تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۳۶۵-۳۷۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.321.1061

ارزیابی تحمل به شوری در نسل پنجم (M5) لاین‌های گندم نان با استفاده از روش‌های بای‌پلات و تجزیه عاملی

علی‌رضا عسکری گلستانی[۱]، سیده ساناز رمضانپور[۲*]، اعظم برزویی[۳]، حسن سلطانلو[۲]، سعید نواب‌پور[۲]

۱. دانشجوی دکترا گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳. استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۵

چکیده

شوری خاک یکی از تنش‌های غیر زیستی مؤثر بر رشد محصولات و بهره‌وری آن‌ها است. تکنیک‌های غربال‌گری مؤثری برای تحمل به شوری وجود دارد که برای افزایش عملکرد واریته‌های گندم مفید می‌باشند. هدف از این مطالعه ارزیابی نسل پنجم لاین‌های گندم نان، با کمک اثر متقابل بین صفات در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری جهت شناسایی صفات و لاین‌های مفید در برنامه اصلاحی نسل ششم بود. پانزده لاین انتخابی از نسل چهارم به همراه دو ژنوتیپ والدی آن‌ها (ارگ و بم) و دو ژنوتیپ تولیدشده منطقه یزد (سیوند و نارین) در دو شرایط بدون تنش (۲ دسی زیمنس بر متر) و تنش شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری یزد کشت گردید. داده‌های مورفوفیزیولوژیکی به‌دست‌آمده با استفاده از تجزیه عامل‌ها و بای‌پلات ژنوتیپ× صفت (G×T) مبتنی بر مدل رگرسیونی تجزیه گردیدند. بردارهای موجود در بای‌پلات نشان دادند که ارتباط مثبت و قوی بین دو صفت عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و کلروفیل برگ با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری وجود دارد و تجزیه عامل‌ها نیز این نتیجه را تائید کرد. به نظر می‌رسد. دو صفت عملکرد بیولوژیک و محتوی کلروفیل برگ می‌تواند معیاری جهت بهبود عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی به‌ویژه در شرایط تنش شوری باشد. نمودار سه‌بعدی لاین‌ها بر مبنای شاخص تحمل به تنش (STI) و عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش شوری نیز نشان داد که لاین‌های ۱، ۲ و ۸ از عملکرد بالایی در هر دو شرایط برخوردار بودند و به‌عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها نسبت به تنش شوری انتخاب شدند. این مطالعه نشان می‌دهد که بای‌پلات G×T ابزاری مفید جهت ارزیابی بصری لاین‌ها برتر، صفات و گروه‌بندی آن‌ها با دیگر تکنیک‌های آماری است.

***واژه‌های کلیدی*: تجزیه پایداری، تنش، عملکرد دانه، کلروفیل،**

مقدمه

تنش شوری یکی از فاکتورهای محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در مناطق مختلف جهان محسوب می‌شود (Chaves et al., 2011). استفاده از آب‌های شور در کشاورزی از طریق تأثیر سوء بر فرآیند استقرار بوته، توزیع یون‌ها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی گیاه به آب و اختلال در فرایندهای آنزیمی و بیوشیمیایی، منجر به خسارت به عملکرد محصولات می‌گردد (Okcu et al., 2005; Caverzan et al., 2016; Khaliq et al., 2015; Lycoskoufi et al., 2005; Bilkis et al., 2016).

گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در سطح وسیعی از ایران و جهان کشت می‌شود. یکی از مسائل پیش‌روی کشت گندم، مشکل شوری آب آبیاری است (Zheng et al., 2008). ازجمله راه‌کارهای کاهش اثر تنش شوری، شناسایی ارقام متحمل به شوری است (Singh et al., 2008). اگرچه افزایش عملکرد از عمده‌ترین اهداف بهنژادی

* نگارنده پاسخگو: سیده ساناز رمضانپور. پست الکترونیک: ramezanpours@gau.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

گندم برای تحمل به شوری است اما به دلیل نحوه کنترل ژنتیکی پیچیده و تأثیرپذیری صفت عملکرد از محیط، گزینش ارقام بر اساس اندازه‌گیری مستقیم عملکرد، چندان سودمند نخواهد بود. با توجه به وراثت‌پذیری کم عملکرد دانه در گندم می‌توان از صفاتی که همبستگی زیادی با عملکرد و شوری دارند، در انتخاب بهتر ارقام و لاین‌های متحمل به شوری بهره برد (Singh and Singh, 2001). از جهت دیگر، برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و ارتباط آن‌ها با عملکرد به علت اندازه‌گیری آسان و وراثت‌پذیری بالا به‌عنوان شاخص‌هایی مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری می‌باشند.

پایداری کلروفیل و فلورسانس کلروفیل (روش ارزیابی بهره‌وری از سیستم فتوسیستم II)، شاخصی آسان، سریع، غیر مخرب و کم‌هزینه از تحمل گیاه به تنش جهت غربال‌گری ارقام متحمل به شوری است (Lichtenthaler, 1987; Li et al., 2006). شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب ازلحاظ چند صفت یکی از اهداف اولیه برنامه‌های اصلاح نبات است. سینگ و بالیان (Singh and Balyan, 2009) گزارش کردند که موتانت‌های نسل سوم (پرتوتابی شده با چهار دز مختلف گاما) گندم نان به‌طور معنی‌داری دارای پنجه، تعداد سنبلچه، شاخص برداشت و عملکرد بیشتری در مقایسه با شاهد و ژنوتیپ خرچیا ۶۵[1] داشتند. احمدی‌خواه و همکاران (Ahmadikhah et al., 2014) طی تحقیقی گزارش کردند که لاین‌های موتانت نسل M_2 در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط شوری (۱/۲۲ مگاپاسکال) ارزیابی شدند که این ارزیابی منجر به شناسایی ۹۹ لاین متحمل به شوری شد. این لاین‌ها به همراه رقم مادری در مرحله گیاه کامل در شرایط مزرعه با اعمال شوری ۷ دسی زیمنس بر مترمربع نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند که بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI) سه لاین متحمل به شوری به نام‌های MT189،MT41 و MT196 شناسایی شدند، اما ازنظر افت کمتر عملکرد در شرایط شوری، سه لاین موتانت MT184، MT189 و MT196 به‌عنوان لاین‌های متحمل‌تر به شوری شناسایی شدند. دیکسیت و دلی (Dixit and Deli, 2010) در آزمایشی بیان داشتند که ساقه و ریشه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبلچه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد و وزن دانه و عملکرد دانه، مهم‌ترین صفاتی هستند که تأثیرپذیر بالایی از تنش شوری دارند. پسرکلی (Passarkli, 2010) بیان کرد که تداوم فتوسنتز با حفظ غلظت کلروفیل در حد معمول تحت شرایط تنش ازجمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به تنش به‌حساب می‌آید.

هدف از این مطالعه، ارزیابی لاین‌های انتخابی گندم نان از نسل چهارم به همراه دو ژنوتیپ والدی و دو ژنوتیپ شاخص منطقه یزد، به‌وسیله اثر متقابل صفات در شرایط بدون تنش و تنش شوری و همچنین مطالعه روابط متقابل بین صفات با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ در صفت (GT) و تجزیه عامل‌ها است.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در سال ۱۳۸۷ با هدف تولید رقم مقاوم به شوری در مجتمع پژوهشی البرز با عنوان «تولید رقم متحمل به شوری گندم با استفاده از سازوکارهای مورفوفیزیولوژیکی و ایزوتوپ‌های پایدار 15N و 13C» آغاز شد. مراحل و کارهای انجام‌شده از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۴ به‌قرار زیر است: ابتدا بذور دو رقم متحمل به شوری ارگ و بم با دو دز ۱۵۰ Gy و ۲۰۰ Gy پرتوتابی شدند، با کاشت نسل M_1 در مزرعه تحت شرایط عادی اقدام به تولید نسل M_2 گردید. از تمام بوته‌های سالم نسل اول به‌طور جداگانه بذرگیری شد. سپس دوباره بذور نسل M_2 کشت شد. در شرایط بدون تنش بوته‌های انتخابی ازنظر صفات زراعی بررسی‌شده و تک بوته‌های انتخابی با کمک برخی نشانگرهای مورفولوژیکی (عملکرد و پاکوتاهی) مجدداً تحت گزینش گرفتند (روش انتخاب نتاج سنبله M) و موتانت‌های برتر به نسل سوم منتقل گردیدند. نسل سوم و چهارم در قالب طرح آگمنت مانند توضیحات بالا ارزیابی گردیدند (Stadler, 1928).

به‌منظور ارزیابی لاین‌های انتخاب‌شده از نسل چهارم، تعداد ۱۵ لاین انتخابی به همراه چهار ژنوتیپ دیگر (دو ژنوتیپ والدی (ارگ و بم) و دو ژنوتیپ منطقه یزد (نارین و سیوند) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در دو شرایط بدون تنش (۲ دسی زیمنس بر متر) و تنش شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) در آذرماه سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات ملی شوری یزد کشت گردیدند. لاین ۱ بم- ۱۵۰ گری، لاین‌های ۲، ۴، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۴ ارگ-۲۰۰ گری، لاین‌های ۳، ۸ و ۱۲ بم-۲۰۰ گری، لاین‌های ۵، ۶، ۱۳ و ۱۵

[1] Kharchia 65

Archive of SID

www.SID.ir

ارگ ۱۵۰ و ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ به ترتیب بم (شاهد)، ارگ (شاهد)، نارین و سیوند از لاین‌های موردمطالعه در این آزمایش بود.

قبل از شروع آزمایش، در یک خاک لوم شنی نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک محل کاشت تعیین گردیدند. میزان عناصر موردنیاز بر اساس آزمون خاک به خاک مزرعه اضافه شد. کاشت بذرها در کرت‌های آزمایشی با دست و با توجه به قوه نامیه و وزن هزار دانه (۲۴۰ بذر در مترمربع) در آذرماه انجام گرفت. در طول فصل رشد در هر دو شرایط جهت تعیین شوری خاک در منطقه توسعه ریشه از خاک و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام گرفت. متوسط میزان شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد در شرایط شور و معمولی به ترتیب ۲/۳ و ۹/۷ دسی زیمنس بر متر بود. کلیه عملیات داشت شامل کوددهی، وجین علف‌های هرز و آبیاری بر اساس نیاز گیاه انجام شد. میزان کلروفیل برگ (CH) در اوایل مرحله زایشی در بوته‌های گندم با دستگاه کلروفیل متر مدل CL-01 و با دستگاه فلوریمتر مدل PEA Plus فلورسانس کلروفیل (پارامترهای فلورسانس حداکثر (FM)، فلورسانس متغیر (FV) و نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (FV/FM) اندازه‌گیری شد. همچنین از تمامی لاین‌های موردبررسی از برگ پرچم جهت اندازه‌گیری غلظت سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) نمونه‌گیری شد و با روش خاکسترگیری خشک استخراج شدند (Zarin Kafsh, 1997). سپس مقادیر غلظت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد. همچنین صفات عملکرد (Y)، کلروفیل (CH)، تعداد دانه در سنبله (NS)، تعداد پنجه بارور (NT)، وزن صد دانه (KW)، عملکرد بیولوژیکی (BY)، شاخص برداشت (HI)، وزن دانه در سنبله (GW)، وزن سنبله (SW)، تعداد سنبلچه در سنبله (NP)، طول پدانکل (PL)، طول سنبله (SL)، ارتفاع گیاه (H)، طول برگ پرچم (FL)، طول ریشک (AL)، وزن پدانکل (PW)، روز تا گلدهی (DH) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM) در هر لاین اندازه‌گیری شد. چنانچه Yp و Ys به ترتیب عملکرد بالقوه هر لاین در محیط بدون تنش و تنش شوری و $\hat{Y}_P$ میانگین عملکرد کلیه لاین‌ها در محیط بدون تنش باشند، آنگاه می‌توان شاخص STI را به شرح زیر تعریف نمود (Fernandez, 1992):

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\hat{Y}_P)^2} \qquad [۱]$$

روش جی‌جی‌ای بای‌پلات برای هر نوع داده‌ای که ساختار دوطرفه به‌عنوان لاین- تستر، ژنوتیپ× محیط یا ژنوتیپ × صفت دارند قابل‌استفاده است همچنین تجزیه جی‌جی‌ای بای‌پلات، همبستگی بین صفات، ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس یک یا چند صفت را به‌صورت تصویری نمایش می‌دهد (Yan, 2001). مدل آماری این روش بر اساس رابطه ۲ است (Yan and Rajcan, 2002):

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \xi_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij} \qquad [۲]$$

در رابطه فوق Tij، ارزش میانگین لاین i برای صفت j، Tj، ارزش میانگین صفت j روی همه میانگین‌ها، Sj، انحراف معیار صفت j بین میانگین لاین‌ها، $\lambda 1$ و $\lambda 2$ به ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه اول و دوم، $\zeta i1$ و $\zeta i2$، به ترتیب مقادیر مؤلفه اول و دوم برای لاین i، $\tau j1$ و $\tau j2$ به ترتیب مقادیر مؤلفه اول و دوم برای صفت j و ϵij، باقیمانده مربوط به مدل لاین i و صفت j را نشان می‌دهند.

استفاده از روش‌های چند متغیره تجزیه به عامل‌ها در شناسایی عوامل مستقلی که به‌طور جداگانه بر صفات مهم گیاهی مؤثر باشند بسیار حائز اهمیت بوده و روزبه‌روز گسترش می‌یابد. با توجه به استفاده از چرخش وریماکس که واریانس بین عوامل را حداکثر می‌نمایند، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات بین صفات را توجیه نمایند از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و بایستی موردبررسی قرار گیرند. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی‌شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری می‌شوند. این روش بهبود ژنتیکی عوامل را به‌واسطه صفات مرتبط به آن‌ها امکان‌پذیر می‌سازد (Tadesse and Bekele, 2001).

فرناندز (Feenandez, 1992) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش، گیاهان بر اساس تظاهر نسبت به دو محیط به چهار گروه تقسیم شدند که شامل گروه اول ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی را در دو محیط تنش و بدون تنش دارا بودند (گروه A)، گروه دوم ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی را در محیط بدون تنش نشان دادند (گروه B)، گروه سوم ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را در محیط واجد تنش داشتند (گروه C) و گروه چهارم ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی را در دو محیط نشان دادند

Archive of SID

www.SID.ir

(گروه D). وی اظهار می‌دارد که مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش از میان شاخص‌های تحمل، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌های دیگر باشد.

آزمون تجزیه به عامل‌ها، همبستگی پیرسون با نرم‌افزار SPSS18، تجزیه‌وتحلیل گرافیکی با نرم‌افزار GGEbiplot و ترسیم نمودار سه‌بعدی (مدل فرناندز) این تحقیق با نرم‌افزار SAS9.01 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب شرایط بدون تنش و تنش شوری برای صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ درج شده است. نتایج نشان داد که اثر محیط برای کلیه صفات معنی‌دار است به این مفهوم که دو محیط اثر یکسانی بر روی صفات نداشتند. یکی از دلایل آن این است که بیشتر صفات به دلیل زمان بروز و تکمیل شدن آن‌ها و عوامل دیگر، بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند و بخش عمده‌ای از دوره تداوم این صفات مانند عملکرد دانه و عوامل بیولوژیکی در مراحل انتهایی رشد گیاه است که به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تغییرات محیط تنش شوری قرار گرفتند. معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین‌ها در برخی صفات بیانگر وجود اختلاف بین لاین‌ها است. لذا امکان ارزیابی ژنتیکی لاین‌ها برای بررسی آن‌ها وجود دارد. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین در محیط، برای بیشتر صفات بیانگر این بود که عکس‌العمل هر لاین در دو شرایط انجام آزمایش روال مشابهی نداشته است.

شناسایی بهترین لاین‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده

از میان روش‌های متعدد برای ترسیم بای‌پلات GT، تصویربرداری چند ضلعی[1] کمک می‌کند که ژنوتیپ‌های دارای بالاترین مقدار برای یک صفت یا بیشتر، قابل‌تشخیص باشند. این روش بهترین شیوه برای تجسم و تشخیص الگوها و روابط بین ژنوتیپ‌ها و صفات را فراهم می‌کند. ژنوتیپ‌ها در رئوس چندضلعی یا در داخل چندضلعی قرار می‌گیرند. بر اساس شکل ۱ در شرایط بدون تنش، پنج لاین (لاین‌های ۲، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۱) و در شرایط تنش شوری پنج لاین (لاین‌های ۱، ۴، ۸، ۱۱ و ۱۸) در رئوس چندضلعی قرار گرفتند. ازآنجایی‌که این لاین‌ها بیشترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، به‌عنوان بهترین لاین‌ها برای بعضی صفات یا همه صفات محسوب می‌شوند. در شرایط بدون تنش، صفات وزن پدانکل، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور، طول برگ پرچم، روز تا گلدهی، طول ریشک، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، نسبت غلظت پتاسیم به سدیم، طول سنبله، وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت، غلظت پتاسیم و وزن صد دانه در بخش لاین ۲ قرار گرفتند که نشان می‌دهد این لاین بیشترین مقدار را برای این صفات دارا است. به‌طور مشابه لاین‌های ۷ و ۱۰ برای صفت غلظت سدیم، لاین ۱۳ برای صفت محتوی کلروفیل برگ، لاین ۴ برای صفات فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، لاین ۵ برای صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع، طول پدانکل، وزن سنبله و تعداد سنبلچه بیشترین مقدار را داشتند. در شرایط تنش شوری، لاین ۱ برای وزن سنبله، عملکرد بیولوژیک، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر، نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، طول برگ پرچم، عملکرد دانه، تعداد سنبلچه، طول ریشک، محتوی کلروفیل برگ و وزن پدانکل، لاین ۸ برای صفات شاخص برداشت، غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم، لاین ۱۱ برای صفت غلظت سدیم و لاین ۱۸ برای صفات ارتفاع گیاه، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل و وزن صد دانه بیشترین مقدار را داشتند. مؤلفه اول و دوم درمجموع در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب ۵۸/۸ و ۶۱/۱ درصد تغییرات بین صفات را توجیه کرد (شکل ۱). با توجه به اینکه بای‌پلات کلیه تغییرات را توجیه نکرد، این پیش‌بینی‌ها ممکن است به‌طور دقیق بازتاب اعداد مشاهده‌شده نباشند. بااین‌حال، می‌توان لاین‌هایی را که با توجه به یک یا چند صفت در میان لاین‌ها دارای ارزش بالاتر هستند، شناسایی کرد (مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). این درصد نسبتاً مناسب نشان‌دهنده پیچیدگی روابط بین صفات اندازه-گیری است (Flores et al., 1998). قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2015) و دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2008)، از روش فوق جهت ارزیابی ارقام گندم و کلزا استفاده کردند و بیان کردند که این روش روابط بین صفات و ارقام را به‌خوبی آشکار می‌سازد.

[1] polygon view

www.SID.ir

همچنین با استفاده از دو صفت عملکرد دانه در هر دو شرایط و شاخص STI نمودار سه‌بعدی فرناندز رسم شد. لاین‌ها موردبررسی را می‌توان بر اساس واکنش آن‌ها به شرایط محیطی واجد تنش و بدون تنش به چهار گروه A، B، C و D تقسیم کرد. گروه A شامل لاین‌هایی که در هر دو محیط عملکرد بالا، گروه B دارای لاین‌های که در محیط بدون تنش عملکرد زیاد و در محیط تنش عملکرد کم، گروه C دارای لاین‌هایی که در محیط بدون تنش عملکرد کم و در محیط تنش عملکرد زیاد و گروه D نیز شامل لاین‌هایی هستند که در هر دو محیط عملکرد کمی دارند. لذا لاین‌های ۱، ۲ و ۸ به‌عنوان لاین‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط و داشتن STI بالا، در گروه پایدار A فرناندز قرار گرفته و متحمل به تنش شوری بودند (شکل ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده گندم نان در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری

Table 1. Combined anova of measured traits for bread wheat in non-stress and salinity conditions

Source of Variation منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول برگ پرچم (FL)	تعداد سنبلچه در سنبله (NP)	طول ریشک (AL)	وزن پدانکل (PW)	شاخص برداشت (HI)	وزن سنبله (SW)	روز تا گلدهی (DH)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)
Place محیط	1	152.44**	453.69**	2.83**	3.88**	201.53**	178.47**	7.75**	1273.34**
Replication (Place) تکرار داخل محیط	4	139.91	8.71	2.16	0.05	1.13	10.34	0.35	0.12
Line لاین	18	8.53**	1.87**	1.54**	0.28**	0.4^{ns}	2.17*	8.15**	22.87**
Line*Place لاین*محیط	18	10.24**	2.67**	1.36**	0.36**	0.2^{ns}	4.44**	7.78**	24.11**
Erorr اشتباه آزمایشی	72	3.7	0.78	0.1	0.01	0.59	1.09	0.88	2.5
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		16.01	7.61	6.6	6.56	42.01	15.96	0.71	0.92

FL: Flag leaf length; NP: No. spikelet/spike; AL: Awn length; PW: Peduncle weight; HI: Harvest index; SW: Spike weight; DH: Days to heading; DM: Days to physiological maturity.

جدول ۱. ادامه

Table 1. Continued

Source of Variation منابع تغییرات	درجه آزادی df	عمکرد (Y)	میزان کلروفیل برگ (CH)	تعداد دانه در سنبله (NS)	وزن صد دانه (KW)	عملکرد بیولوژیک (BY)	طول پدانکل (PL)	طول سنبله (SL)	ارتفاع گیاه (H)
Place محیط	1	3723504.28**	450.93**	1063.58**	20.21**	128687.38**	4084.51**	36.87**	20768.67**
Replication (Place) تکرار داخل محیط	4	277797.84	1.51	144.48	1.44	1210.17	227.46	2.33	16.77
Line لاین	18	555514.66**	89.9**	143.28**	0.38^{ns}	22959.02**	10.55**	1.04**	110.09**
Line*Place لاین*محیط	18	193290.67^{ns}	37.25**	78.88**	0.4^{ns}	26006.73**	28.47**	2.30**	133.69**
Erorr اشتباه آزمایشی	72	133332.35	4.49	33.73	0.35	10366.88	4.61	0.09	26.39
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		33.76	9.68	28.97	18.32	33.84	8.37	3.93	8.5

Y: Yield; CH; Chlorophyll content; NS; No. seed/spike; KW:100 kernel weight; BY: Biological yield; PL: Peduncle length; SL: Spike length; H: Plant height

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. ادامه **Table 1. Continued**

Source of Variation منابع تغییرات	درجه آزادی df	وزن دانه در سنبله (GW)	فلورسانس حداکثر (FM)	فلورسانس متغیر (FV)	نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (FV/FM)	غلظت سدیم (Na^+)	غلظت پتاسیم (K^+)	نسبت غلظت پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+)
Place محیط	1	5.68**	11394800.9**	100135321.5**	0.004**	8.36**	8.17**	20.8**
Replication (Place) تکرار داخل محیط	4	0.004	5244999.2	3414100.5	0.0004	0.02	0.06	0.16
Line لاین	18	0.03^{ns}	21256270^{ns}	18181696.4^{ns}	0.001^{ns}	0.26**	0.32**	3.09**
Line*Place لاین*محیط	18	0.04^{ns}	19848201.5^{ns}	143699441.2^{ns}	0.4^{ns}	26006.73**	28.47**	2.30**
Erorr اشتباه آزمایشی	72	133332.35	4.49	33.73	0.35	10366.88	4.61	0.09
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		33.76	9.68	28.97	18.32	33.84	8.37	3.93

GW: Grain weight/spike; FM: Florescence maximum; FV: Variable Florescence;

$^{n.s}$، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

$^{n.s}$, * and **: Not-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively

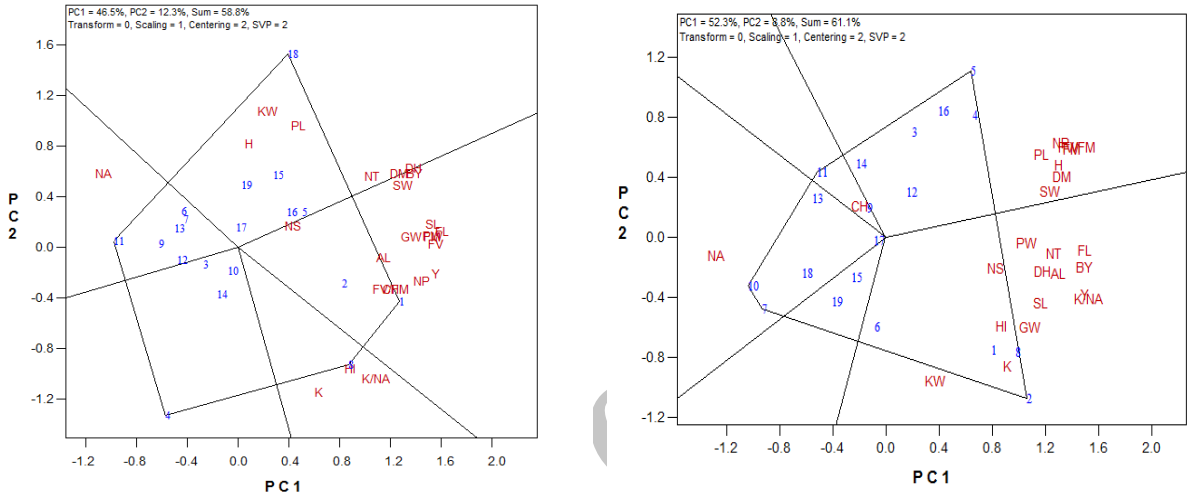
روابط متقابل بین صفات

تصویربرداری بای‌پلات صفات موردبررسی در شکل ۳ نشان داد که صفات از طریق خطوطی به نام بردارها با مبدأ بای‌پلات مرتبط هستند. در این بای‌پلات ژنوتیپ موردنظر قرار نمی‌گیرد. این نوع بای‌پلات، به درک روابط متقابل بین صفات کمک می‌کند. مؤلفه اول و دوم درمجموع در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب ۵۸/۸ و ۶۱/۱ درصد تغییرات بین صفات را توجیه کردند (شکل ۳). یک تفسیر جالب‌توجه آن است که کسینوس زاویه بین بردارهای دو صفت، برآوردی از ضریب همبستگی بین آن‌ها را فراهم می‌کند. طبق این بای‌پلات هر چه کسینوس زاویه بین دو صفت کمتر از ۹۰ درجه باشد ارتباط مثبت و قوی‌تری وجود دارد. زاویه ۹۰ درجه بین دو صفت ارتباطی وجود ندارد و بالاتر از زاویه ۹۰ ارتباط منفی می‌شود. بر اساس شکل ۳ در شرایط بدون تنش بین صفت عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، طول سنبله و طول برگ پرچم ارتباط مثبت و معنی‌دار (زاویه کمتر از ۹۰ درجه)، بین صفت عملکرد دانه با غلظت سدیم ارتباط منفی و معنی‌دار (زاویه بیشتر از ۹۰ درجه) و بین عملکرد دانه و کلروفیل ارتباط تقریباً صفر (زاویه تقریباً ۹۰) وجود دارد؛ که این نتیجه بر اساس جدول همبستگی ۲ تائید گردید. برای مثال ارتباط مثبت و معنی‌دار قوی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (۰/۹۵)، طول سنبله (۰/۸۲) و طول برگ پرچم (۰/۸۱)، ارتباط منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه با غلظت سدیم (۰/۶۲) و عدم ارتباط بین عملکرد دانه و محتوی کلروفیل (۰/۰۵-) وجود دارد. بر اساس شکل ۳ در شرایط تنش ارتباط مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه با صفات محتوی کلروفیل برگ، طول سنبله، طول ریشک و تعداد سنبلچه وجود دارد این نتیجه با زاویه کم بین این صفات نشان داده شده است که بر اساس جدول همبستگی ۲ بین صفات تائید گردید. در مورد سایر صفات روال به همین صورت در اشکال ۳ و جدول ۲ آمده است. بای‌پلات صفات در هر دو شرایط به‌طور مناسبی توانست با ماتریس همبستگی هماهنگ باشد.

به‌منظور بررسی ارتباط صفات فیزیولوژیک و زراعی اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه و همچنین تعیین صفات مؤثر و مرتبط با تنش شوری و مقایسهٔ آن‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، ضرایب همبستگی ساده بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شدند. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی نشان داد که در شرایط بدون تنش کلیه صفات موردبررسی به‌جز محتوی کلروفیل برگ پرچم و وزن صد دانه و در شرایط تنش شوری کلیه صفات به‌جز تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل، ارتفاع و غلظت پتاسیم همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند؛

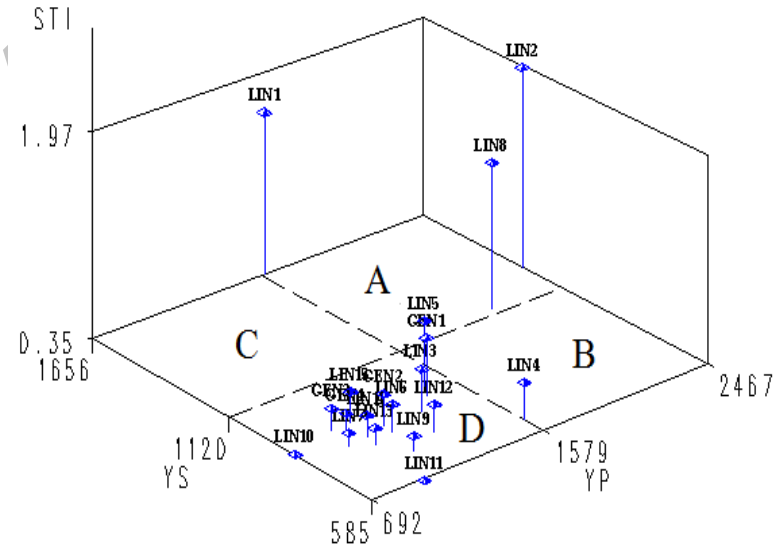
www.SID.ir

به‌نحوی‌که در شرایط بدون تنش عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش محتوی کلروفیل برگ پرچم بالاترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند. این امر بدیهی است؛ چراکه عملکرد بیولوژیک شامل عملکرد دانه و کاه است و همچنین محتوی کلروفیل برگ پرچم بالا می‌تواند بیانگر بهبود فتوسنتز درنتیجه عملکرد بالاتر باشد. با توجه به آنکه دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون ساقه و برگ است، بنابراین همبستگی شدید و بالای این دو صفت دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط، به گیاهانی با رشد سبزینه خوب و قدرت رویشی مناسب احتیاج است که همبستگی فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و نسبت فلورسانس حداکثر به فلورسانس متغیر تائید کننده این مطلب در هر دو شرایط است (Dabiri et al., 2009). بر اساس گزارش قلی زاده و همکاران (Gholizade et al., 2014) در شرایط تنش شوری همبستگی محتوای کلروفیل برگ پرچم با عملکرد دانه مثبت بود و گزینش لاین‌هایی با محتوای کلروفیل برگ پرچم زیاد در شرایط تنش شوری می‌تواند منجر به گزینش لاین‌هایی با عملکرد بالا شود.



شکل ۱- تصویربرداری چند ضلعی بای‌پلات ژنوتیپ در صفت گندم نان کلیه داده‌ها (PC1 و PC2: به ترتیب مقادیر مولفه اول و دوم)

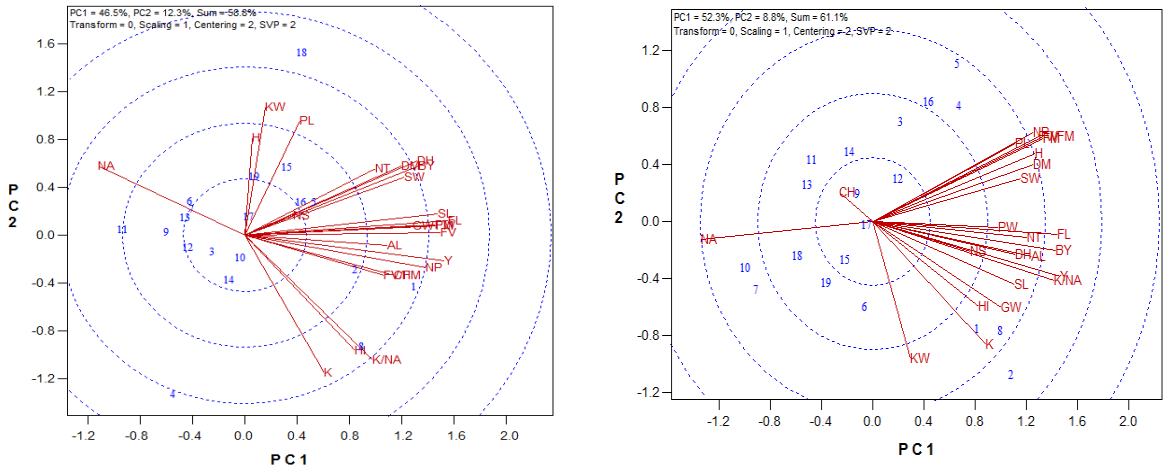
Fig. 1. Bread wheat genotype by trait biplot polygon view for the whole dataset (PC1 and PC2: first and second component, respectively).



شکل ۲. پراکنش سه‌بعدی لاین‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری و شاخص تحمل به تنش (STI)

Fig. 2. Three dimensional dispersion of the studied Lines based on grain yield in non-stress and salinity stress and stress tolerance index (STI).

www.SID.ir



شکل ۳. تصویربرداری نمودار بای‌پلات ژنوتیپ در صفت گندم نان کلیه داده‌ها (PC1 و PC2: به ترتیب مقادیر مولفه اول و دوم)

Fig. 3. Bread wheat genotype by trait biplot vector view for the whole (PC1 and PC2: first and second component, respectively)

در هر دو شرایط بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد که بیان‌کننده این است که با افزایش شاخص برداشت، عملکرد دانه افزایش یافته است. ازآنجایی‌که یکی از راه‌های افزایش شاخص برداشت، افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه به‌طور هم‌زمان است و همان‌طور که در جدول همبستگی ۲ مشاهده می‌شود همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت بیشتر از همبستگی میان عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت است. عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی و گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری در هر دو شرایط مشاهده شد که دلالت بر این موضوع دارد که در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش یا کاهش دوره رشد می‌توان با بررسی تعداد روز تا رسیدگی تخمین مناسب و قابل قبولی از طول دوره رسیدگی گیاه موردمطالعه داشت و انتخاب را سریع‌تر انجام داد. همان‌طور که اشاره شد عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت غلظت پتاسیم به سدیم و همبستگی منفی و معنی‌داری با میزان غلظت سدیم در هر دو شرایط داشت. به عبارتی وجود سازوکار معیار تبعیض در لاین‌های گندم موردمطالعه و ظرفیت این لاین‌ها برای بالا نگه‌داشتن نسبت غلظت پتاسیم به سدیم است. در غلظت‌های بالای نمک، گیاهان با استفاده از ورود و خروج یون‌ها، میزان غلظت سدیم درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه‌داشتن غلظت پتاسیم، نسبت غلظت پتاسیم به سدیم را بالا نگه می‌دارند. این سازوکار به حدی در مقابله با اثرات سوء تنش شوری مؤثر است که نسبت غلظت پتاسیم به سدیم معیار تبعیض در گیاهان ازجمله غلات به‌عنوان یکی از خصوصیات مهم جهت تفکیک گونه‌های متحمل از حساس شده است (El-Hendawy et al., 2009) ازآنجایی‌که بای‌پلات کلیه تغییرات موجود در یک مجموعه از داده‌ها را به‌طور کامل توضیح نمی‌دهد، کسینوس زاویه‌ها به‌طور دقیق به ضرایب همبستگی قابل‌تبدیل نیستند. بااین‌وجود زاویه‌ها می‌توانند اطلاعات کافی برای ارائه یک تصویر کلی از روابط متقابل بین صفات را فراهم کند (Moghadam, 2012). جالب‌توجه است که اکثر بردارها به‌خوبی با ماتریس همبستگی هماهنگ هستند.

تجزیه عامل‌ها

به‌منظور کاهش تعداد زیادی از متغیرهای همبسته و گروه‌بندی متغیرهای اولیه به تعداد محدودتری عامل اصلی و برای پی بردن به روابط بین صفات از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید. شش عامل در هر دو شرایط در نظر گرفته شد که به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش شوری ۸۵/۱۷ و ۸۵/۳۴ درصد تغییرات را توجیه نمودند .در شرایط بدون تنش، عامل اول ۵۲/۲۳ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه کرد که شامل طول پدانکل، تعداد سنبلچه، طول برگ پرچم، روز تا رسیدگی، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر است که این عامل، به نام عامل بازدارنده تولید نام‌گذاری شد. عامل دوم شامل صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، طول خوشه، وزن دانه در سنبله، غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم که

Archive of SID

www.SID.ir

۸/۸۲ درصد تغییرات متغیرها را توجیه کرد و عامل عملکرد نام‌گذاری شد. انتخاب لاین‌ها بر اساس این عامل سبب انتخاب لاین‌هایی با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش می‌شود. عامل سوم ۷/۶۴ درصد تغییرات واریانس را توجیه نمود که شامل تعداد پنجه بارور، طول برگ پرچم، طول ریشک، وزن سنبله، روز تا گلدهی، غلظت سدیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم بود که تحت عنوان عامل مبدأ ساخت مواد فتوسنتزی نام‌گذاری شد. این عامل نشان می‌دهد صفات فنولوژیک با تأثیر بر روی صفات رشد رویشی مربوط به سرمایه ثابت گیاه موجب ذخیره مواد قابل‌دسترس برای رشد زایشی گیاه می‌شوند. عامل چهارم با ۷/۰۱ درصد توجیه تغییرات متغیرها، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل، ارتفاع بوته و وزن پدانکل را شامل گردید. این عامل به‌عنوان ارتفاع گیاه یا عملکرد اقتصادی نام گرفت. عامل پنجم ۵/۱۰ درصد از تغییرات متغیرها را توضیح داد که صفات وزن صد دانه و طول ریشک را شامل گردید. عامل ششم ۴/۳۷ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه کرد و شامل صفات محتوی کلروفیل برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله است (جدول ۳). همان‌طور که مشاهده می‌گردد. درصد تغییرات عامل اول در هر دو شرایط، به‌طور چشمگیری از سایر عامل‌ها بیشتر است که نشان از اهمیت نسبی این دو عامل است.

در شرایط تنش، عامل اول با ۴۶/۵۴ درصد توجیه تغییرات متغیرها، تعداد پنجه بارور، طول برگ پرچم، وزن پدانکل، وزن سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر را شامل گردید. نظر به این‌که در این عامل خصوصیات رسیدگی گیاه بیشترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند، عامل اول را می‌توان عامل خصوصیات فنولوژیکی گیاه نامید. ازآنجاکه این صفات که در جهت مثبت، عامل اول را تحت تأثیر قراردادند گویای این است که انتخاب لاین‌ها بر اساس عامل اول می‌تواند منجر به زودرسی گیاه شود. صادق قول و همکاران (Sadegh Ghol et al., 2014) گزارش کردند که ظهور زودتر ساقه و سنبله فرصت زیادتری را برای پر شدن دانه در اختیار بوته قرار می‌دهد تا از رطوبت موجود قبل از وقوع تنش شدید خشکی آخر فصل و افزایش دما برای پر کردن دانه بهره‌برداری کند. اصولاً باید بین تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا ظهور سنبله همبستگی بالایی وجود داشته باشد که این نکته در عامل اول به‌خوبی دیده می‌شود. عامل دوم شامل صفات طول سنبله، عملکرد بیولوژیک، طول برگ پرچم، طول ریشک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر که ۱۲/۳۱ درصد تغییرات متغیرها را توجیه کرد؛ با نام عوامل مؤثر بر عملکرد بیولوژیک نام‌گذاری شد. وزن سنبله، فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر در دو عامل اول و دوم مشاهده می‌شود که این نشان‌دهنده همبستگی این صفات به این دو عامل (عامل خصوصیات فنولوژیک و عامل عملکرد بیولوژیکی) است. همچنین وجود دو صفت فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر به‌طور مشترک در این دو عامل نشان‌دهنده همبستگی این صفت به این دو عامل است؛ بنابراین می‌توان گفت که یکی از عواملی که سبب افزایش در عملکرد بیولوژیکی و طول رسیدگی فیزیولوژیکی کمتر گیاه می‌شود میزان بیشتر فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر است که وجود مشترک این صفات در این دو عامل تائید کننده نتیجه به‌دست‌آمده است. نتایج این آزمایش به‌خوبی نشان داد که بین شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود دارد. افزایش عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در صورت کافی بودن اندام‌های فتوسنتز کننده منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد؛ زیرا در پایان دوره رشد گیاه مقدار قابل‌توجهی از مواد فتوسنتزی ساخته‌شده در طول دوره رشد به دانه‌ها وارد می‌شوند (Faisal and Al-Tahir, 2014). درواقع انتخاب لاین‌ها بر اساس عامل دوم سبب انتخاب لاین‌هایی با عملکرد بیولوژیک بالا می‌گردد که نتیجه آن می‌تواند منجر به انتخاب لاین‌هایی با عملکرد دانه بالا می‌شود.

عامل سوم ۸/۶۳ درصد از تغییرات متغیرها را توضیح داد که صفات غلظت سدیم (عامل منفی)، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم را شامل گردید، بنابراین عامل سوم با نام عامل شاخص تغذیه گیاه نام نهاده شد. افزایش این عامل (از طریق کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم) منجر به واکنش بهتر گیاه در مواجهه با تنش شوری خواهد شد؛ چراکه گیاه یون‌های پتاسیم بیشتری را جهت خنثی نمودن اثر سدیم در اختیار خواهد داشت. تنش شوری سبب کاهش آب قابل‌استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت توسط برخی یون‌های سمی، فعالیت اندک عناصر غذایی ضروری، نسبت زیاد غلظت سدیم به عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره نمود (Poustini and Siocemardeh, 2001).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. ضریب همبستگی بین صفات مختلف در دو شرایط بدون تنش (پایین قطر) و تنش شوری (بالای قطر)

Table 2. correlation coefficients between different traits in both the non-stress (The bottom diameter) and salinity stress (The top diameter) conditions

صفات Traits	Y	CH	NS	NT	KW	BY	PL	SL	H	FL	NP	AL	PW	HI	SW	DH	DM	GW	FM	FV	FV.FM	NA	K	K.NA
Y	1	0.88	0.13	0.58	0.05	0.69	0.18	0.81	-0.03	0.81	0.81	0.61	0.68	0.69	0.61	0.62	0.48	0.61	0.71	0.74	0.56	-0.51	0.39	0.48
CH	-0.05a	1	0.16	0.36	0.07	0.53	0.06	0.59	-0.08	0.68	0.64	0.39	0.44	0.65	0.41	0.47	0.27	0.48	0.42	0.43	0.35	-0.38	0.34	0.39
NS	0.49	-0.37	1	-0.06	0.49	0.28	0.2	0.13	-0.13	0.11	0.04	0.34	0.14	-0.07	-0.01	0.17	0.01	0.37	0.09	0.13	0.41	-0.24	0.07	0.2
NT	0.69	-0.39	0.21	1	0.02	0.58	0.15	0.53	0.05	0.57	0.57	0.27	0.52	0.17	0.52	0.57	0.66	0.21	0.57	0.55	0.17	-0.08	-0.01	-0.02
KW	0.22	-0.07	0.14	0.05	1	0.12	0.51	0.17	0.4	0.15	-0.05	-0.08	-0.02	-0.07	0.17	0.32	0.13	0.1	-0.02	0	0.17	-0.01	-0.4	-0.24
BY	0.95	0.01	0.41	0.69	0.17	1	0.38	0.69	0.05	0.81	0.52	0.68	0.61	-0.03	0.65	0.6	0.53	0.79	0.74	0.72	0.28	-0.34	0.09	0.22
PL	0.58	-0.05	0.2	0.54	0.09	0.63	1	0.28	0.61	0.19	0.28	0.12	0.16	-0.12	0.17	0.36	0.23	0.32	0.02	0.03	0.15	-0.13	-0.06	-0.03
SL	0.83	-0.08	0.39	0.44	0.01	0.82	0.37	1	0.01	0.8	0.81	0.59	0.65	0.43	0.8	0.65	0.56	0.68	0.77	0.78	0.49	-0.4	0.28	0.36
H	0.66	-0.17	0.22	0.7	-0.07	0.74	0.58	0.5	1	0	-0.01	-0.28	0.17	-0.1	-0.07	0.29	0.24	-0.03	-0.03	-0.02	0	-0.07	-0.07	-0.03
FL	0.81	-0.16	0.45	0.74	0.18	0.76	0.55	0.5	0.63	1	0.68	0.61	0.72	0.45	0.69	0.69	0.6	0.68	0.89	0.89	0.49	-0.56	0.22	0.43
NP	0.62	-0.33	0.37	0.65	-0.18	0.63	0.56	0.55	0.83	0.59	1	0.35	0.64	0.62	0.53	0.59	0.57	0.56	0.61	0.64	0.5	-0.57	0.46	0.55
AL	0.72	0.07	0.38	0.65	0.38	0.67	0.55	0.27	0.52	0.85	0.34	1	0.48	0.2	0.61	0.28	0.17	0.68	0.61	0.62	0.44	-0.27	0.23	0.3
PW	0.62	-0.21	0.31	0.59	0.16	0.59	0.59	0.46	0.71	0.39	0.57	0.46	1	0.34	0.59	0.84	0.85	0.56	0.78	0.81	0.64	-0.65	0.29	0.55
HI	0.49	-0.32	0.32	0.39	0.29	0.27	0.32	0.34	0.12	0.52	0.24	0.51	0.31	1	0.22	0.26	0.14	0.14	0.28	0.33	0.5	-0.48	0.52	0.57
SW	0.68	0.14	0.05	0.49	-0.03	0.72	0.54	0.63	0.64	0.63	0.66	0.41	0.31	0.25	1	0.64	0.58	0.56	0.66	0.63	0.2	-0.25	0.01	0.16
DH	0.67	-0.01	0.12	0.56	0.1	0.65	0.3	0.5	0.55	0.71	0.4	0.65	0.19	0.43	0.52	1	0.93	0.47	0.63	0.63	0.4	-0.49	0.06	0.3
DM	0.6	-0.13	0.53	0.5	0.08	0.6	0.61	0.34	0.52	0.87	0.58	0.69	0.18	0.34	0.53	0.53	1	0.4	0.65	0.65	0.37	-0.47	0.03	0.28
GW	0.67	-0.34	0.44	0.47	0.23	0.65	0.29	0.71	0.47	0.43	0.44	0.35	0.57	0.39	0.15	0.53	0.27	1	0.63	0.64	0.49	-0.63	0.2	0.5
FM	0.63	0.01	0.34	0.48	0.09	0.61	0.68	0.34	0.67	0.72	0.71	0.65	0.49	0.36	0.59	0.47	0.73	0.37	1	0.99	0.49	-0.5	0.25	0.42
FV	0.63	0.01	0.35	0.47	0.07	0.61	0.69	0.35	0.67	0.7	0.72	0.63	0.49	0.36	0.58	0.48	0.73	0.38	0.99	1	0.59	-0.54	0.28	0.46
FV.FM	0.6	-0.09	0.41	0.43	0.01	0.59	0.67	0.42	0.65	0.63	0.75	0.54	0.44	0.35	0.52	0.51	0.71	0.47	0.92	0.94	1	-0.58	0.3	0.5
NA	-0.67	0.21	-0.48	-0.51	-0.18	-0.64	-0.5	-0.52	-0.62	-0.81	-0.7	-0.61	-0.22	-0.47	-0.63	-0.62	-0.86	-0.37	-0.67	-0.68	-0.71	1	-0.41	-0.89
K	0.63	0.13	0.15	0.4	0.41	0.58	0.05	0.54	0.25	0.54	0.21	0.49	0.25	0.33	0.46	0.38	0.23	0.4	0.37	0.36	0.29	-0.36	1	0.73
K.NA	0.84	-0.09	0.36	0.64	0.32	0.79	0.47	0.7	0.58	0.83	0.61	0.68	0.41	0.55	0.7	0.59	0.65	0.53	0.64	0.64	0.62	-0.82	0.78	1

حد بحرانی مقادیر همبستگی $P < 0.05$ و $P < 0.01$ (D.F. 17) به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۵۷

[a] Critical values of correlation $P < 0.05$ and $P < 0.01$ (D.F. 17) 0.45 and 0.57, respectively.

www.SID.ir

جدول ۳. بار عاملی در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس در شرایط بدون تنش

Table 3. Load factor in principal component analysis and varimax rotation in non-stress condition

Traits	صفات	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	عامل ششم Factor 6
Yield	عملکرد	0.40	0.68	0.41	0.31	0.21	0.06
Chlorophyll Content	محتوی کلروفیل برگ	0.06	0.06	-0.14	-0.17	0.06	-0.90
Number of Grain per Spike	تعداد دانه در سنبله	0.48	0.37	-0.16	-0.10	0.19	0.60
Number of fertile tillers	تعداد پنجه بارور	0.19	0.21	0.67	0.55	0.04	0.25
Hundred Kernel Weight	وزن صد دانه	-0.01	0.09	0.02	0.03	0.85	0.02
Biological Yield	عملکرد بیولوژیکی	0.40	0.68	0.38	0.37	0.08	-0.04
Peduncle Length	طول پدانکل	0.62	0.04	0.20	0.56	0.06	-0.03
Spike Length	طول خوشه	0.16	0.91	0.20	0.17	-0.10	0.10
Plant Height	ارتفاع	0.46	0.30	0.38	0.60	-0.23	0.04
Flag Leaf Length	طول پرچم	0.57	0.30	0.66	0.11	0.22	0.14
Number of Spikelet per Spike	تعداد سنبلچه	0.59	0.34	0.27	0.40	-0.36	0.25
Awn Length	طول ریشک	0.50	0.13	0.53	0.24	0.53	-0.03
Peduncle Weight	وزن پدانکل	0.22	0.31	-0.01	0.86	0.16	0.15
Harvest Index	شاخص برداشت	0.21	0.15	0.39	0.06	0.47	0.39
Spike Weight	وزن سنبله	0.44	0.44	0.53	0.16	-0.21	-0.30
Days to Heading	روز تا گلدهی	0.26	0.35	0.70	0.07	0.09	0.01
Days to Physiological Maturity	روز تا رسیدگی	0.80	0.12	0.44	-0.08	0.06	0.19
Grain Weight.Spike	وزن دانه در سنبله	0.12	0.66	0.05	0.36	0.20	0.41
Fluorescence Maximum	فلورسانس حداکثر	0.87	0.17	0.19	0.30	0.11	-0.06
Variable Fluorescence	فلورسانس متغیر	0.88	0.18	0.17	0.29	0.09	-0.05
FV.FM	فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر	0.86	0.24	0.12	0.24	0.00	0.08
NA+	غلظت سدیم	-0.68	-0.32	-0.51	0.08	-0.04	-0.24
K+	غلظت پتاسیم	0.08	0.66	0.31	0.00	0.44	-0.22
K+/NA+	غلظت پتاسیم به سدیم	0.44	0.59	0.52	0.09	0.27	0.04

ضرایب بالاتر از ۰/۵ معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

Coefficients higher than 0.5 considered significant

عامل چهارم ۷/۶۳ درصد تغییرات واریانس را توجیه نمود که شامل عملکرد دانه، محتوی کلروفیل برگ، تعداد سنبلچه و شاخص برداشت است که بنام عامل عملکرد نام‌گذاری شد. درنتیجه لاین‌هایی که دارای عامل چهارم بیشتری هستند نشان‌دهنده عملکرد و محتوی کلروفیل برگ بیشتر هستند؛ لذا می‌توان گفت که تحمل بهتری نسبت به تنش شوری دارند. دوام فتوسنتز و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش شوری ازجمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل شوری است. درصورتی‌که گزینش بر اساس این عامل صورت گیرد منجر به انتخاب لاین‌هایی می‌شود که توانسته‌اند با حفظ

www.SID.ir

غلظت کلروفیل به دوام فتوسنتز کمک کرده و در برابر تنش ثبات عملکرد داشته باشند. فتوسنتز اثرات بلندمدت بر روی عملکرد دارد. از سمتی کارایی فتوسنتز به توالی فرآیندهای متابولیسمی نظیر واکنش‌های فتوشیمیایی، آنزیم‌های دخیل در تثبیت کربن، ساختار فتوسنتزی و انتقال حد واسطه‌های فتوسنتزی بین اجزای سلول بستگی دارد؛ بنابراین در تنش شوری آنچه فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش سطح برگی (کاهش سطح فتوسنتزی)، کاهش فراهمی CO_2 به علت بسته شدن روزنه-ها، کاهش هدایت مزوفیلی، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها به علت تغییرات در ساختار سیتوپلاسمی (آنزیم‌های روبیسکو و چرخه کالوین)، سمیت نمک، افزایش پیری القاشده توسط تنش شوری و آسیب اکسیداتیو به غشاهای فتوسنتزی است (Izaddoost et al., 2013 ؛Parida and Das, 2005). همان‌طور که مشاهده می‌کنید بار عاملی صفات در این عامل همگی بالا و مثبت هستند که نشان‌دهنده این است که برای داشتن شاخص برداشت بالا نیاز به داشتن عملکرد دانه بالا است. همچنین برای داشتن یک عملکرد مناسب نیاز به یک عملکرد بیولوژیکی بالا (رشد سبزینه‌ای مناسب و رشد سریع) نیاز است که وجود شاخص برداشت بالاتر در عامل چهارم نشان‌دهنده این امر است.

عامل پنجم ۵/۸۱ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه کرد و شامل صفات ارتفاع گیاه و طول پدانکل است که عامل پنجم به نام عامل ارتفاع گیاه یا عملکرد اقتصادی نامیده شد. انتخاب لاین‌هایی بر اساس این عامل منجر به انتخاب لاین‌هایی با ارتفاع بالا و عملکرد اقتصادی بیشتر می‌شود. عامل ششم ۴/۴۳ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه کرد که شامل تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر بود که این عامل به نام عامل مؤثر بر عملکرد نام‌گذاری شد (جدول ۴). این عامل نشان می‌دهد که با افزایش میزان فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، نشان‌دهنده فعال بودن مراکز فتوسیستم ی در شرایط تنش شوری است. درنتیجه رابطه بین منبع و مخزن به‌خوبی برقرار گردیده است و وزن صد دانه افزایش یافته است که این نتیجه دلالت بر این است که عدم پر شدن دانه کمتر رخ داده است (Kuchaki and Sarmadnia, 2012). باوجودآنکه خصوصیات مورفولوژیکی متعددی در مقاومت یا تحمل ژنوتیپ‌های گندم به تنش شوری تأثیر دارند، اما به دلیل ناشناخته بودن بسیاری از آن‌ها هنوز عملکرد و اجزای عملکرد به‌عنوان معیار در پیشبرد ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی مورداستفاده قرار می‌گیرند (Tossi Mojarda and Bihamta, 2007).

نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی عملکرد دانه و پارامترهای رشدی اقدامی مهم جهت تعیین عملکرد محصول در برنامه‌های اصلاحی است. از سوی دیگر، عملکرد دانه صفتی کمی و تحت تأثیر محیط با وراثت-پذیری پایین است. علاوه بر این انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه مفید نیست. درنتیجه صفات مورفوفیزیولوژیک و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه به علت اندازه‌گیری راحت و وراثت‌پذیری بالا جهت بهبود تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم نان می‌تواند استفاده گردد. بای‌پلات GT نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین عملکرد و برخی صفات در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری وجود دارد که با ماتریس همبستگی داده‌ها مطابقت دارد. در بین صفات در شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب دو صفت عملکرد بیولوژیک و محتوی کلروفیل برگ پرچم به‌عنوان مطمئن‌ترین صفات جهت انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد گزینش گردیدند. به‌طورکلی نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که انتخاب لاین‌ها در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب، بر اساس عامل دوم و چهارم می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود. بای‌پلات GT و نمودار سه‌بعدی لاین‌ها (مدل فرناندز) نشان داد که لاین‌های ۱، ۲ و ۸ از عملکرد دانه بالایی در هر دو شرایط عدم تنش و تنش شوری برخوردارند؛ بنابراین، بر اساس این نتایج می‌توان سه لاین ۱، ۲ و ۸ را به‌عنوان لاین‌های متحمل معرفی و توصیه نمود که این سه لاین به‌منظور کشت و ارزیابی در نسل ششم معرفی گردند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. بار عاملی در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس در تنش شوری

Table 4. Load factor in principal component analysis and varimax rotation in salinity stress condition

Traits	صفات	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	عامل ششم Factor 6
Yield	عملکرد	0.42	0.46	0.23	0.73	0.02	0.06
Chlorophyll	محتوی کلروفیل برگ	0.17	0.32	0.14	0.8	0.01	0.09
Number of Grain per Spike	تعداد دانه در سنبله	-0.09	0.28	0.14	-0.05	0.03	0.85
Number of fertile tillers	تعداد پنجه بارور	0.69	0.23	-0.24	0.32	0.03	-0.17
Hundred Kernel Weight	وزن صد دانه	0.12	-0.06	-0.35	0.11	0.48	0.72
Biological Yield	عملکرد بیولوژیکی	0.44	0.82	0.01	0.12	0.19	0.06
Peduncle Length	طول پدانکل	0.03	0.26	-0.03	0.05	0.89	0.17
Spike Length	طول خوشه	0.49	0.57	0.12	0.49	0.11	0.06
Plant Height	ارتفاع	0.19	-0.22	0.05	-0.09	0.85	-0.04
Flag Leaf Length	طول پرچم	0.59	0.55	0.17	0.43	0.02	0.09
Number of Spikelet per Spike	تعداد سنبلچه	0.44	0.3	0.36	0.61	0.14	-0.08
Awn Length	طول ریشک	0.13	0.84	0.15	0.15	-0.19	0.15
Peduncle Weight	وزن پدانکل	0.8	0.27	0.42	0.13	0.06	0.09
Harvest Index	شاخص برداشت	0.13	-0.14	0.42	0.84	-0.15	0.03
Spike Weight	وزن سنبله	0.56	0.57	-0.13	0.28	0.02	-0.03
Days to Heading	روز تا گلدهی	0.82	0.17	0.1	0.23	0.29	0.18
Days to Physiological Maturity	روز تا رسیدگی	0.93	0.09	0.13	0.04	0.19	0.02
Grain Weight.Spike	وزن دانه در سنبله	0.24	0.76	0.36	0.1	0.14	0.23
Fluorescence Maximum	فلورسانس حداکثر	0.7	0.54	0.24	0.16	-0.13	0.03
Variable Fluorescence	فلورسانس متغیر	0.7	0.52	0.29	0.19	-0.13	0.07
FM/FV	فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر	0.34	0.13	0.49	0.27	-0.07	0.52
^{+}NA	غلظت سدیم	-0.36	-0.14	-0.79	-0.14	-0.09	-0.23
^{+}K	غلظت پتاسیم	-0.11	0.13	0.74	0.33	-0.04	-0.23
NA^{+}/K^{+}	غلظت پتاسیم به سدیم	0.15	0.14	0.92	0.22	-0.04	0.05

ضرایب بالاتر از ۰/۵ معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

Coefficients higher than 0.5 considered significant

www.SID.ir

منابع

Ahmadikhah, A., Shojaeian, H., Plavani, M.M., Neary, P.L., 2014. Identification of salt tolerant rice mutant lines and fingerprinting them with markers ISSR. Modern Genetics. 9(3), 312-299.

Andréia Caverzan, A., Casassola, A., Brammer, S.P., 2016. Antioxidant responses of wheat plants under stress. Genetics and Molecular Biology. 39(1), 1–6.

Baker, N.R., Rosenqvist, E., 2004. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. Journal of Experimental Botany. 55(403), 1607-1621.

Bilkis, M. R., Islam, M. H., Hafiz, R., Hasan, M. A., 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological and agronomic traits of wheat. Pakistan Journal of Botany. 48(2), 455-460.

Cattell, R.B., 1965. Factor analysis: an introduction to essentials. 1. The purpose and underlying models. Biometrics. 21, 190-215.

Chaves, M.M., Costa, J.M., Saibo, N. J. M., 2011. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. Advances in Botanical Research. 57, 49-104.

Dabiri, M., Bahramnejad, M., Baghbanzadeh, M., 2009. Ammonium salt catalyzed multicomponent transformation: simple route to functionalized spirochromenes and spiroacridines. Tetrahedron. 65, 9443-9447.

Dehghani, H., Omidi, H., Sabaghnia, N., 2008. Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. Agronomie, EDP Sciences. 100, 1443-1449.

Dixit, P. N., and Deli, D., 2010. Impact of spatially variable soil salinity on crop physiological properties, soil water content and yield of wheat in a semi-arid environment. Australian Journal of Agricultural Engineering. 1, 93-100.

El-Hendawy, S.E., Ruan, Y., Hu, Y., Schmidhalter, U., 2009. A comparison of screening criteria for salt tolerance in wheat under field and controlled environmental conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 195, 356-367.

Faisal, M., Al-Tahir, M., 2014. Flag leaf characteristics and relationship with grain yield and grain protein percentage for three cereals. Journal of Medicinal Plants Studies. 2(5), 01-07.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium.Taiwan.13-18. Agu. 257-270 pp.

Flores, F., Moreno, M., Cubero, J., 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. Field Crops Research. 56, 271-286.

Gholizadeh, A., Dehghani, H., 2015. Corrlation and Sequential path Analysis between yield and related characters of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in non-stressed and salinity stressed conditions. Romanian Agricultural Research. 32.

Gholizadeh, A., Dehghani, H., Dorak, J., 2014. Interrelationships between chlorophyll content and seed yield in bread wheat under saline conditions. Iran Journal Crops Research. 45(4): 625-638. [In Persian with English Summary].

Izaddoost, H., Samizadeh, H., Rabiei, B., Abdollahi, S. 2013. Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices. Cereal Research. 3, 167-180. [In Persian with English Summary].

Khaliq, A., Zia-ul-Haq, M., Ali, F., Aslam, F., Matloob, A., Navab, A., Hussai, S., 2015. Salinity tolerance in wheat cultivars is related to enhance activities of enzymatic antioxidants and reduced lipid peroxidation. Clean Soil, Air, Water. 43(8), 1248-1258.

Kuchaki, A., Sarmadnia, Gh., 2012. Crop Physiology. Jihad University (University of Mashhad). [In Persian].

Li, G., Wan, S.W., Zhou, J., Yang, Z.Y., Qin, P., 2010. Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. Industrial Crops and Products. 31(1), 13–19.

Lichtenthaler, H., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148, 350–382.

Lycoskoufi, S.I.H., Savvas, D., Mavrogianopoulos, G., 2005. Growth, gas

Archive of SID

www.SID.ir

exchange and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. Scientia Horticulturae. 106(2), 147–161.

Okcu, G., Kaya, M.D., Atak, M., 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 29, 137-243.

Parida A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. A review, Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.

Poustini, K., and Siosemardeh, A., 2001. Na^{+}/K^{+} Ratio and ion selectivity in response to salt stress in wheat. Iranian Journal of Agriculture Science. 32 (3), 525-532. [In Persian with English Summary].

Sadiq Ghol Moghadam, R., Khodarahmi, M., Ahmadi, Gh.H., 2014. Genetic diversity and factor analysis for grain yield and other morphological characters of wheat under drought stress. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 7 (1), 147- 133. [In Persian with English Summary].

Singh, A.L., Hariprassana, K., Solanki, R.M., 2008. Screening and selection of groundnut genotype for tolerance of salinity. Australian Journal of Crop Science. 1(3), 69-77.

Singh, S., Singh, T., 2001. Correlation and path analysis in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under light texture soil. Research on Crops. 2, 99-101.

Stadler, L. J., 1928. Muation in barley induced by X-rays and radium. Science. 68, 186-187.

Yan, W. 2001. GGEbiplot: A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomie, EDP Sciences. 93, 1111-1118.

Tusi Mojarad, M., and Bihamta, M.R., 2007. Grain yield and other quantitative traits of wheat by analysis factors. Agricultural Science. 17(2), 107-97.

Zarin Kafsh, M., 1997. Principles of Soil Science and Environment in relation to the plant. Islamic Azad University, Center of Scientific Publications. Press, 808p. [In Persian].

Zheng, Y., Wang, Z., Sun, X., Jia, A., Jiang, G., Li, Z., 2008. Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage. Environmental and Experimental Botany. 62(2), 129-138.

Archive of SID

www.SID.ir