹۹ (۶۷ - ۵۵)

DOI: 10.22124/jms.2020.4317

ارزیابی تحمل تنش شوری براساس خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک برخی ارقام گندم

حسین نهتانی[۱] و نفیسه مهدی‌نژاد[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۹

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر تنش شوری بر روی برخی خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک ارقام مختلف گندم در مرحله گیاهچه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش شوری در چهار سطح شاهد و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و ۱۱ رقم مختلف گندم نان و یک رقم گندم دوروم بودند. ارقام از نظر تمامی صفات بجز هدایت روزنه‌ای دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بودند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه-زنی و همبستگی منفی و معنی‌داری بین فعالیت کاتالاز و مقدار کربوهیدرات در شرایط تنش شوری مشاهده شد. تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس در شرایط بدون تنش شوری و در شرایط تنش شوری (متوسط تنش‌ها) هرکدام پنج عامل به‌ترتیب ۸۷/۱۳ و ۸۳/۱۱ درصد از تغییرات را تبیین کردند. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب عامل نشانگر اهمیت مؤلفه تحمل به تنش شامل مقدار پرولین، فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز، طول و تعداد ریشه‌چه در گزینش ارقام مطلوب برای شرایط تنش شوری بود. ارقام مورد نظر با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به-روش وارد در هر دو شرایط عدم تنش و تنش شوری، دو گروه را تشکیل دادند. با توجه به نتایج، می‌توان از تلاقی ارقام گروه اول با گروه دوم به‌علت حداکثر اختلاف، جهت ایجاد تنوع ژنتیکی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، پتاسیم برگ، پرولین، هدایت روزنه‌ای

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- استادیار، گروه اصلاح‌نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران
*نویسنده مسئول: nmahdinezhad52@gmail.com

مقدمه

با توجه به افزایش پیوسته تقاضای جهانی برای گندم و سایر غلات، تداوم افزایش تولید به‌منظور تأمین غذا، اهمیت زیادی دارد (Amini *et al.*, 2016). در راستای رسیدن به این هدف تنش‌های غیر زیستی از جمله تنش شوری عامل محدودکننده عملکرد گندم می‌باشد (Alavi *et al.*, 2016). سالانه ده میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری به‌دلیل شوری ثانویه ناشی از فعالیت‌های بشر از چرخه تولید خارج و به اراضی غیر قابل کشت تبدیل می‌شوند (Pessarakli and Szabolcs, 2011). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار یا شش درصد از زمین‌های جهان تحت تأثیر تنش شوری می‌باشند (Sunkar, 2010) که از ۲۳/۸ میلیون هکتار آن در کشور ایران قرار دارد (FAO, 2008). در بیش‌تر خاک‌های شور عامل اصلی ایجاد شوری مقادیر بالای کلریدسدیم است (Zorb *et al.*, 2004). خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی رخ می‌دهد (Sairam and Tyag, 2004). تنش اسمزی ناشی از شوری نه تنها بلافاصله پس از قرارگرفتن در معرض شوری به وقوع می‌پیوندد بلکه اثرات بیش‌تر روی رشد گیاه نسبت به اثرات ویژه یونی دارد. تنها در شرایط شوری خیلی بالا و یا در گیاهان حساس که فاقد توانایی کنترل انتقال Na^+ هستند، اثرات یونی بر اثرات اسمزی غلبه می‌یابد. ژنوتیپ‌های گندم متحمل به شوری در مرحله اسمزی بسیار کم‌اند (Munns and Tester, 2008).

مجموع اثرات تنش شوری، تنش اسمزی و یونی، منجر به وقوع تنش اکسیداتیو در سلول‌های گیاهی خواهد شد که ناشی از افزایش تولید انواع اکسیژن فعال از احیای ناقص اکسیژن اتمسفری در فرایندهای حیاتی سلول نظیر فتوسنتز، تنفس و تنفس نوری تولید می‌شود (Mittler, 2002). این ترکیب‌ها به بیومولکول‌های سلول مانند لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه وارد می‌کند (Edreva, 2005; Munns and Tester, 2008) در نتیجه منجر به مرگ سلول می‌گردد. گیاهان با ایجاد تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک به‌واسطه تغییر در بیان ژن‌ها، پروتئین‌ها را کد می‌کنند تا در برابر تنش مقاومت نشان دهند (Alavi *et al.*, 2016). سلول‌های گیاهی جهت مقابله با انواع اکسیژن فعال از یک سری روش‌های تحمل نظیر چرخه مهلر، چرخه گلوتاتیون-آسکوربات و چرخه گزانتوفیل بهره می‌برند، این چرخه‌ها با جذب یا ممانعت از تولید اکسیژن فعال به پایداری سلول و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو کمک می‌کند و از همکاری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و آنتی‌اکسیدانت‌ها تشکیل می‌گردد (Edreva, 2005). گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در تنش شوری، مقدار انواع اکسیژن فعال را کنترل نموده و تحمل به شوری را افزایش می‌دهند (Esfandiari *et al.*, 2011). تحمل به تنش شوری در پی افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها در گیاهان مختلف گزارش‌شده است (Rahnama and Ebrahimzadeh, 2005).

از روش‌های دیگر تحمل شوری در گیاهان زراعی، کنترل ورود و خروج سدیم به داخل سلول است. در غلظت‌های زیاد نمک، گیاهان با ورود و خروج یون‌ها، میزان یون سدیم در سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه‌داشتن غلظت یون پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم را ثابت نگه می‌دارند. افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، نگه‌داری یون‌ها در ساقه‌ها به‌عنوان صفت کلیدی مؤثر در تحمل به تنش شوری، جهت تفکیک گونه‌های متحمل از گونه‌های حساس شناخته‌شده‌اند (Amini *et al.*, 2016). عدم وجود شاخص فوق در ارقام گندم سبب کاهش توان تحمل سلول و حساسیت آن‌ها به تنش می‌شود. بعضی از محققان میزان سدیم موجود در برگ را ویژگی مناسبی برای ارزیابی تحمل به شوری گیاهان نمی‌دانند. آن‌ها معتقدند که گیاهان با جداکردن سدیم در نواحی به‌جز سیتوسلول نظیر واکوئل، آپوپلاست سمیت این عنصر را کاهش می‌دهند (Sunkar, 2010). تنش شوری همچنین باعث کاهش در صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (Ahmad *et al.*, 2005) هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل (Rahnama and Ebrahimzadeh, 2005) می‌شود، میزان کاهش این صفات در ارقام حساس به شوری به‌مراتب بیش‌تر از ارقام متحمل است. موارد فوق نشان می‌دهد که سازوکار تحمل شوری پیچیده است و همین عامل سبب دشواری به‌نژادی گیاهان متحمل به شوری می‌گردد. این پژوهش به‌منظور ارزیابی واکنش ۱۲ رقم گندم به تنش شوری طراحی شد و برخی از معیارهای بیوشیمیایی دخیل در

تنش شوری و خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۱ رقم مختلف گندم نان (*Triticum aestivum* L.) شامل شیراز، فلات، گاسکوژن، مهدوی، الوند، کراس آزادی، روشن، استار، توس، هیرمند، کراس بولانی و یک رقم گندم دوروم (*Triticum durum*) به‌عنوان ماده ژنتیکی مورد استفاده قرار گرفتند.

جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری

به‌منظور مقایسه جوانه‌زنی ارقام، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سطوح شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (شرکت مرک آلمان) طراحی و در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. بذرها در محلول پنج درصد هیپوکلریت سدیم تجاری به‌مدت پنج دقیقه ضدعفونی گردید و سپس با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. به هر ظرف پتری‌دیش سه میلی‌لیتر از محلول سطوح شوری با غلظت مورد نظر اضافه شد و تعداد ۲۰ عدد بذر در هر پتری‌دیش روی کاغذهای صافی استریل کشت و به‌مدت هفت روز در ژرمیناتور در دمای ۲۵/۱۵ (شب/روز) درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار گرفتند و تعداد بذرهای جوانه‌زده هر دو روز یک‌بار تا روز هفتم شمارش گردید. طول و تعداد ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز در روز هفتم اندازه‌گیری شد (Ghavami *et al.*, 2004). درصد جوانه-زنی از تقسیم تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده به تعداد بذرهای کشت‌شده ضرب در ۱۰۰ و سرعت جوانه‌زنی نسبی بذرها در روز از طریق رابطه زیر به‌دست آمد:

$$Gr = N1/D1 + N2/D2 + \ldots + Ni/Di \quad \text{(رابطه ۱)}$$

GR، سرعت جوانه‌زنی، Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز Di است (Saadeghi-Azar *et al.*, 2013).

شرایط کنترل‌شده (کشت در محیط هیدروپونیک)

برای کشت گیاهان در شرایط هیدروپونیک[1] ابتدا بذرها داخل ظروف پتری‌دیش جوانه‌دار گردید. پس از ۵ روز جوانه‌ها به محیط هیدروپونیک حاوی غذایی هوگلند (Hoagland and Arnon, 1950) با pH=۶ منتقل شدند. تیمارهای سطوح شوری اعمال گردید و برای جلوگیری از اثرات نامطلوب کلریدسدیم بر گیاه، نمک کلریدکلسیم با نسبت ۱:۱۵ به محلول‌های شور مورد نظر اضافه شد. این امر برای ثابت‌ماندن نسبت جذب سدیم (SAR)[2] ضروری است. گیاهان در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و پریود نوری ۱۶ ساعت در روز و ۸ ساعت شب نگهداری شدند و محیط کشت به‌منظور رشد ریشه‌ها توسط پمپ‌های هوا به‌طور مرتب هوادهی گردید (Ghavami *et al.*, 2004).

ارقام مختلف گندم در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۵ به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط هیدورپونیک با سطوح شوری ۰،۱۰۰،۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار قرار گرفتند. در هر تکرار برای هر رقم در هر تیمار تعداد ۲۰ عدد بذر کشت گردید. حجم محلول و pH آن هر روز بازبینی می‌گردید. برای تجدید مواد غذایی استفاده‌شده توسط گیاه هفته‌ای یک‌بار محیط غذایی مورد استفاده تعویض می‌شد (Ghavami *et al.*, 2004). اعمال تنش شوری بعد از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله سه برگی (استقرار گیاهچه) انجام شد و تا مرحله ساقه‌دهی (۵ هفتگی) ادامه پیدا کرد در پایان نمونه‌برداری از پهنک جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته انجام گرفت. یک سری از نمونه‌ها برای اندازه‌گیری از میزان یون‌های سدیم و پتاسیم، پرولین و کربوهیدرات و یک سری برای استخراج آنزیم‌ها در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

جهت محاسبه غلظت پرولین برگ از روش بتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول از روش دویس و همکاران (Dubois *et al.*, 1956) و اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم از روش اون (Owen, 1992) استفاده شد. محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه کلروفیل‌متر (Hansatech Instruments model CL- 01 کشور انگلستان) و پرومتر (DEITA-T DEVICES کشور انگلستان) اندازه‌گیری گردید (Seyed Sharifi *et al.*, 2013). استخراج آنزیم‌های کاتالاز CAT، گلوتایتون پراکسیداز GPX و آسکوربات پراکسیداز APX، بر اساس

[1] Hydroponic

[2] Sodium Adsorption Ratio

روش گائو و همکاران (Gao *et al.*, 2008) صورت گرفت. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز CAT، گلوتایتون پراکسیداز GPX و آسکوربات پراکسیداز APX، بر اساس روش‌های سایرام و همکاران (Sairam *et al.*, 2002) و یاشیمورا و همکاران (Yoshimura *et al.*, 2000) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین قرابت و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد[1] بر مبنای فاصله اقلیدسی مشاهدات حاصل از آزمایش در شرایط بدون تنش و شرایط تنش شوری (متوسط سطوح شوری ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار) به‌عنوان معیار فاصله استفاده شد. برای تعیین خوشه‌ها تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه تجزیه واریانس یک‌طرفه نامتعادل برای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای صورت گرفت. همچنین روابط بین متغیرها و اثر هر یک از پارامترها در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه به عامل‌های اصلی به کار رفت. برای تشکیل مناسب ساختار عامل‌ها، ضرایب عاملی به‌روش وریماکس[2] چرخش یافت. داده‌های مورد اندازه-گیری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و SPSS (نسخه ۲۳/۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش رقم و شوری بر روی صفات فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز، کربوهیدرات، طول ریشه-چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و پتاسیم برگ معنی‌دار ($p\leq0.01$) و بر روی بقیه صفات موردمطالعه غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). این موضوع بیانگر آن است که تمامی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار گرفتند و تغییر کرده‌اند. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، غلظت پتاسیم برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز و افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و مقدار کربوهیدرات، پرولین و سدیم برگ گردید. اثر برهمکنش رقم و شوری برای محتوای کلروفیل غیر معنی‌دار بود، بیانگر این است که تغییر در میزان کلروفیل برگ در سطح متفاوت شوری به نوع رقم مورد مطالعه بستگی نداشته و با توجه به میانگین محتوای کلروفیل با افزایش شدت تنش، میزان کلروفیل برگ تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافته (Alavi Matin *et al.*, 2015) در برخی ارقام سبب کم‌رنگی برگ‌ها شده است. در این آزمایش اختلاف بین ارقام و غلظت‌های مختلف شوری از نظر میزان پرولین، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، تعداد ریشه‌چه، سدیم برگ و پتاسیم برگ معنی‌دار بود. ولی در مورد اثر برهمکنش رقم و شوری بر روی این صفات تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. فرهادی و همکاران (Farhadi *et al.*, 2015) در گیاه شنبلیله و مقدم و طالبی (Moghaddam and Talebi, 2016) در گیاه ریحان نشان دادند اختلاف بین ارقام و غلظت‌های مختلف شوری ازنظر پرولین معنی‌دار بود ولی در مورد برهمکنش رقم و شوری بر روی این صفت تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، که مشخص می‌کند با افزایش تنش شوری مقدار پرولین در ارقام مختلف با مقادیر متفاوت ولی با روند یکسان افزایش می‌یابد.

ارقام از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی به‌جز هدایت روزنه‌ای تفاوت معنی‌داری باهم داشتند و این موضوع نشان‌دهنده وجود تنوع بین ارقام بود که عمل انتخاب را می‌توان برای صفات مرتبط با تنش در شرایط تنش شوری فراهم ساخت. فرشید و همکاران (Farshid *et al.*, 2014) نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گندم شده است. کاهش غلظت پتاسیم برگ گندم در شرایط تنش شوری توسط شلدن و همکاران (Shelden *et al.*, 2013) نیز گزارش‌شده است. فخری و همکاران (Fakhri *et al.*, 2017) گزارش کرده‌اند که تنش شوری در گندم باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای شد. کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون، غلظت پتاسیم برگ و افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز و غلظت سدیم برگ در برخی ارقام گندم توسط اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2012) و علوی‌متین و همکاران (Alvi Matin *et al.*, 2016) گزارش‌شده است، که نتایج تحقیق حاضر نیز با این گزارش‌ها مطابقت داشت.

[1] Ward
[2] Varimax

جدول ۱- میانگین مربعات ویژگی‌های بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم تحت تنش شوری

Table 1. Mean squares of biochemical and morphophysiological characteristics of wheat cultivars under salinity stress

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	محتوای کلرفیل Chlorophyll	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	پتاسیم برگ Na-leaf	سدیم برگ K-leaf	تعداد ریشه‌چه Number of Roots	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ساقه‌چه Shoot length	طول ریشه‌چه Radicle length	کربوهیدارت Carbohydrates	پرولین برگ Proline	کاتالاز CAT	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	آسکوربات پراکسیداز APX
رقم (C) Cultivar	11	0.193*	9514.16ns	0.126**	0.126**	3.02**	0.296**	0.064**	27.04**	5.41**	1.707**	0.155**	0.0022**	0.136*	0.00225 **
شوری (S) Salinity	3	0.912**	102977.68**	20.654**	2.176**	68.79**	9.865**	2.150**	779.20**	538.55**	0.526**	3.760**	0.0019**	0.650**	0.00005 ns
C×S	33	0.034ns	2832.01 ns	0.045**	0.019 ns	1.04 ns	0.046**	0.010**	12.19**	5.77**	0.706**	0.0140 ns	0.0009**	0.020 ns	0.00076 **
خطا Error	96	0.090	10543.30	0.012	0.025	0.96	0.013	0.002	0.65	0.724	0.018	0.0477	0.00002	0.064	0.00002
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		22	18	10	18	23	11	11	17	24	19	19	23	21	20

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns,* and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی‌های بیوشیمایی و مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم در شرایط تنش شوری

Table 2. Simple correlation coefficients between biochemical and morphophysiological characteristics of wheat cultivars under salinity stress conditions

صفات مورد بررسی Studied traits	محتوای کلرفیل Chlorophyll	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	پتاسیم برگ Na-leaf	سدیم برگ K-leaf	تعداد ریشه‌چه Number of Roots	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ساقه‌چه Shoot length	طول ریشه‌چه Radicle length	کربوهیدارت Carbohydrates	پرولین برگ Proline	کاتالاز CAT	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	آسکوربات پراکسیداز APX
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1													
2	0.476 ns	1												
3	-0.274 ns	0.096 ns	1											
4	-0.449 ns	-0.214 ns	0.009 ns	1										
5	0.424 ns	0.330 ns	-0.434 ns	0.021 ns	1									
6	0.136 ns	0.026 ns	0.072 ns	0.155 ns	0.358 ns	1								
7	0.128 ns	0.023 ns	0.074 ns	0.158 ns	0.364 ns	0.999 **	1							
8	-0.400 ns	-0.278 ns	-0.223 ns	0.272 ns	0.326 ns	0.641 *	0.649 *	1						
9	0.326 ns	-0.189 ns	-0.115 ns	-0.074 ns	0.232 ns	-0.097 ns	-0.096 ns	-0.364 ns	1					
10	-0.584 *	0.141 ns	0.416 ns	0.265 ns	-0.496 ns	-0.432 ns	-0.429 ns	-0.200 ns	-0.139 ns	1				
11	0.137 ns	-0.257 ns	0.036 ns	0.283 ns	-0.034 ns	-0.389 ns	-0.389 ns	-0.359 ns	0.519 ns	0.074 ns	1			
12	0.519 ns	-0.080 ns	0.643 ns	-0.557 ns	0.429 ns	0.201 ns	0.199 ns	0.137 ns	0.163 ns	-0.797 **	-0.289 ns	1		
13	-0.103 ns	0.115 ns	0.145 ns	0.303 ns	0.427 ns	-0.034 ns	-0.019 ns	-0.027 ns	0.070 ns	0.069 ns	0.041 ns	-0.139ns	1	
14	0.316 ns	-0.221 ns	-0.309 ns	-0.122 ns	0.046 ns	-0.223 ns	-0.231 ns	-0.193 ns	0.237 ns	-0.091 ns	0.521 ns	0.225 ns	-0.156 ns	1

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns,* and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

همبستگی صفات

با بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف می‌توان در مورد شاخص‌های غیرمستقیم انتخاب و حذف صفات غیر مؤثر به‌طور دقیق تصمیم‌گیری نمود (Majidimehr *et al.*, 2014). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۹۹) بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش و تنش شوری وجود دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول ساقه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری (Farshid *et al.*, 2014; Ghavami *et al.*, 2004) و هم در شرایط عدم تنش شوری وجود دارد (جدول ۲).

بین محتوای کلروفیل و طول ساقه‌چه در شرایط عدم تنش همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد که نشان می‌دهد با افزایش طول ساقه‌چه، محتوای کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. بین فعالیت آنزیم کاتالاز و غلظت پتاسیم برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش مشاهده گردید، که این نشان‌دهنده وابستگی فعالیت آنزیم کاتالاز با پتاسیم می‌باشد.

در شرایط تنش بین فعالیت آنزیم کاتالاز و غلظت کربوهیدرات رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. که نشان می‌دهد با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز از غلظت کربوهیدرات برگ کاسته می‌شود. در شرایط تنش شوری با بسته‌شدن روزنه‌ها، ظرفیت انتقال الکترون فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این عامل موجب تجمع الکترون‌ها و افزایش گونه‌های اکسیژن می‌گردد، تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی طی تنش باعث پراکسیداسیون لپیدها، دناتوره‌شدن پروتئین‌ها و اکسیداسیون DNA می‌شود و گیاه برای مقابله با این تغییرات و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را برای خنثی‌سازی فعالیت این رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد (Dat *et al.*, 2000).

جدول ۳- تجزیه به عامل‌ها برای صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک در شرایط بدون تنش شوری

Table 3. Factor analysis for biochemical and morphophysiological traits in non-stressed conditions

Studied traits	صفات مورد بررسی	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	میزان اشتراک Communality
APX	آسکوربات پراکسیداز	0.358	0.427	0.258	0.244	0.604	0.803
GPX	گلوتاتیون پراکسیداز	-0.079	0.304	0.690	0.145	-0.482	0.830
APX	کاتالاز	-0.025	-0.053	0.075	0.103	0.951	0.925
Proline	پرولین	0.567	-0.409	-0.565	0.021	-0.178	0.841
Carbohydrates	کربوهیدارت	-0.683	0.301	0.283	-0.140	-0.262	0.726
Radicle length	طول ریشه‌چه	0.466	-0.240	0.665	-0.447	0.215	0.964
Shoot length	طول ساقه‌چه	0.435	0.068	0.082	-0.820	0.078	0.881
Germination percentage	درصد جوانه‌زنی	0.960	0.089	0.040	-0.168	0.006	0.961
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	0.960	0.076	0.046	-0.172	-0.002	0.959
Number of Radicle	تعداد ریشه‌چه	-0.130	0.878	0.220	0.182	0.147	0.892
K-leaf	سدیم برگ	-0.015	0.887	0.110	-0.181	-0.296	0.921
Na-leaf	پتاسیم برگ	-0.461	-0.596	0.285	0.139	-0.308	0.764
Stomatal conductance	هدایت روزنه‌ای	-0.072	0.093	0.879	-0.041	0.166	0.816
Chlorophyll	محتوای کلرفیل	0.074	0.005	0.011	0.913	0.262	0.908
Eigen Value	مقادیر ویژه	3.85	3.13	2.29	1.79	1.12	-
Variance (%)	درصد واریانس نسبی	27.53	22.37	16.38	12.79	8.06	-
Cumulative Variance	درصد واریانس تجمعی	27.53	49.90	66.28	79.07	78.13	-

همچنین گزارش شده است بعضی از کربوهیدرات‌ها باعث تعدیل اثر بازدارندگی تنش‌های غیر زیستی بر نسخه‌برداری از ژن‌های فتوسنتزی می‌شوند، برای نمونه بیان ژن‌های کدکننده زیرواحدهای کوچک و بزرگ روبیسکو در طی تنش، نشان‌دهنده سازکار کنترل شده‌ای است که این موضوع می‌تواند یکی از دلایل تجمع کربوهیدرات در برگ باشد (Koch, 1996).

در این تحقیق در شرایط عدم تنش شوری و شرایط تنش شوری بین اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد که نشان از مستقل‌بودن صفات

دارد، این امر نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز و غلظت پرولین مستقل از هم می‌باشند. در شرایط تنش همبستگی معنی‌داری بین غلظت سدیم برگ و غلظت پتاسیم برگ و غلظت کربوهیدرات محلول وجود ندارد که با نتایج امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2016) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان مطابقت دارد.

جدول۴- تجزیه به عامل‌ها برای صفات بیوشیمایی و مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش شوری

Table 4. Factor analysis for biochemical and morphophysiological traits in salt stress conditions

Studied traits	صفات مورد بررسی	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	میزان اشتراک Communality
APX	آسکوربات پراکسیداز	-0.216	-0.340	0.601	-0.072	-0.187	0.565
GPX	گلوتاتیون پراکسیداز	-0.053	0.097	0.004	-0.005	0.845	0.727
APX	کاتالاز	0.178	-0.894	-0.002	0.250	-0.176	0.924
Proline	پرولین	-0.252	0.158	0.869	-0.157	0.092	0.878
Carbohydrates	کربوهیدارت	-0.489	0.684	-0.174	-0.199	0.072	0.783
Radicle length	طول ریشه‌چه	0.023	-0.085	0.776	0.140	0.088	0.638
Shoot length	طول ساقه‌چه	0.576	-0.263	-0.414	-0.554	0.100	0.890
Germination percentage	درصد جوانه‌زنی	0.977	-0.042	-0.145	-0.018	0.043	0.981
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	0.977	-0.043	-0.142	-0.012	0.031	0.979
Number of Radicle	تعداد ریشه‌چه	0.349	-0.522	0.08	0.221	0.676	0.909
K-leaf	سدیم برگ	0.147	0.323	0.123	-0.641	0.478	0.781
Na-leaf	پتاسیم برگ	0.138	0.878	-0.035	0.153	-0.111	0.827
Stomatal conductance	هدایت روزنه‌ای	-0.039	0.140	-0.298	0.780	0.335	0.831
Chlorophyll	محتوای کلرفیل	0.174	-0.384	0.381	0.768	-0.009	0.915
Eigen Value	مقادیر ویژه	3.73	3.08	1.88	1.69	1.22	-
Variance (%)	درصد واریانس نسبی	26.69	22.05	13.50	12.11	8.76	-
Cumulative Variance	درصد واریانس تجمعی	26.69	48.74	62.23	74.34	83.11	-

تجزیه به عامل‌ها

چنانچه در جدول‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، به‌منظور تعیین عامل‌های توجیه‌کننده خصوصیات مورد بررسی، تجزیه به عامل‌ها بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک بر اساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط عدم تنش شوری و تنش شوری انجام گردید در هر یک از شرایط عدم تنش شوری و تنش شوری پنج عامل شناسایی که به‌ترتیب ۸۷/۱۳ و ۸۳/۱۱ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه، به‌عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در شرایط عدم تنش عامل اول و سوم در مجموع ۵۰/۰۰ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند که سرعت صفات جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و پرولین بیش‌ترین تأثیر مثبت و کربوهیدرات بیش‌ترین تأثیر منفی را در عامل اول و صفات هدایت روزنه‌ای و طول ریشه‌چه بیش‌ترین تأثیر مثبت و پرولین بیش‌ترین تأثیر منفی را در عامل سوم داشتند و مؤلفه‌های مؤثر بر صفات مورفوفیزیولوژیک نام‌گذاری شدند (جدول ۳). عامل دوم ۲۲/۳۷ درصد تنوع کل را توجیه کرد که شامل صفات غلظت سدیم برگ و تعداد ریشه‌چه با تأثیر مثبت و معنی‌دار و غلظت پتاسیم برگ با تأثیر منفی و معنی‌دار بود و مؤلفه مؤثر بر عناصر معدنی نام‌گذاری شد. در عامل چهارم بزرگ‌ترین ضریب عاملی متعلق به محتوای کلروفیل با تأثیر مثبت و طول ساقه‌چه با تأثیر منفی بوده که نام این مؤلفه عامل رنگیزه نامیده شد. عامل پنجم شامل فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز با تأثیر مثبت و معنی‌دار بود، می‌توان آن را عامل مؤثر بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانت نام‌گذاری کرد.

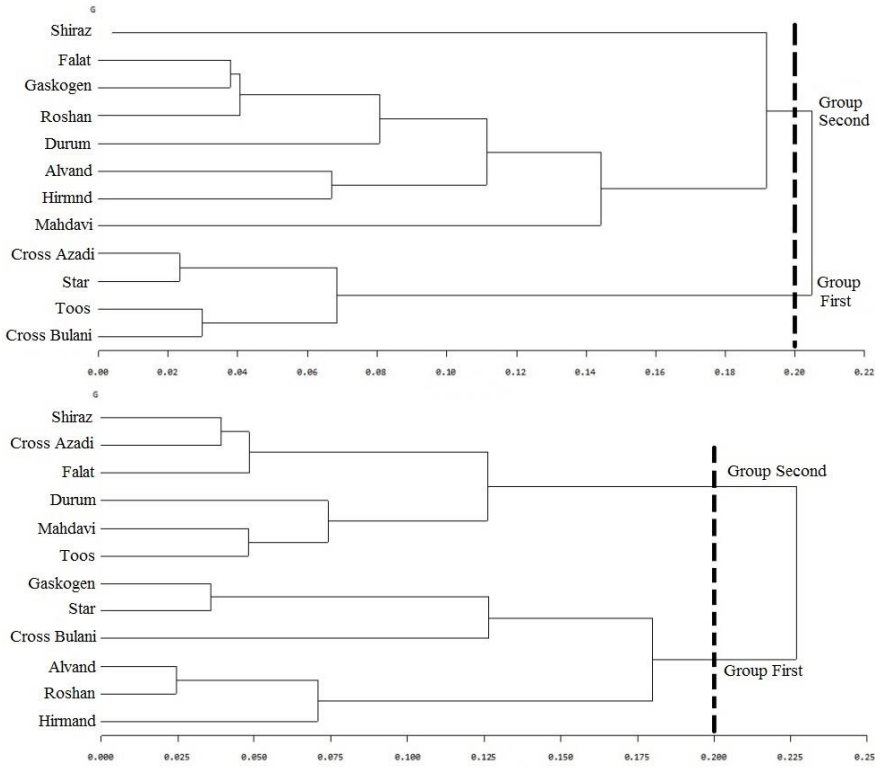
در شرایط تنش شوری عامل اول که بیش‌ترین سهم (۲۶/۶۹ درصد) از تغییرات داده‌ها را نشان داده دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه می‌باشد می‌توان این عامل را مؤلفه مؤثر برصفات مورفولوژیک نامید، عامل دوم ۲۲/۰۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمود و به‌عنوان شاخص

فیزیولوژیک نام‌گذاری شد. عامل سوم و پنجم ۲۲/۲۶ درصد از تنوع کل را تبیین کردند و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی در عامل سوم متعلق به غلظت پرولین، طول ریشه‌چه و فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) و در عامل پنجم فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و تعداد ریشه‌چه دارای تأثیر مثبت و معنی‌داری بود، با توجه به آن‌که افزایش غلظت پرولین، فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز و طول و تعداد ریشه‌چه در شرایط تنش شوری باعث افزایش تحمل به تنش شوری می‌شود، لذا نام این عامل را مؤلفه تحمل به شوری نام‌گذاری می‌کنیم. عامل چهارم ۱۲/۱۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و عامل رنگیزه نام‌گذاری شد (جدول ۴). شکرپور و اسفندیاری (Shokrpour and Esfandiari, 2014) برای گروه‌بندی ارقام گندم با استفاده از تجزیه به عامل‌ها تعداد دو عامل اصلی و مستقل را گزارش دادند که ۶۲/۳۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه به عامل‌ها می‌توان در شرایط تنش این گونه نتیجه‌گیری کرد که انتخاب مقادیر بالای عامل سوم و پنجم (مؤلفه تحمل به شوری) احتمالاً نشان‌دهنده انتخاب ارقام دارای تحمل بالا به شرایط تنش می‌باشد.

تجزیه خوشه‌ای

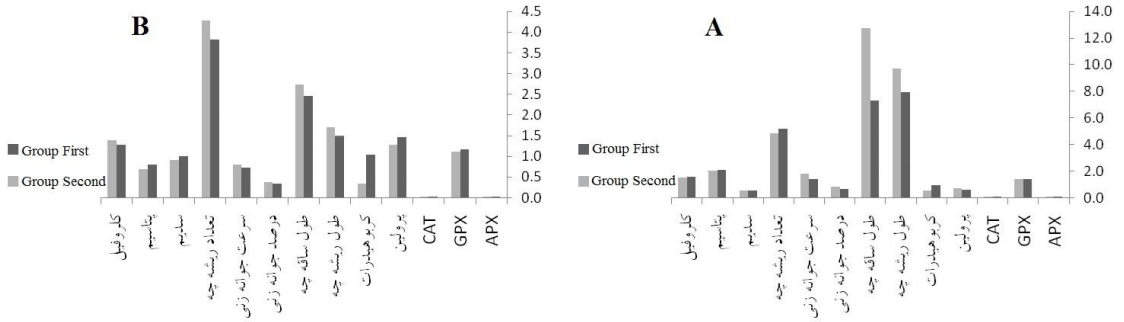
نتایج تجزیه خوشه‌ای نمایانگر تنوع زیاد بین گروه‌ها بود در دندروگرام حاصل در شرایط بدون تنش شوری، ارقام موردمطالعه در دو گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). ارقام کراس‌آزادی، استار، توس و کراس بولانی در گروه اول قرار گرفتند.

این ارقام دارای بیش‌ترین میانگین کل از نظر پارامترهای فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، فعالیت آنزیم کاتالاز، غلظت کربوهیدرات، تعداد ریشه‌چه، پتاسیم برگ، هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل بودند. در گروه دوم ارقام شیراز، فلات، گاسکوژن، روشن، دروم، الوند، هیرمند و مهدوی قرار گرفتند، این ارقام برترین گروه از نظر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، غلظت پرولین، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و سدیم برگ بودند.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ارقام گندم براساس ویژگی‌های بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک در شرایط عدم تنش شوری (بالا) و تنش شوری (پایین)

Figure 1. Dendrogram of grouping of wheat cultivars based on biochemical and morphophysiological characteristics under non-stress (up) and salinity stress (down) conditions



شکل ۲- میانگین صفات مورداستفاده در تجزیه خوشه‌ای برای شرایط بدون تنش شوری (A) و تنش شوری (B)

Figure 2. Average traits used in cluster analysis for non-stress (A) and salinity stress (B) conditions

در شرایط تنش شوری ارقام در دو گروه قرار گرفتند، خوشه اول شامل ارقام گاسکوژن، استار، کراس بولانی، الوند، روشن و هیرمند بود. این ارقام دارای بیش‌ترین میانگین کل برای صفات فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، غلظت پرولین، کربوهیدرات، سدیم، پتاسیم و هدایت روزنه‌ای بودند (شکل ۲). ارقام شیراز، کراس‌آزادی، فلات، دروم، مهدوی و توس در خوشه دوم قرار گرفتند. ارقام این گروه از نظر مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، فعالیت آنزیم کاتالاز، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، تعداد ریشه‌چه و محتوای کلروفیل دارای بیش‌ترین میانگین کل بودند. مونس و تستر (Munns and Tester, 2008) گزارش کردند گیاهان در شرایط تنش شوری زیاد با تجمع عنصر سدیم در برگ‌های خود، رشد و نمو طبیعی خود را حفظ می‌کنند و از توانایی انباشته سدیم در واکوئل خود برخوردارند. ارقام مقاوم به تنش شوری با مکانیسم ذخیره و جداسازی سدیم در آپوپلاست می‌توانند از سمیت این عنصر بکاهند (Mudgal *et al*., 2010).

در مطالعات دیگر رقم روشن نسبت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی (Farshid *et al*., 2014) و ارقام بولانی و روشن رقم متحمل و ارقام شیراز، مهدوی و فلات ارقام حساس (Ravari *et al*., 2016)، ارقام روشن و بولانی در گروه ارقام متحمل و ارقام مهدوی، شیراز، فلات و الوند در گروه حساس به شوری قرار گرفتند (Poustini *et al*., 2007). بررسی نتایج همبستگی صفات و نیز تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری، ارقام گروه اول از لحاظ صفات مورد بررسی وضعیت بهتری از لحاظ تحمل به شوری و صفات مورد بررسی نسبت به گروه دوم دارد. لذا در برنامه‌های به‌نژادی می‌توان از تلاقی در ارقام خوشه اول با خوشه دوم، جهت هتروزیس و تنوع ژنتیکی لازم برای ایجاد و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل ازنظر شوری استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

ارقام گندم در شرایط تنش‌های محیطی عکس‌العمل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. بررسی این عکس‌العمل‌ها و تغییرات آن‌ها، از نظر به‌نژادی و به‌زراعی اهمیت ویژه دارد. لذا جهت دستیابی به بهترین ترکیبات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک در این پژوهش از تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش و تنش شوری استفاده شد، در شرایط تنش و بدون تنش شوری هر کدام پنج عامل معرفی شدند که بیش‌ترین تنوع را تبیین می‌کردند. به‌نژادگران بیش‌تر دنبال تغییرات حاصل از شرایط محیطی و تنش هستند، لذا عامل سوم و پنجم در شرایط تنش دارای مقادیر مثبت و بالایی از غلظت پرولین، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، طول ریشه‌چه، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و تعداد ریشه‌چه مؤلفه تحمل به شوری نام‌گذاری شد. با توجه به تجزیه به عامل‌ها می‌توان صفات غلظت پرولین، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، طول ریشه‌چه، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و تعداد ریشه‌چه را که نقش مفید و بسیار مؤثری در تنش‌های غیر زنده از جمله تنش شوری دارند، جهت گزینش ارقام متحمل به شوری در نظر گرفت. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که در ارقام گروه اول (کاسکوژن، استار، کراس بولانی، الوند، روشن و هیرمند) وضعیت بهتری از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به تنش شوری از خود نشان دادند. ارقام گروه دوم (شیراز، کراس‌آزادی، فلات، دروم، مهدوی و توس) نسبت به گروه

اول وضعیت خوبی نسبت به تنش شوری از خود نشان ندادند و لذا جهت رسیدن به حداکثر تنوع و هتروزیس، تلاقی گروه‌های اول و دوم امیدبخش خواهد بود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از مسئولین دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل تشکر و قدردانی کنند.

منابع

Ahmad, M., Niazi, B.H., Zaman, B. and Athar, M. 2005. Varietals differences in agronomic performance if six Wheat varieties grown under saline field environment. Indian Journal of Environment Science and Technology, 2(1): 49-57. **(Journal)**

Alavi, N.S., Maleki, M., Pourseiedi, S., Rahimi, M., Baghizadeh, A., Riahi Medvar, A. and Rasoulnia, A.R. 2016. Investigation of salinity effect on leaf proteome pattern of *Triticum boeoticum*. Agriculture Biotechnology, 7(1): 61-69. (In Persian**)(Journal)**

Alavi Matin, S.M., Rahnama, A. and Meskarbashi, M. 2015. Effects of type and rate of potassium fertilizer on agronomic and physiological traits of two durum wheat varieties under salt stress. Cereal Research, 5(2): 177-187. (In Persian)**(Journal)**

Alavi Matin, S.M., Rahnama, A. and Meskarbashi, M. 2016. Effect of potassium supply on the activity of some antioxidant enzymes of two durum wheat (*Triticum durum*) cultivars under salt stress. Journal of Plant Production, 38(4): 1-12. (In Persian)**(Journal)**

Amini, A., Amirnia, R. and Gazvini, H. 2016. Evaluation of relationship between physiological and agronomic traits related to salinity tolerance in bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 17(4): 329-348. (In Persian)**(Journal)**

Bates, L.S., Waldre, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant Soil, 39: 205- 208. **(Journal)**

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., VanMontagu, M., Inze, D. and VanBreusegem, F. (2000) Dual action of active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science, 57: 779-795. **(Journal)**

Dubois. M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith. F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350-356. **(Journal)**

Edreva, A. 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. Agriculture, Ecosystems and Environmen, 106(2-3): 119-133. **(Journal)**

Esfandiari, E., Javadi, A., Shokrpour, M. and Shekari, F. 2011. The effect of salt stress on the antioxidant defense mechanisms on wheat seedling. Fresenius Environmental Bulletin, 20(8): 2021-2036. **(Journal)**

Esfandiari, E., Adel Javadi, A. and Shokrpour, M. 2012. Evaluation of some of biochemical and physiological traits in Wheat cultivars in response to salinity stress at seedling stage. Crop Management, 15(1): 27-38. (In Persian)**(Journal)**

Fakhri S., Rahnama, A. and Meskarbashi, M. 2017. Effect of of salinity stress on growth and distributions of tissue-specific ion in Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 18(4): 302-318. (In Persian)**(Journal)**

Farshid, R., Sahrai, E. and Zamani, G.R. 2014. Effect of NaCl salinity on germination and seedling growth of 12 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1): 146-152. (In Persian)**(Journal)**

Farhadi, H., Azizi, M.H. and Nemati, H. 2015. Effect of salinity stress on morphological and proline content of eight landraces fenugreek (*Trigonella foenum - graecum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 13(2): 411-419. (In Persian)**(Journal)**

FAO. 2008. FAO land and plant nutrition management service. Accessed April 25, 2008, from http: // fao.org/ag/agl/agll/spush/.

Gao, S., Ouyang, C., Wang, S., Xu, Y., Tang, L. and Chen, F. 2008. Effects of salt stress on growth, antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia-lyase activities in *Jatropha curcas* L. seedlings. Plant Soil Evironment, 54(9): 374-381. **(Journal)**

Ghavami, F., Melbebi, M.A., Ghonadeh, M.R., Yazdi Samadi, B., Mozaffari, J. and Aghaei, M.J. 2004. Investigation of reaction of tolerant Iranian wheat cultivars to salinity stress at germination and seedling stage. Iranian Journal of Agriculture Science, 35(2): 453-464. (In Persian)**(Journal)**

Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. 1950. The water-culture method of growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station. University of California. USA. **(Book)**

Koch, K.E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plant. Plant Physiology, 47: 509-515. **(Journal)**

Majidimehr, A., Amiri-Fahliani, R. and Masoumias, A. 2014. Study of biochemical and chemical traits of different rice genotypes under salinity stress. Cereal Research, 4(1): 45-58. (In Persian)**(Journal)**

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7(9): 405-410. **(Journal)**

Moghaddam, M. and Talebi, M. 2016. The effects of salinity and methyl jasmonate on morphological and biochemical characteristics and photosynthetic pigments content in two Basil cultivars. Seed and Plant Production, 32(2): 81-98. (In Persian)**(Journal)**

Mudgal, V., Madaan, N. and A. Mudgal. 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: A Review. International Journal of Botany, 6(2): 136-143. **(Journal)**

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

Owen, C.P. 1992. Plant analysis reference producers for the southern region of the Unite States. The University of Georgia. PP: 33-45. **(Book)**

Pessarakli, M. and Szabolcs, I. 2011. Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors. In: M.Pessarakli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. (3th Ed.), Revised and Expanded. Taylor and Francis, Florida, USA. PP: 3- 287. **(Book)**

Poustini, K., Sio-Semardeh, A. and Ranjbar, M. 2007. Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Genetic Resources and Crop Evolution, 54 (5): 925-934. **(Journal)**

Rahnama, H. and Ebrahimzadeh, H. 2005. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedlings. Biologia Plantarum, 49(1): 93-97. **(Journal)**

Ravari, S.Z., Dehghani, H. and Naghavi, H. 2016. Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K^+/Na^+ ratio of flag leaf. Cereal Reserch, 6(2): 133- 144. (In Persian)**(Journal)**

Saadeghi-Azar, L., Hoseini, S.M., Rahimi, A. and Mohammadi Mirik, A.A. 2013. Effect of salinity stress on some germination and vegetative growth indices of Lentil genotypes. Agricultural crop management, 15(4): 107-117. (In Persian)**(Journal)**

Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163(5): 1037-1046. **(Journal)**

Sairam, R.K. and Tyag, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plant. Current Science, 86: 407-421. **(Journal)**

Seyed Sharifi, R., Kamari, H. and Nagafi, G. 2013. Effects of salinity stress and foliar application of Nano-Zinc oxide on yield per plant and some morphophysiological traits of Barley (*Hordeum vulgare* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 13(2): 399-410. (In Persian)**(Journal)**

Shelden, M.C., Roessner, U., Sharp, R.E., Tester, M. and Bacic, A. 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Functional Plant Biology, 40(5): 516–530.**(Journal)**

Shokrpour, M. and Esfandiari, E. 2014. Grouping different wheat varieties for salt tolerance using some biochemical and physiological indices. Journal of Crop Breeding, 6(14): 54-66. (In Persian)**(Journal)**

Sunkar, R. 2010. Plant Stress Tolerance: Methods and Protocols. New York. USA. Humana press. pp 386. **(Book)**

Yoshimura, K., Yabute, Y., Ishikawa, T. and Shigeoka, S. 2000. Expression of spinach ascorbate peroxidase isoenzymes in response to oxidative stresses. Plant Physiology, 123(1): 223-233. **(Journal)**

Zorb, C., Schmitt, S., Neeb, A., Karl, S., Linder, M. and Schubert, S. 2004. The biochemical reaction of maize (*Zea mays* L.) to salt stress is characterized by a mitigation of symptoms and not by a specie adaptation. Plant Science, 167: 91–100. **(Journal)**

Evaluation of salinity stress tolerance based on biochemical and morphophysiological characteristics of some wheat cultivars

Hossein Nohtani[1] and Nafiseh Mahdinezhad[2]*

Received: September 9, 2018 Accepted: November 20, 2018

Abstract

To study the effect of salinity stress on biochemical and morphophysiological characteristics of some wheat cultivars in seedling stage, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Research Laboratory, Agriculture Faculty, University of Zabol in 2016. The experimental treatments were salt stress at 4 levels (control, 100, 200, 300 mM NaCl) and 11 Bread Wheat cultivars and one cultivar Durum Wheat. The cultivars were significant ($P \leq 0.01$) for all studied traits except for stomatal conductance. Simple correlation coefficients between traits showed that There was a positive and significant correlation between germination percentage and germination rate and a negative significant correlation between catalase activity and carbohydrate content in salinity stress conditions. Factor analysis based on principal component analysis and Varimax rotation in non-stress and in salinity conditions (average tensions), Factor analysis was identified five factors for normal and five factors for severe stress conditions that at overall were explained 87.13 and 83.11 % of total variation, respectively. The results of factor analysis showed that stress tolerance component including proline content, ascorbate peroxidase activity, glutathione peroxidase activity, length and number of rootlet were selected for selection of suitable cultivars for salinity stress conditions. The cultivars were classified into two groups using cluster analysis in both conditions of non-stress and salinity stress. According to the results, it could be exploited from genetic diversity in breeding programs, using genotypes of the first and second group in hybridization because of their maximum difference.

Keywords: Antioxidant enzymes; Leaf potassium;Proline; Stomatal conductance

How to cite this article
Nohtani, H. and Mahdinezhad, N. 2020. Evaluation of salt stress tolerance based on biochemical and morphophysiological characteristics of some wheat cultivars. Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(1): 55-67. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2020.4317

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. M.Sc. of Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
*Corresponding author: nmahdinezhad52@gmail.com