ارزیابی و گروه‌بندی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش کم آبی

آرزو سبحانی قشلاق[1]، سعید اهری‌زاد[2*]، سیدابوالقاسم محمدی[3] و فرهاد فرح‌وش[4]

تاریخ دریافت:90/10/19 تاریخ پذیرش: 91/2/16

1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، رشته اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

2و3- دانشیار و استاد، گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

4- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

* مسئول مکاتبه : E-mail: s.aharizad@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی واکنش لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به تنش کم آبی، آزمایشی در سال 1389 در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (80، 120 و 160 میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A) و فاکتور فرعی 23 لاین اینبرد نوترکیب به همراه والدین (رقم سوپرهد و رقم روشن) بود. در این بررسی پنج شاخص تحمل خشکی شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) براساس عملکرد دانه لاین‌ها در محیط تنش و بدون تنش محاسبه شدند. بیشترین میانگین حسابی عملکرد، میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل به تنش در 120 و 160 میلیمتر تبخیر به طور مشترک به لاین‌های 212، 224، 255 و 277 و رقم روشن تعلق داشت. کمترین مقدار SSI و TOL در 120 میلیمتر به لاین 244 و در 160 میلیمتر به لاین 241 متعلق بود. نتایج حاصل از مطالعه همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌ها در شرایط تنش و بدون تنش شاخص‌های میانگین حسابی عملکرد (MP)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) هستند. در تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های مقاومت به خشکی در سطح آبیاری 120 و 160 میلیمتر تبخیر، لاین‌های 224، 255، 277 و رقم روشن در گروه برتر قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تنش کم آبی، شاخص تحمل تنش، گندم نان، لاین اینبرد نوترکیب

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation and Grouping of Bread Wheat Recombinant Inbred Lines Using Tolerance Indices to Water Deficit

A Sobhani Gheshlagh[1], S Aharizad[2]*, SA Mohammadi[3] and F Farahvash[4]

Received: January 9, 2012 Accepted: May 5, 2012
[1]Former M.Sc. Student of Plant Breeding of Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran
[2,3]Assoc Prof and Prof, Dept of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agric, Univ of Tabriz, Iran
[4]Assist Prof, Dept of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricu, Univ of Islamic Azad, Tabriz Branch.
*Corresponding author: E-mail: s.aharizad@yahoo.com

Abstract

To evaluate response of bread wheat recombinant inbred lines to drought stress, an experiment was conducted using split plot based on completely randomized blocks design with three replications at research station of agriculture college of Islamic Azad University of Tabriz during 1389. The main factor included three irrigation levels (80, 120 and 160 mm evaporation from class A pan) and sub-factor consisted of 23 recombination inbred lines along with their parents (Super head and Roshan varieties). In this study five stress tolerance indices i.e. Stress Susceptibility Index (SSI), Tolerance Index (TOL), Mean Productivity (MP), Geometric Mean Productivity (GMP) and Stress Tolerance Index (STI) based on grain yield of the lines were calculated under stress and non- stress conditions. Highest Mean Productivity, Geometric Mean Productivity and Stress Tolerance Index at 120 and 160 evaporation were common belonged to the lines number 212, 224, 255, 277 and Roshan variety. Line number 244 had the minimum SSI and TOL at 120 mm, whereas line 241 had the lowest SSI and TOL under 160 mm. The study of correlation between the indices and mean grain yield showed among the criteria MP, GMP and STI are reliable indices for screening of the lines under stress and non-stress conditions. At cluster analysis based on quantitative criteria for stress resistance at 120 and 160 mm evaporation, lines number 224, 255, 277 and Roshan variety were grouped in superior cluster.

Key word: Bread wheat, Cluster analysis, Drought stress, Recombinant inbred lines, Stress tolerance indices

مقدمه

گندم اصلی‌ترین منبع کالری و پروتئین و یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا محسوب می شود (ریچاردز و همکاران 2001). گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی، سطح وسیعی از اراضی را به خود اختصاص داده است. در سال های اخیر تولید گندم در ایران به حدود 14/6 میلیون تن رسیده است. این میزان تولید از سطحی معادل 6/9 میلیون هکتار (2/7 میلیون هکتار آبی و 4/2 میلیون هکتار دیم) برداشت شده که از میزان تولید فوق حدود 4/5 میلیون تن به اراضی دیم و

Archive of SID

www.SID.ir

10/1 میلیون تن به اراضی آبی تعلق داشته است (بی‌نام 2008). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش-های محیطی است که تولید کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق نیمه خشک و دیم را کاهش داده است (شفازاده و همکاران 1383). وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این عرصه‌ها به نزولات جوی که در کشور دارای نوسانات زیادی است، آسیب‌پذیری تولید گندم را به نحو بارزی افزایش داده است (بی‌نام 2008).

عملکرد دانه در گیاهان زراعی مهم‌ترین صفت و افزایش آن هدف اصلی بوده و مورد توجه زیاد اصلاح کنندگان نباتات می‌باشد (ستار و همکاران 2003). عملکرد دانه تابع شرایط متعددی نظیر تاریخ کاشت، تراکم، مقدار کود، آبیاری، تیپ رشد، شرایط خاک و آب و هوا است. با تغییر این شرایط مقدار عملکرد ژنوتیپ‌ها تغییر می‌نماید، ولی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس از طریق شاخص‌های مقاومت و حساسیت مشکل چندانی ایجاد نمی‌شود. چون، مبنای محاسبه شاخص‌ها، نسبت عملکرد در شرایط تنش کم آبی و نرمال است (عبدالشاهی و همکاران 1389).

شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] توسط فیشر و مورر (1978) معرفی گردید. هرچه مقدار شاخص SSI کوچک‌تر باشد، میزان مقاومت به کم آبی بیشتر است. شاخص تحمل (TOL)[2] توسط روسیل و هامبلین (1981) پیشنهاد شده است. هرچه شاخص TOL کوچک‌تر باشد حساسیت به کم آبی ژنوتیپ کمتر و مطلوب‌تر است. شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP)[3] نیز توسط روسیل و هامبلین (1981) ارایه شده است. هر چه شاخص MP بزرگ‌تر باشد، تحمل به کم آبی ژنوتیپ بهتر خواهد بود. شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)[4] و شاخص تحمل به تنش (STI)[5] توسط فرناندز (1992) معرفی گردیده‌اند. هرچه مقدار این شاخص‌ها بزرگ‌تر باشد، ژنوتیپ متحمل‌تر خواهد بود.

هدف این پژوهش ارزیابی لاین‌های اینبرد نوترکیب[6] (لاین‌های خالصی هستند که بسیاری از وقایع نوترکیبی در آن‌ها تثبیت شده است و ایجاد آن‌ها می‌تواند یکی از راه‌های به نژادی برای بهبود عملکرد در شرایط کمبود آب باشد) گندم نان از نظر تحمل به کم‌آبی، شناسایی لاین‌های متحمل و گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های تحمل به تنش کم آبی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در فصل زراعی سال 1389 در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز واقع در اراضی کرکج اجرا گردید. در این آزمایش 23 لاین اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه دو والد، روشن (مقاوم به کم آبی) و سوپرهد (با عملکرد بالا) به منظور بررسی اثر تنش کم آبی مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌ها به صورت شماره نامگذاری شده بود. این لاین‌ها با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری 80، 120 و 160 میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A و فاکتور فرعی 23 لاین اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین بود. فاصله ردیف‌های کاشت 20 سانتیمتر و به طول دو متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف حدود دو سانتیمتر در نظر گرفته شد. تنش از مرحله گلدهی گیاه اعمال گردید و از آن زمان تا مرحله رسیدگی و برداشت سطوح آبیاری به صورت80 (شاهد)، 120و 160 میلیمتر تبخیر (به ترتیب تنش ملایم و شدید) رعایت شد. پس از رسیدن و برداشت محصول، بر اساس عملکرد دانه ارزش لاین‌ها از نظر شاخص‌های SSI، TOL، MP، GMP و STI، در دو سطح تنش (120 و 160 میلیمتر تبخیر) به شرح زیر انجام شد:

$$SSI=\{1-(Y_s/Y_p)/1-(\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)\}$$
$$TOL=Y_p-Y_s$$

[1]Stress Susceptibility Index
[2]Tolerance Index
[3]Mean Productivity
[4]Geometric Mean Productivity
[5]Stress Tolerance Index
[6]Recombinant inbred lines

Archive of SID
www.SID.ir

$MP=(Y_s+Y_p)/2$

$GMP=\sqrt{(Y_s\times Y_p)}$

$STI=(Y_s)(Y_p)/(\bar{Y}_p)^2$

Y_p: میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط نرمال آبی

Y_s: میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش

$\bar{Y}_p$: میانگین کلیه ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در شرایط نرمال آبی

$\bar{Y}_s$: میانگین کلیه ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در شرایط تنش

ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه (در شرایط نرمال، تنش متوسط و تنش شدید) و شاخص‌ها محاسبه گردید و در نهایت تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و بر مبنای شاخص‌ها و عملکرد دانه انجام شد. از نرم افزارهایExcel و SPSS جهت تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها استفاده گردید.

نتایج و بحث

مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش کم آبی در جدول 1 ارایه شده است. بر اساس شاخص SSI، لاین 244 متحمل‌ترین و لاین‌های 237 و 219 حساس‌ترین لاین‌ها در 120 میلیمتر تبخیر بودند. از نظر شاخص TOL لاین 244 متحمل‌ترین و لاین 237 به عنوان حساس‌ترین لاین شناخته شدند. بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI لاین‌های 212، 255، 224، 277، رقم روشن و لاین 194 متحمل‌ترین و لاین 214، رقم سوپرهد، لاین‌های 226 و 241 حساس‌ترین لاین‌ها بودند.

جهت مطالعه پایداری عملکرد دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان در شرایط تنش شدید کم آبی (160 میلیمتر تبخیر)، مقادیر شاخص‌های تحمل به کم آبی نیز محاسبه گردید. بر اساس معیارهای SSI و TOL لاین 241 مقاوم‌ترین لاین و لاین‌های 196 و 229 حساس‌ترین لاین‌ها بودند. شاخص‌های MP، GMP و STI به ترتیب لاین‌های 255، 224، 277، 199، 202 و 212 و رقم روشن را به عنوان مقاوم‌ترین و لاین‌های 226، 214، 218 و رقم سوپرهد را به عنوان حساس‌ترین لاین‌ها به تنش کم آبی معرفی نمودند.

به طور کلی، در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید لاین‌های 212، 224، 255 و 277 و رقم روشن از نظر اکثر شاخص‌های مورد بحث متحمل‌ترین لاین‌ها و رقم سوپرهد و لاین‌های 214 و 226 حساس‌ترین لاین‌ها معرفی شدند.

همبستگی شاخص‌ها با یکدیگر و با عملکرد دانه در شرایط بهینه رطوبتی (Y_P) و تنش متوسط (Y_{S1}) در جدول 2 درج شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط (Y_{S1}) با عملکرد دانه در شرایط نرمال (Y_P) و شاخص‌های STI، MP و GMP همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. مثبت بودن رابطه Y_P و Y_S نشان می‌دهد که لاین‌هایی که در شرایط آبیاری کامل از عملکرد بالایی برخوردار بودند، شرایط تنش را نیز بهتر تحمل کرده و عملکرد قابل قبولی تولید کرده‌اند. این مطلب با نتایج حاصل از تحقیقات دیگر محققین نیز همخوانی دارد (کوچکی و همکاران 1385 و فیشر 1979). عملکرد دانه در شرایط بهینه رطوبتی (Y_P) علاوه بر همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با شاخص‌های STI، MP و GMP با شاخص‌های TOL و SSI هم ارتباط مثبت و معنی‌دار نشان داد. به عبارت دیگر، اگر گزینش بر اساس مقادیر بالای هر یک از شاخص‌های STI، MP و GMP صورت بگیرد، به طور غیرمستقیم لاین‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش متوسط و بدون تنش گزینش خواهند شد. در حالی‌که، مثبت و معنی‌دار بودن ارتباط Y_P و شاخص‌های TOL و SSI نشان می‌دهد، انتخاب بر اساس این شاخص‌ها منجر به گزینش لاین‌های گندم متحمل به تنش کم آبی ولی کم بازده می‌شود. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI مواد آزمایشی را صرفا بر اساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن‌ها مشخص کرد و به منظور یافتن ژنوتیپ‌های متحمل این شاخص کارایی بسیار بالایی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر شاخص‌های مقاومت به خشکی در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین بر اساس عملکرد دانه در دو سطح تنش کم آب و

لاین	Y_P	Ys_i	Ys_j	SSI	TOL	MP	STI	GMP	MP	GMP
۱۹۴	۳۴۲/۵۵	۲۲۰	۲۰۵/۳۳	۰/۲۴	۲۲/۵۵	۳۳۱/۷۷	۰/۹۵	۳۳۱/۵۶	۳۷۴/۴	۲۶۵/۵۹
۱۹۵	۳۶۹/۳۳	۲۶۴/۳۳	۱۸۱/۳۳	۱/۰۱	۱۰۵	۲۱۶/۸۳	۰/۸۴	۲۱۲/۴۵	۲۷۵/۳۳	۲۵۸/۷۹
۱۹۹	۴۱۵/۳۳	۲۵۰	۲۶۹/۳۳	۱/۴۲	۱۶۵/۳۳	۲۲۲/۶۶	۰/۸۹	۲۱۲/۴۲	۳۲۰/۳۳	۳۳۴/۴۶
۲۰۰	۲۰۵/۳۳	۲۸۵/۳۳	۲۴۲/۳۳	۰/۴۲	۲۰	۲۹۵/۳۳	۰/۹۵	۲۹۵/۱۶	۲۷۲/۸۳	۲۷۲/۰۱
۲۰۲	۴۱۴	۲۴۴/۶۶	۱۵۶/۳۳	۱/۴۶	۱۶۹/۳۳	۲۲۹/۳۳	۰/۸۷	۲۱۸/۴۶	۳۲۵/۱۶	۳۲۵/۷۶
۲۱۲	۴۴۱	۲۶۱/۳۳	۱۲۴/۶۶	۰/۶۵	۸۰/۶۷	۴۰۱/۶۶	۱/۳۸	۲۹۹/۶۲	۳۲۸/۳۳	۳۲۸/۰۵
۲۱۴	۲۰۸	۱۸۱/۳۳	۱۵۶/۷۸	۰/۴۶	۲۶/۶۷	۱۹۴/۶۶	۰/۴۲	۱۹۴/۲۱	۵۱/۲۲	۱۸۲/۳۸
۲۱۷	۲۵۰	۲۱۲/۳۳	۱۹۹/۳۸	۱/۲۹	۱۳۶/۶۷	۲۸۱/۶۶	۰/۶۴	۲۷۲/۲۵	۱۵۰/۶۷	۲۷۴/۱۲
۲۱۸	۲۱۹/۳۳	۲۰۲/۳۳	۱۴۱/۳۳	۰/۹۷	۷۹	۲۴۱/۳۳	۰/۴۹	۲۲۰/۲۲	۱۷۶	۲۱۰/۸۳
۲۱۹	۲۹۲/۳۳	۱۸۷/۳۳	۲۲۱/۳۳	۱/۸۷	۲۰۵	۲۸۹/۸۳	۰/۶۲	۲۷۱/۱	۱۶۱	۲۰۱/۴۰
۲۱۴	۴۰۴/۶۶	۲۱۲/۳۳	۲۱۰/۶۶	۱/۸۱	۹۱/۳۳	۲۵۸/۹۹	۱/۰۹	۲۵۶/۰۸	۹۴	۲۵۷/۵۶
۲۱۶	۲۰۴/۶۶	۱۹۲/۶۶	۱۲۰/۳۳	۰/۴۴	۱۲	۱۹۸/۶۶	۰/۴۴	۱۹۸/۵۷	۸۴/۳۳	۱۸۶/۳۹
۲۱۷	۲۲۵/۳۳	۲۰۵	۱۸۸/۳۳	۰/۵۴	۴۹/۳۳	۲۰۰/۶۶	۰/۷۷	۲۹۹/۶۵	۱۲۷	۲۵۴/۵۲
۲۱۹	۲۲۸/۶۶	۱۹۵/۳۳	۱۶۱/۳۳	۰/۸۱	۷۵/۳۳	۲۹۰/۹۹	۰/۹۲	۲۸۸/۵۵	۱۶۷/۳۳	۲۲۴/۸۹
۲۲۷	۴۱۲/۳۳	۱۹۵/۳۳	۲۲۲/۳۳	۱/۸۹	۱۱۹	۲۰۴/۸۳	۰/۷	۲۸۴/۴۸	۱۹۱	۲۱۸/۸۳
۲۴۱	۲۲۱	۱۹۰/۶۶	۲۱۲/۶۶	۰/۶۴	۴۱/۳۴	۲۱۱/۳۳	۰/۴۸	۲۱۰/۲۲	۱۹/۳۴	۲۲۲/۱۲
۲۴۴	۲۵۴/۳۳	۲۵۱/۳۳	۲۱۲	۰/۰۴	۲	۲۵۲/۸۳	۰/۵۵	۲۵۲/۸۳	۴۲/۳۳	۲۲۲/۸۰
۲۴۶	۲۵۱/۳۳	۲۰۰/۶۶	۲۲۲	۱/۵۲	۱۵۰/۶۷	۲۷۵/۹۹	۰/۶۱	۲۷۵/۱۵	۱۱۹/۳۳	۲۰۱/۶۶
۲۴۸	۲۸۲/۳۳	۲۶۶	۲۱۲/۶۶	۱/۰۹	۱۱۶/۳۳	۲۲۴/۱۶	۰/۸۸	۲۱۸/۸۹	۱۵۹/۶۷	۲۰۲/۳۹
۲۵۱	۲۳۶/۶۶	۲۴۲/۳۳	۲۱۲	۰/۹۷	۹۱/۳۳	۲۸۸/۹۹	۰/۷	۲۸۵/۳۶	۱۲۲/۶۶	۲۶۶/۲۶
۲۵۵	۴۴۸/۳۳	۲۲۱	۲۲۹/۳۳	۱/۰۱	۱۲۶/۳۳	۲۰۵/۱۶	۱/۲۴	۲۷۹/۹۵	۱۰۹	۲۹۲/۸۳
۲۷۱	۲۰۸/۶۶	۱۹۲/۳۳	۱۹۰/۶۶	۱/۳۲	۱۱۵/۳۳	۲۵۰/۹۹	۰/۵۱	۲۴۴/۲۸	۱۱۸	۲۳۹/۶۶
۲۷۷	۲۷۵/۳۳	۲۹۷/۳۳	۲۰۵/۳۳	۰/۹۴	۷۸	۲۳۶/۳۳	۰/۹۶	۲۳۶/۰۶	۷۰	۲۳۰/۵۲
رگم سیرود	۲۶۴/۳۳	۱۴۵/۶۶	۱۵۴/۶۶	۱/۴۱	۱۱۹	۲۰۴/۸۳	۰/۴۳	۱۹۶	۱۰۹/۶۷	۲۰۲/۳۹
رگم رویدشت	۲۶۵/۳۳	۲۰۶/۳۳	۲۶۵	۰/۵۸	۵۹	۲۳۵/۸۳	۰/۸۹	۲۳۴/۵۲	۸۹/۳۳	۲۱۷/۵۴

Y_P: عملکرد دانه در سطح آبیاری ۸۰ میلیمتر تبخیر (شاهد) Ys_i : عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۲۰ میلیمتر تبخیر Ys_j : عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۶۰ میلیمتر تبخیر

www.SID.ir

دارد (نادری و همکاران 1378). منفی بودن همبستگی Y_S و SSI در تحقیق حاضر نیز مؤید این موضوع بود. شاخص SSI با شاخص TOL و شاخص‌های MP، GMP و STI با یکدیگر همبستگی قوی و مثبت داشتند که این امر بیانگر یکسان بودن ماهیت این شاخص‌های همبسته از نظر تحمل به کم آبی است و گزینش بر اساس آن‌ها با هم در یک راستا می‌باشد.

جدول 2- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به کم آبی در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین در آبیاری 120 میلیمتر تبخیر

	Y_P	Y_S	SSI	TOL	STI	MP
Y_S	0/576**					
SSI	0/46*	-0/446*				
TOL	0/65**	-0/25	0/96**			
STI	0/85**	0/91**	- 0/051	0/16		
MP	0/914**	0/86**	0/07	0/28	0/98**	
GMP	0/871**	0/9**	-0/24	0/19	0/99**	0/99**

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1%

مطابق جدول3 عملکرد دانه در شرایط نرمال (Y_P) با عملکرد دانه در شرایط تنش شدید (Y_{S2}) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. شاخص‌های MP، GMP و STI با Y_P و Y_{S2} ارتباط مثبت و بسیار معنی‌دار داشتند. این در حالی است که، شاخص SSI فقط با عملکرد دانه در شرایط تنش شدید همبستگی منفی و معنی‌دار و شاخص TOL با عملکرد دانه در شرایط نرمال ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت. بین شاخص SSI و TOL و نیز بین شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری برقرار بود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص‌های STI، GMP و MP در نتایج تحقیقات انجام شده توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (ناشیت و کوآسوی 1988 و بیدینگر و ویتکام 1989). نتایج دو سال بررسی در مرکز بین‌المللی تحقیقات در مناطق خشک (ICARDA) بر روی جو نشان داد که، همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی و شاخص SSI وجود دارد (سکارلی و همکاران 1987).

بهترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شاخصی است که در هر دو شرایط تنش و عادی دارای همبستگی نسبتا بالایی با عملکرد دانه باشد (خلیل‌زاده و کربلایی خیاوی 1381). در تحقیق حاضر بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در شرایط بهینه رطوبتی، متوسط و شدید کم آبی در شاخص‌های MP، GMP و STI دیده شد. وجود همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های آزمایشی در شرایط تنش و عادی و شاخص‌های STI، GMP و MP حاکی از آن است که این شاخص‌ها توانایی تشخیص و تعیین ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط (تنش و عادی) دارای عملکرد دانه بالایی هستند، را دارند (ژنوتیپ‌های گروه A). لذا می‌توان شاخص‌های مذکور را به عنوان بهترین شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش معرفی کرد. فرناندز (1992) نشان داد که، استفاده از شاخص‌های GMP و STI با توجه به همبستگی‌های معنی‌دار و بالای موجود بین آن‌ها و عملکرد دانه در محیط‌های

Archive of SID

www.SID.ir

تنش و عادی به عنوان شاخص‌های مناسبی برای تخمین پایداری عملکرد و گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا قابل توصیه هستند. گل‌آبادی و همکاران (2006) با ارزیابی 151 خانواده F_3 و F_4 گندم دوروم در شرایط تنش بعد از گلدهی و بدون تنش کم‌آبی گزارش کردند که شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و شاخص‌های SSI و TOL دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش هستند، بنابراین برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به کم‌آبی می‌توان براساس مقادیر بالای شاخص‌هایSTI، MP و GMP و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL گزینش کرد.

طالبی و همکاران (2009) و صادق‌زاده اهری (2006) نیز در مطالعه بر روی لاین‌های گندم دوروم شاخص‌های GMP، MP و STI را به عنوان شاخص‌های مطلوب انتخاب نمودند.

گروه‌بندی لاین‌ها بر اساس معیارهای تحمل به کم آبی در سطح آبیاری 120 و 160 میلیمتر تبخیر به طور مجزا با روش Ward انجام گرفت. در تنش ملایم لاین‌ها در سه خوشه گروه‌بندی شدند (شکل 1). درستی گروه-بندی انجام شده از طریق تابع تشخیص تایید شد (جدول4). در گروه اول لاین‌های 199، 202، 217، 219، 237، 246، در گروه دوم لاین‌های 194، 196، 200، 212، 224، 227، 229، 248، 251، 255 و 277 و رقم روشن و در گروه سوم لاین‌های 214، 218، 226، 241، 244، 272 و رقم سوپرهد قرار گرفتند. مطابق جدول 5 میانگین لاین‌های گروه اول از نظر عملکرد دانه در شرایط نرمال (Y_P) و شاخص‌های SSI و TOL بیشترین اختلاف را با میانگین کل داشتند. مقادیر شاخص‌های MP و GMP این لاین‌ها نیز از میانگین کل بیشتر بود. گروه دوم از نظر عملکرد دانه در شرایط نرمال (Y_P)، تنش متوسط (Y_{S1}) و شاخص‌های STI، MP و GMP در موقعیت برتری نسبت به میانگین کل بودند و کمترین شاخص SSI را داشتند. در مورد شاخص TOL نیز مقدار آن کمتر از میانگین کل بود. گروه سوم نیز کمترین مقدار شاخص TOL را داشت.

با توجه به موارد ذکر شده لاین‌های خوشه دوم نسبت به لاین‌های خوشه‌های دیگر در موقعیت برتری قرار داشتند. چرا که، بالا بودن Y_P، Y_S و شاخص‌های SSI، MP، GMP و در عین حال کمتر بودن شاخص‌های SSI و TOL نشان از برتر بودن یعنی متحمل بودن و پر محصول بودن لاین دارد.

در تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها در تنش شدید سه گروه مجزا شناسایی شد (شکل 2). تابع تشخیص صحت گروه‌بندی را تایید کرد (جدول 6). در خوشه اول لاین-های 194، 196، 199، 202، 212، 217، 219، 227، 229، 237، 246، 248، 251 و 272، در خوشه دوم لاین‌های 224، 255 و 277 و رقم روشن و در خوشه سوم لاین‌های 200، 214، 218، 226، 241 و 244 و رقم سوپرهد جای گرفتند. لاین‌های گروه اول از نظر Y_P و شاخص‌های SSI، TOL، MP و GMP دارای مقادیر بالایی نسبت به میانگین کل بودند. لاین‌های گروه دوم از نظر عملکرد دانه در شرایط نرمال (Y_P) و شرایط تنش کم آبی (Y_{S2})، شاخص‌های STI، MP و GMP دارای بیشترین مقادیر نسبت به میانگین کل بودند و کمترین مقدار شاخص SSI را داشتند و مقدار شاخص TOL آن‌ها نیز کمتر از میانگین کل بود. گروه سوم کمترین مقادیر را از نظر Y_P و Y_{S2} و نیز شاخص‌های STI و TOL و GMP دارا بود (جدول7). هر چه مقدار شاخص‌های TOL و SSI کمتر و مقادیر STI، MP و GMP بیشتر باشد، این امر برتر بودن لاین را می-رساند. بنابراین، لاین‌های گروه دوم نسبت به لاین‌های گروه‌های دیگر در موقعیت برتری قرار داشتند.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های مقاومت به تنش کم آبی در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید لاین‌های 224، 255 و 277 و رقم روشن را به عنوان لاین‌های برتر معرفی نمود.

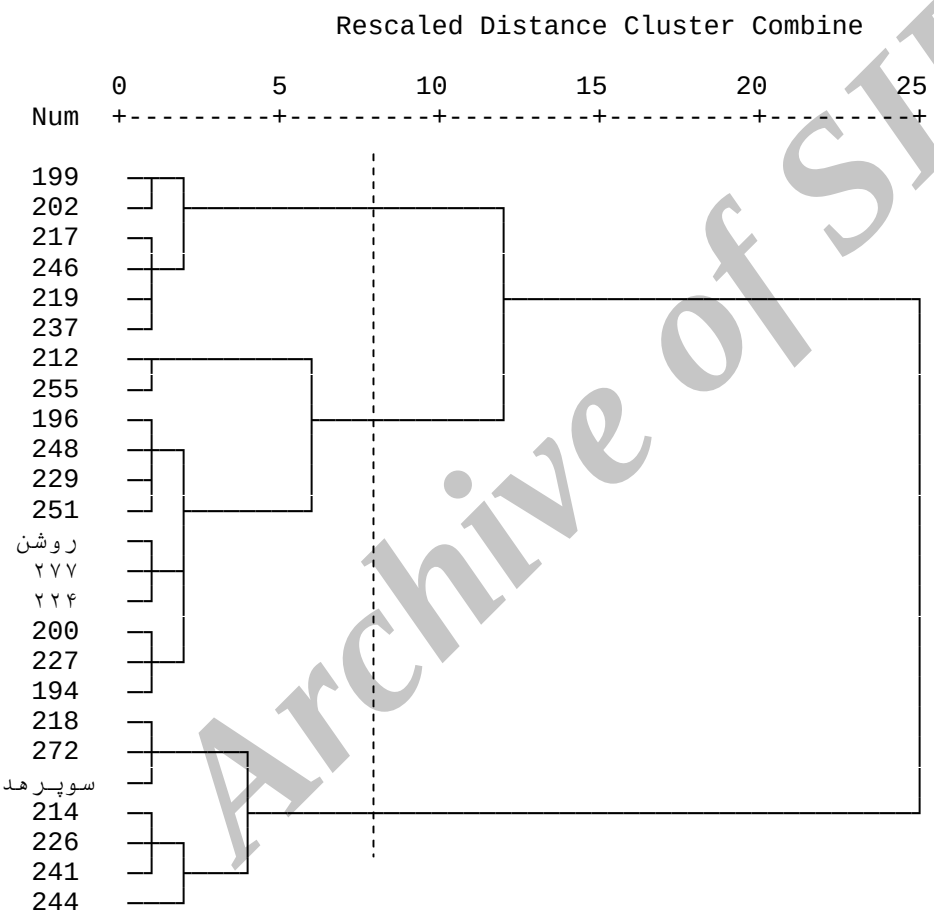
Archive of SID

www.SID.ir

جدول3- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به کم آبی در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین در آبیاری 160 میلیمتر تبخیر

	Y_P	Y_S	SSI	TOL	STI	MP
Y_S	0/722**					
SSI	0/23	-0/49*				
TOL	0/58**	-0/1	0/87**			
STI	0/89**	0/94**	-0/2	0/19		
MP	0/95**	0/91**	-0/09	0/31	0/99**	
GMP	0/92**	0/94**	-0/17	0/23	0/99**	0/996**

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال 5% و 1%



شکل 1- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین براساس شاخص‌های مقاومت به کم آبی در آبیاری 120 میلیمتر به روش Ward با داده‌های استاندارد شده

جدول 4- تابع تشخیص کانونیک برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های مقاومت به کم آبی در آبیاری 120 میلیمتر تبخیر

تعداد گروه	ویلکس لمبدا	کی‌دو	سطح معنی‌داری
2	0/003	112/48	0/00
3	0/028	67/817	0/00
4	0/149	36/152	0/01

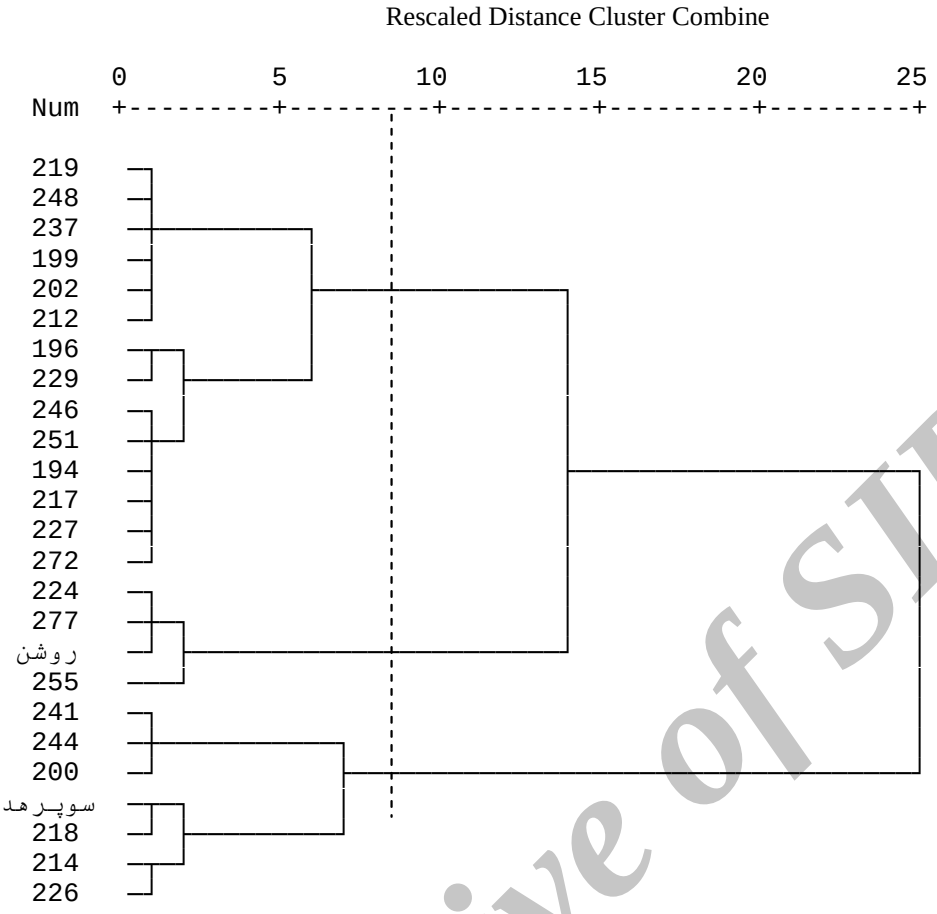
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- میانگین گروه‌ها و درصد انحراف آن‌ها از میانگین کل در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین بر اساس شاخص‌های مقاومت به کم آبی در آبیاری ۱۲۰ میلیمتر تبخیر

خوشه	لاین		Y_p	Y_s	SSI	TOL	STI	MP	GMP
۱	۲۱۷، ۲۰۲، ۱۹۹	میانگین	۲۸۹/۵۵	۲۱۵/۲۲	۱/۵۹	۱۲۴/۴۲	۰/۴۲	۲۰۲/۴۸	۲۸۹/۱۴
	۲۴۶، ۲۳۷، ۲۱۹	درصد انحراف از میانگین کل							
	۲۷۷، ۲۵۵		۱۴/۴۹	-۱۲/۶۲	۶۹/۱۵	۸۵/۰۲	-۲/۷	۲/۰۵	۰/۴۲
۲	۲۰۰، ۱۹۶، ۱۹۴	میانگین	۲۶۴/۷۴	۲۹۲/۴۹	۰/۷۲	۷۶/۴۵	۰/۹۴	۲۴۰/۵۵	۴۲۷/۹۹
	۲۲۷، ۲۲۴، ۲۱۲	درصد انحراف از میانگین کل							
	۱۵۱، ۲۴۸، ۲۲۹		۸/۲۸	۱۸/۷	-۲۲/۴	-۱۸/۹۷	۳۷/۰۲	۱۲/۶۵	۱۲/۸
۳	۲۲۶، ۲۱۸، ۲۱۴	میانگین	۲۵۰/۱۹	۱۹۲/۹۹	۰/۷۵	۵۶/۱۹	۰/۴۲	۲۲۲/۰۹	۲۱۹/۲۲
	۲۷۲، ۲۴۴، ۲۴۱								
	۲۷۲، ۲۴۴، ۲۴۱	درصد انحراف از میانگین کل	-۲۶/۵۲	-۲۱/۲۴	-۲۰/۲۱	-۲۰/۴۶	-۴۲/۲۴	-۲۴۴۱	-۲۴/۹۴
	میانگین کل		۲۴۰/۵۲	۲۴۶/۴۲	۰/۹۴	۹۴/۲۲	۰/۸۴	۲۹۲/۴۲	۲۸۸/۲۱

www.SID.ir



شکل2- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین براساس شاخص‌های مقاومت به کم آبی در آبیاری 160 میلیمتر به روش Ward با داده‌های استاندارد شده

جدول 6- تابع تشخیص کانونیک برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های مقاومت به کم آبی در آبیاری 160 میلیمتر تبخیر

تعداد گروه	ویلکس لمبدا	کی‌دو	سطح معنی‌داری
2	0/007	95/568	0/00
3	0/07	50/399	0/00
4	0/327	21/255	0/002

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۷- میانگین گروهها و درصد انحراف آنها از میانگین کل در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه واکنش برلساس شناخص‌های مقاومت به کم آب۲

در آبیاری ۱۶۰ میلیمتر تبخیر

خوشه	لاین		Y_P	Y_S	SSI	TOL	STI	MP	GMP
۱	۱۹۹ ،۱۹۶ ،۱۹۴	میانگین	۳۶۹/۴۲	۲۱۴/۸۵	۱/۱۶	۱۴۸/۸	۰/۶۹	۲۹۲/۱۲	۲۸۱/۳۵
	۲۱۷ ،۲۱۲ ،۲۰۲								
	۲۲۹ ،۲۲۷ ،۲۱۹								
	۲۴۸ ،۲۴۶ ،۲۴۷	درصد انحراف از میانگین کل	۸/۴۸	-۱/۹۹	۱۹۵۹	۲۵/۹۹	۲/۵۲	۴/۴۸	۲/۴۸
	۲۷۲ ،۲۵۱								
۲	۲۷۷ ،۲۵۵ ،۲۲۴ رشم روشن	میانگین	۲۹۸/۴۱	۲۷۷/۴۹	۰/۶۴	۹۰/۵۸	۱/۰۶	۲۵۴/۱۲	۲۵۰/۱۶
		درصد انحراف از میانگین کل	۱۶/۹۹	۲۶/۵۹	-۲۵/۰۵	-۲۴/۴	۶۰/۶۱	۲۶/۱۲	۲۸/۶۲
۳	۲۱۸ ،۲۱۴ ،۲۰۰	میانگین	۲۴۹/۷۱	۱۷۷/۴	۰/۸	۷۲/۴۱	۰/۴۸	۲۱۲/۵	۲۰۹/۴۴
	۲۴۴ ،۲۴۱ ،۲۲۶								
	رشم سوپرهد	درصد انحراف از میانگین کل	-۲۶/۶۷	-۱۹/۱۲	-۱۷/۵۲	-۲۸/۶۹	-۲۲/۴۲	-۲۴/۷۱	-۲۴/۱۱
	میانگین کل		۲۴۰/۵۴	۲۱۹/۲۱	۰/۹۷	۱۱۸/۱	۰/۶۶	۲۷۹/۸۷	۰/۲۵

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

خلیل زاده غ ر و کربلایی خیاوی ح، 1381. بررسی اثرات استرس خشکی و گرما بر روی لاین‌های پیشرفتهٔ گندم دوروم، صفحه‌های 563 تا 564، چکیدهٔ مقالات هفتمین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات ایران، نشر آموزش کشاورزی.

شفازاده م ک، یزدان سپاس ا، امینی ا و قنادها م ر، 1383. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، مجله نهال و بذر، جلد دوم، شماره 1، صفحه 57 تا71.

عبدالشاهی ر، امیری م، طالعی ع ر و یزدی صمدی ب، 1389. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان از لحاظ تحمل به خشکی، جلد سوم3، شماره 1، صفحه: 159تا171.

کوچکی ا ر، یزدان سپاس ا و نیکخواه ح ر، 1385. اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم، مجله علوم زراعی ایران، جلد هشتم، شماره 1، صفحه‌های 14تا29.

نادری ا، مجیدی هروان ا، هاشمی دزفولی ا، رضایی ع و نورمحمدی ق، 1378. تحلیل کارآیی شاخص‌های ارزیابی کنندهٔ تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید، مجلهٔ نهال و بذر، جلد پنجم، شماره4، صفحه‌های 390 تا 402.

Anonymous. Statistical. 2008. http: //dbagri-jahad.org/zrtbank.

Bidinger FR and Witcombe JR, 1989. Evaluation of specific drought avoidance traits as selection criteria for improvement of drought resistance. pp. 151-164. In: Backer FWG (ed.). Drought resistance in cereals. CAB International.

Ceccarelli S, Nachit MM, Ferrara GO, Mckin MS, Tahir M, Leur JV and Srivastava JP, 1987. Breeding strategies for improving cereal yield and stability under drought. pp. 101-114. In: Srivastava JP, Porceddu E, Acevedo and Varma S (eds). Drought tolerance in winter cereals. John Wiley & Sons, England.

Fernandez GCJ, 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter, 25: 257-270.

Fischer RA and Maurer R, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res., 29: 897-912.

Fisher RA, 1979. Growth and water limitation to dry land wheat yield in Australia: a physiological framework. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 45: 83-94.

Golabadi M, Arzani A and Mirmohamadi maibody SAM, 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. African Journal of Agricultural Research 1: 162-171.

Nachit MM and Quassou A, 1988. Association of yield potential, drought tolerance and stability of yield in *T. turgidum* var. *durum.* Pp. 867-870. In: Proceedings of the 7th international wheat symposium. Cambridge, UK.

Archive of SID

www.SID.ir

Richards RA, Condon AG and Rebetzke GJ, 2001. Traits to improve yield in dry environments. Pp. 88-100. In: Reynolds MP, Ortiz-Monasterio JI and McNab A (eds.). Application of physiology in wheat breeding. Mexico, DF, CIMMYT.

Rosille AA and Hamblin J, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21: 943-946.

Sadeghzade-Ahari D, 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. Iran. J. Crop. Sci. 8: 30-45.

Sattar A, Chowdhry MA and Kashif M, 2003. Estimation of heritability and genetic gain of somemetric traits in six hybrids populations of spring wheat. Asian J. Plant Sci., 2: 495-497.

Talebi R, Fayaz F and Mohammad-Naji A, 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Tritcum. aestivum*. L). Plant Physiol. 35: 64-74.

Archive of SID

www.SID.ir