



به‌شادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۵۵-۳۹

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

زهرا سادات طاهری پورفرد^۱، علی ایزدی دربندی*^۲، حبیب‌اله قزوینی^۳، محسن ابراهیمی^۴، سید محمدمهدی مرتضویان^۵

۱. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۳. دانشیار، بخش غلات، مؤسسه تحقیقات و اصلاح نژاد و بذر، کرج، ایران
۴. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۵. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۲۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶

چکیده

تحمل به خشکی ۲۰ ژنوتیپ جو، در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش با قطع آبیاری در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دشت ورامین ارزیابی شد. هدف این آزمایش شناسایی ژنوتیپ‌های امیدبخش جو متحمل به تنش خشکی است. در این مطالعه، تأثیرات خشکی بر روی ۲ صفت عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته با استفاده از برخی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی بررسی شد. شاخص‌های مطالعه‌شده شامل: شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین تولید (MP)، تحمل (TOL)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی تولید (GMP)، میانگین هارمونیک تولید (HARM)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص حساسیت به تنش (YSI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) بودند. شاخص‌ها با استفاده از عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته در شرایط عدم تنش (Yp) و تنش (Ys) محاسبه شدند. همبستگی مثبت و معناداری بین میانگین عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته (در هر دو شرایط بدون تنش و تنش) با شاخص‌های STI، YI، HARM، MP، YI، HARM، GMP مشاهده شد. شاخص‌های STI، HARM، MP، YI و GMP نسبت به شاخص‌های SSI، YSI و TOL معیار گزینش بهتری را برای عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته ارائه کردند. با استفاده از روش رتبه‌بندی براساس شاخص‌های تحمل به تنش، ژنوتیپ‌های ۲ و ۵ به‌منزله متحمل‌ترین و ژنوتیپ ۱ به‌منزله حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی شناخته شدند. لاین‌های ۹ و ۸ با داشتن بیشترین عملکرد دانه، وزن خشک کل بوته و در نهایت عملکرد اقتصادی بالاتر، قابل توصیه برای کشت هستند.

کلیدواژه‌ها: جو، رتبه‌بندی، عملکرد دانه، شاخص‌های خشکی، وزن خشک کل بوته.

مقدمه

کم‌آبی یکی از تنش‌های مهم غیرزنده است که هرساله سبب کاهش حدود ۳۰ درصد عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۳۷). افزایش عملکرد گیاهان زراعی در مناطق خشک با تولید واریته‌هایی با عملکرد بالا که تحمل خوبی به خشکی دارند، امکان‌پذیر است (۱۶). جو (*Hordeum vulgare* L.) از غلات مهمی است که در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته در جایی که کم‌آبی مشکل‌ساز است، کشت می‌شود (۲۱ و ۵). از ویژگی‌های ارزشمند این غله قابلیت کشت در مناطق حاشیه یا مناطقی با کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه است (۱۲). سطح زیر کشت این محصول در ایران برای سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰، حدود ۱/۵۹ میلیون هکتار و میزان تولید جو حدود ۲/۸۵ میلیون تن بود (۱). با توجه به اینکه بخش اعظم کشور در نواحی نیمه‌خشک قرار دارد، زراعت این محصول در ایران مورد توجه است (۷).

تحمل به خشکی در گیاهان زراعی یکی از صفات پیچیده با توارث‌پذیری پایین و چندژنی است (۹). طبق تعریف، تحمل زراعی یک ژنوتیپ به خشکی، شامل افزایش عملکرد نسبی یک ژنوتیپ، در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، در همان شرایط تنش خشکی است (۲۴). از طرفی حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ، با میزان کاهش عملکرد آن ژنوتیپ در شرایط تنش تعریف می‌شود (۹). با توجه به تعاریف یادشده صفت تحمل به خشکی بسیار تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد و آثار متقابل محیط و ژنوتیپ آن بالاست (۱۱). تنش خشکی، تأثیرگذاری قابل توجهی بر روی عملکرد دانه دارد (۲۰۱۳). یکی از روش‌های مؤثر انتخاب برای عملکرد، استفاده از شاخص‌های سنجش خشکی است (۳۴). با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که همبستگی زیاد با عملکرد دارند، انتخاب کرد (۳). از شاخص‌های خشکی

می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: میانگین تولید (MP)^(۱) و تحمل به تنش (TOL)^(۲) در محیط تنش و بدون تنش (۳۲)، شاخص تحمل تنش (STI)^(۳)، میانگین هندسی تولید (GMP)^(۴)، میانگین هارمونیک (HARM)^(۵) (۱۹)، شاخص حساسیت به تنش فیشر و مور (SSI)^(۶) (۲۰)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)^(۷) (۱۰)، شاخص عملکرد (YI)^(۸) (۲۶).

با بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و فاقد تنش می‌توان رفتار گیاهان را به ۴ گروه تقسیم کرد (۱۹): الف) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد یکسان در محیط تنش و غیرتنش دارند (گروه A؛ ب) ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوب در محیط فاقد تنش دارند (گروه B؛ ج) ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند (گروه C؛ د) ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند (گروه D). مناسب‌ترین معیار، معیاری است که، گروه A را از سایر گروه‌ها مشخص کند. شاخص تحمل به تنش (STI) که بیان‌کننده اختلاف عملکرد در محیط تنش و بدون تنش است (۳۲) و سبب گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط عادی ولی عملکرد بالا در شرایط تنش می‌شود، نمی‌تواند گروه A را از C جدا کند. با افزایش مقدار TOL، حساسیت به خشکی بیشتر می‌شود. هنگامی که عملکرد در شرایط بدون تنش، با عملکرد در شرایط تنش اختلاف زیادی داشته باشد، در ارزیابی ژنوتیپ‌ها به دلیل اثر کاهشی زیاد تیمار تنش و بالارفتن انحراف معیار مناسب نخواهد بود (۳).

شاخص میانگین هندسی (GMP) نسبت به میانگین

1. Mean Productivity
2. Tolerance
3. Stress Tolerance Index
4. Geometric Mean Productivity
5. Harmonic Mean
6. Stress Susceptibility Index
7. Yield Stability Index
8. Yield Index

به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

اریب میانگین تولید نسبت به میانگین هندسی وقتی اختلاف میانگین عملکرد بدون تنش و تنش زیاد است، افزایش می‌یابد (۳۲).

هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های بررسی شده در شرایط تنش و بدون تنش خشکی و همچنین تعیین شاخص‌های مناسب غربال ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش و بدون تنش است.

مواد و روش‌ها

۱۸ لاین امیدبخش جو (جدول ۱) و ۲ رقم شاهد (ژنوتیپ‌های شماره ۱ (حساس) و ۲۰ (تحمل متوسط) دریافتی از بخش غلات مؤسسه اصلاح و نهال بذر در آذرماه سال ۱۳۹۲ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در دشت ورامین (جلیل‌آباد با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی) با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار ارزیابی شدند. آبیاری به صورت بارانی با دستگاه اسپرینکلر انجام گرفت. ۶ عدد از اسپرینکلرها (آب‌پاش‌ها با قطر ۶ میلی‌متر و فشار ۴ اتمسفر) با دور ۱۸۰ درجه در آبیاری به کار گرفته شدند. میزان دبی آب خروجی، ۱۳/۵ مترمکعب در ساعت بود و هر دور آبیاری حدود ۳ ساعت طول می‌کشید. در شرایط آبیاری نرمال در مجموع به‌طور متوسط ۱۶۰ مترمکعب در یک دوره زراعی مصرف شد و در زمین تحت تنش حدود ۹۰ مترمکعب آب مصرف شد. سطح زیر کشت هر آزمایش حدود ۴۵۵ مترمربع بود و تعداد آبیاری در شرایط تنش ۲ بار از شرایط نرمال کمتر بود.

طول هر کرت ۵ و عرض آن برابر ۱/۲ متر انتخاب شد و در هر کرت بذور آزمایشی بر روی ۴ ردیف و فاصله ۱ سانتی‌متر روی هر ردیف کاشته شدند. قبل از کشت بذور با سم قارچ‌کش اپرودیون + کاربندازیم (رورال تی اس ۵/۲۵WP درصد) ضد عفونی شدند.

تولید در تنش خشکی شدیدتر، اریب کمتری به سمت عملکرد تنش دارد (۱۹). بنابراین، GMP بیشتر مورد توجه به‌نژادگرانی است که به یک میانگین نسبی بسنده می‌کنند (۳۱). اما شاخص تحمل تنش (STI) می‌تواند سبب شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در ۲ محیط تنش و غیرتنش و تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B و C شود (۱۹). انتخاب براساس شاخص SSI منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش، اما عملکرد بالا در حالت تنش می‌شود. مقدار عددی این شاخص بین ۰ و ۱ متغیر است و هرچه این مقدار بزرگ‌تر باشد ژنوتیپ‌ها از حساسیت بالاتری نسبت به خشکی برخوردارند. مهم‌ترین ناکارآمدی این شاخص عدم توانایی در جداسازی گروه A از گروه C است (۱۹).

در پژوهشی شاخص SSI برای ارزیابی تحمل به خشکی گندم استفاده شد (۱۵). انتخاب هم‌زمان براساس ۲ شاخص GMP و SSI توانسته به افزایش تحمل به خشکی در لویبا منجر شود (۳۱). در مطالعه‌ای معلوم شد که انتخاب براساس مقادیر پایین TOL و SSI می‌تواند در انتخاب ارقام متحمل به تنش مؤثر واقع شود (۲۳). استفاده از YSI به همراه سایر شاخص‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در تنش خشکی کارآمد است (۱۰). انتظار می‌رود ارقام با مقادیر بالای YSI بیشترین عملکرد را هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش داشته باشند (۳۸).

شاخص‌های تحمل به خشکی MP, STI, GMP و HARM در ژنوتیپ‌های گندم نسبت به قدرت بهتری در گزینش ارقام در شرایط تنش و بدون تنش را نسبت به SSI, TOL و YSI نشان دادند (۸). MP می‌تواند سبب انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر در شرایط غیرتنش و عملکرد پایین‌تر در شرایط تنش شود و نمی‌تواند گروه A را از گروه B بشناسد. شاخص GMP نسبت به MP در جداسازی گروه A از سایرین بهتر عمل می‌کند و میزان

جدول ۱. نام، شجره و تعداد ردیف سنبله در ژنوتیپ‌های جوی بررسی شده

شماره	نام و شجره ژنوتیپ‌ها	تعداد ردیف سنبله
۱	NIMROZ / SAHRA	۲
۲	Kmk//Rbr/Wa2196-68/3/EBC(A)/4/ICNB93-369	۶
۳	WI2219//Mza/DL71/3/WI2198/Emir/4/ICNB93-328	۶
۴	73M4-30/Rihane-03	۶
۵	Rihane-03/3/Rihane//Aths/BC	۶
۶	Johoob/4/Post//Copal"s"/Gloria"s"/3/Kavir	۶
۷	L.527/1-BC-80100	۶
۸	Kavir/Badia//1-BC-80073	۶
۹	Teran 78/1-BC-80411	۶
۱۰	Ashar/5/L.527/Chn-01//Gostoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla106//DL71/Strain205	۶
۱۱	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir/4/Arigashar	۶
۱۲	73M4-30/Rihane-03	۶
۱۳	Johoob/4/Post//Copal"s"/Gloria"s"/3/Kavir	۶
۱۴	Johoob/4/LB.Iran/una8271//Gloria"s"/3/L.Moghan	۶
۱۵	Johoob/4/LB.Iran/una8271//Gloria"s"/3/L.Moghan	۶
۱۶	Hml/Bichy	۲
۱۷	Shuylar/3/M.Rnb86.80/NB 2905//L.527/4/ICNB93-328	۶
۱۸	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir/4/Arigashar	۶
۱۹	CIRU/M111	۶
۲۰	(GOB/ALELI//CANELA/3/ARUPO*2/JET/4/ARUPO/K8755//MORA) EBYT-W-90-15	۲

برحسب تن در هکتار تعیین شد. با توجه به تأثیرگذاری مثبت وزن کل بوته بر روی عملکرد دانه و مصرف آن به منزله کاه و کلش در مصرف دام این دو صفت به‌طور هم‌زمان بررسی شدند. تجزیه واریانس برای مقایسه عملکرد تیمارها با نرم‌افزار SAS انجام شد. با استفاده از عملکرد گیاهان در آزمایش بدون تنش و تنش، شاخص‌های تحمل به خشکی براساس جدول ۲ محاسبه شدند. شناسایی لاین‌های متحمل با رتبه‌بندی (۱۵) براساس روابط زیر به دست آمد.

نتایج آزمون خاک نشان داد نیازی به استفاده از کود سرک نیست. با توجه به خطر شیوع سن گندم در اردیبهشت ۱۳۹۳ از سم مالاتیون برای مبارزه با سن استفاده شد. در تیمار تنش هنگام ۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه، آبیاری قطع شد و تا زمان برداشت آبیاری انجام نشد. در تیمار بدون تنش تا زمان رسیدن محصول و هنگام دریافت رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه‌ای، آبیاری انجام گرفت. در زمان رسیدگی کامل محصول، عملیات برداشت از سطحی معادل ۵ مترمربع صورت گرفت. با کف‌بردن بوته ابتدا وزن خشک کل بوته توزین و سپس عملکرد دانه

به‌نژادی گیاهان زراعی وبانگی

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

جدول ۲. شاخص‌های تحمل یا حساسیت به تنش و فرمول محاسبه آن‌ها در ارزیابی مقاومت یا حساسیت به تنش خشکی

نام	منبع		
TOL= Tolerance	روزيله و هامبلين (۳۲)	$Y_p - Y_s$	تحمل
MP=Mean Productivity	روزيله و هامبلين (۳۲)	$(Y_p + Y_s) / 2$	میانگین تولید
STI=Stress Tolerance Index	فرناندز (۱۹)	$STI = (Y_p \times Y_s) / (M_p)^2$	شاخص تحمل تنش
GMP=Geometric Mean Productivity	فرناندز (۱۹)	$\sqrt{Y_p - Y_s}$	میانگین هندسی تولید
HARM=Harmonic Mean	فرناندز (۱۹)	$[2 * (Y_p \times Y_s) / (Y_p + Y_s)]$	میانگین هارمونیک تولید
YI=Yield Index	لين و همكاران (۲۶)	Y_s / M_s	شاخص عملکرد
SSI= Stress susceptibility index	فیشر و مور (۲۰)	$SI = 1 - (M_s / M_p)$ $[(1 - (Y_s / Y_p)) / SI]$	شاخص حساسیت به تنش
YSI= Yield Stability Index	بوسلاما و شاپاف (۱۰)	Y_s / Y_p	شاخص پایداری عملکرد

Y_p و Y_s : میانگین عملکرد بدون تنش و عملکرد تنش هر ژنوتیپ

M_p و M_s : میانگین ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش

SI: شدت تنش

جدول ۳. اجزای امید ریاضی طرح مرکب در مکان برای برآورد وراثت‌پذیری عمومی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	اجزای واریانس
مکان	(l-1)	$\sigma^2 M$	-
بلوک در مکان	(r-1)l	$\sigma^2 M$	-
ژنوتیپ	(g-1)	M_1	$g = (M_1 - M_4) / r_1 \sigma^2 S$
ژنوتیپ در مکان	(g-1)(l-1)	$\sigma^2 M$	$g_l = (M_4 - M_5) / r_1 \sigma^2 S$
اشتباه آزمایشی	(r-1)(g-1)l	$\sigma^2 M$	$e = M_5 \sigma^2 S$

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام و رسم نمودارهای (۱)

سه‌بعدی به کمک نرم‌افزارهای SPSS و Minitab انجام شد. Rank Sum(R_s)= Rank mean(RM)+Standard deviation of rank(SDR)

وارثت‌پذیری عمومی (h^2_b) (۱۴) صفات عملکرد دانه (۲)

و وزن خشک کل بوته براساس امید ریاضی (۱۶) طرح اجراشده (جدول ۳) محاسبه شدند. SDR=(S_i^2)^{0.5} در این رابطه، R_s مجموع رتبه، RM میانگین رتبه، SDR انحراف استاندارد رتبه و S_i^2 واریانس است.

پس از محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش، همبستگی (۳)

بین شاخص‌ها محاسبه شد. با توجه به اینکه بین شاخص‌های مطالعه شده همبستگی بالایی وجود داشت،

به‌شادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

نتایج و بحث

۱. تجزیه واریانس و برآورد توارث پذیری عمومی

محاسبه داده‌های حاصل از مقایسه عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته در ۲ محیط (تنش و بدون تنش) در جدول ۴ نشان‌دهنده کاهش معنادار عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش بوده است و مؤید مؤثر بودن اثر خشکی بر عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته (در سطح احتمال ۱ درصد) است (جدول ۴). مطالعات در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی (۶)، ارزیابی ارقام متحمل به خشکی جو (۳۱) و در بررسی عملکرد و شاخص‌های ارزیابی تنش در ژنوتیپ‌های جو (۲) بیانگر این نکته است که اعمال تیمار تنش نقش عمده‌ای در

کاهش عملکرد و معناداری این صفات در آزمایش داشته است. میزان توارث پذیری عمومی برای صفات مطالعه شده تعیین شد. با توجه به ماهیت کمی بودن صفات، میزان وراثت پذیری محاسبه شده مقادیر پایینی را نشان می‌دهند. وراثت پذیری برای صفت عملکرد دانه و وزن کل تک بوته به ترتیب ۲۷ و ۲۵ درصد برآورد شد. این آزمایش در شرایط تنش و بدون تنش انجام و اثر مکان یا محیط آزمایش نیز معنادار شد. از سوی دیگر ماهیت صفات بررسی شده به صورت کمی و تحت تأثیر تعداد زیادی ژن با آثار جزئی است، لذا مقادیر پایین وراثت پذیری قابل توجهی است.

جدول ۴. میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و وزن کل بوته در محیط‌های تنش خشکی و بدون تنش

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن خشک کل بوته
مکان	۱	**۵۹۴/۲۴	**۹۹/۰۷
بلوک داخل مکان	۴	۳/۴۰	۷/۶۰
ژنوتیپ	۱۹	** ۲۱/۶۱	**۲/۰۲
ژنوتیپ × مکان	۱۹	** ۹/۰۶	^{ns} ۰/۵۸
اشتباه آزمایشی	۷۶	۳/۹۲	۰/۷۷
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۳۲	۲۱/۰۲
توارث پذیری عمومی (%)		۲۷	۲۵

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

۲. شاخص‌های ارزیابی تنش

بر اساس شاخص‌های محاسبه شده به همراه داده‌های عملکرد بدون تنش و تنش برای ۲ صفت عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته می‌توان اظهار داشت که تنها به کمک یک شاخص شاید نتوان بهترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ را شناسایی کرد (جدول‌های ۵ و ۶).

مقایسه‌های میانگین‌ها برای این صفات بر اساس آزمون LSD یا حداقل تفاوت‌های معنادار انجام شد (جدول‌های ۵ و ۶). بر این اساس تفاوت‌های بیشتر از مقادیر LSD در بین ژنوتیپ‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده معنادار است.

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

جدول ۵. مقادیر وزن خشک کل بوته (تن در هکتار) و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

ژنوتیپ	YP	YS	TOL	MP	GMP	YI	YSI	STI	SSI	HARM
۱	۱۴/۱۳	۸/۰۶	۶/۱۱	۱۱/۱۲	۱۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۴۳	۱/۳۵	۱۰/۲۸
	(۱۹)	(۲۰)	(۱۵)	(۲۰)	(۲۰)	(۲۰)	(۱۸)	(۲۰)	(۱۸)	(۲۰)
۲	۱۷/۸۶	۱۲/۰۶	۵/۸۰	۱۴/۹۶	۱۴/۶۸	۱/۰۸	۰/۶۷	۰/۸۱	۱/۰۱	۱۴/۴۰
	(۴)	(۷)	(۱۳)	(۴)	(۴)	(۷)	(۱۳)	(۴)	(۱۳)	(۴)
۳	۱۴/۵۸	۱۱/۴۵	۳/۱۳	۱۳/۰۱	۱۲/۹۲	۱/۰۳	۰/۷۵	۰/۶۳	۰/۶۷	۱۲/۸۲
	(۱۵)	(۸)	(۳)	(۱۱)	(۱۱)	(۸)	(۳)	(۱۱)	(۲)	(۱۱)
۴	۱۶/۲۶	۱۱/۲۰	۵/۰۶	۱۳/۷۳	۱۳/۴۹	۱/۰۱	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۹۷	۱۳/۲۶
	(۹)	(۱۱)	(۱۱)	(۸)	(۸)	(۱۱)	(۱۰)	(۸)	(۱۰)	(۸)
۵	۱۸/۱۹	۱۲/۴۶	۵/۷۲	۱۵/۳۲	۱۵/۰۶	۱/۱۲	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۹۸	۱۴/۷۹
	(۳)	(۴)	(۱۲)	(۳)	(۲۰)	(۴)	(۱۱)	(۳)	(۱۱)	(۳)
۶	۱۴/۹۸	۹/۹۵	۴/۷۳	۱۲/۳۱	۱۲/۰۸	۰/۸۹	۰/۶۷	۰/۵۵	۱/۰۱	۱۱/۸۶
	(۱۴)	(۱۶)	(۸)	(۵)	(۱۸)	(۱۶)	(۱۲)	(۱۸)	(۱۲)	(۱۸)
۷	۱۳/۵۶	۱۲/۴۸	۱/۰۸	۱۳/۰۲	۱۳/۰۱	۱/۱۲	۰/۹۲	۰/۶۴	۰/۲۵	۱۳
	(۲۰)	(۳)	(۱)	(۱۸)	(۱۰)	(۳)	(۱)	(۱۰)	(۱)	(۹)
۸	۲۰/۲۶	۱۲/۷۱	۷/۵۵	۱۶/۴۹	۱۶/۰۵	۱/۱۴۸	۰/۶۲	۰/۹۷	۱/۱۶۸	۱۵/۶۲
	(۲)	(۲)	(۱۷)	(۷)	(۲)	(۲)	(۱۵)	(۲)	(۱۵)	(۲)
۹	۲۳/۲۳	۱۳/۱۱	۱۰/۱۱	۱۸/۱۷	۱۷/۴۵	۱/۱۸۴	۰/۵۶	۱/۱۵	۱/۳۶۶	۱۶/۷۶
	(۱)	(۱)	(۱۹)	(۱۵)	(۱)	(۱)	(۱۹)	(۱)	(۱۹)	(۱)
۱۰	۱۵/۶۶	۹/۵۷	۶/۰۸	۱۲/۶۲	۱۲/۲۵	۰/۸۶۵	۰/۶۱	۰/۵۶	۱/۲۱۹	۱۱/۸۸
	(۱۱)	(۱۸)	(۱۴)	(۱۶)	(۱۷)	(۱۸)	(۱۷)	(۱۷)	(۱۷)	(۱۷)
۱۱	۱۶/۴۳	۸/۵۱	۷/۹۱	۱۲/۴۷	۱۱/۸۳	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۵۲	۱/۵۱	۱۱/۲۱
	(۸)	(۱۹)	(۱۸)	(۱)	(۱۹)	(۱۹)	(۲۰)	(۱۹)	(۲۰)	(۱۹)
۱۲	۱۵/۷۱	۱۰/۸۷	۴/۸۴	۱۳/۲۹	۱۳/۰۷	۰/۹۸	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۹۶	۱۲/۸۵
	(۱۰)	(۱۳)	(۹)	(۳)	(۹)	(۱۳)	(۹)	(۹)	(۹)	(۱۰)
۱۳	۱۷/۳۲	۱۲/۲۱	۵/۰۱	۱۴/۷۲	۱۴/۵۱	۱/۱۰	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۹۱	۱۴/۲۹
	(۶)	(۶)	(۱۰)	(۲۰)	(۵)	(۶)	(۷)	(۵)	(۱۰)	(۵)
۱۴	۱۷/۵۵	۱۱/۴۳	۶/۱۱	۱۴/۴۹	۱۴/۱۶	۱/۰۳	۰/۶۵	۰/۷۵	۱/۰۹	۱۳/۸۴
	(۵)	(۹)	(۱۶)	(۱۴)	(۷)	(۹)	(۱۴)	(۷)	(۱۶)	(۷)
۱۵	۱۴/۴۱	۱۱/۳۳	۳/۰۸	۱۲/۸۷	۱۲/۷۸	۱/۰۲	۰/۷۸	۰/۶۱	۰/۶۷	۱۲/۶۹
	(۱۶)	(۱۰)	(۲)	(۱۷)	(۱۲)	(۱۰)	(۲)	(۱۲)	(۲)	(۱۲)
۱۶	۱۴/۷۳	۱۰/۳۸	۴/۳۵	۱۲/۵۵	۱۲/۳۶	۰/۹۳	۰/۷۰	۰/۵۷	۰/۹۲	۱۲/۱۸
	(۱۳)	(۱۵)	(۷)	(۹)	(۱۴)	(۱۵)	(۸)	(۱۴)	(۷)	(۱۵)
۱۷	۱۴/۲۵	۱۰/۹۳	۳/۳۱	۱۲/۵۹	۱۲/۴۸	۰/۹۸	۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۷۳	۱۲/۳۷
	(۱۷)	(۱۲)	(۴)	(۱۱)	(۱۳)	(۱۲)	(۴)	(۱۳)	(۴)	(۱۳)

زهرا سادات طاهری پورفرد و همکاران

ادامه جدول ۵. مقادیر وزن خشک کل بوته (تن در هکتار) و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

HARM	SSI	STI	YSI	YI	GMP	MP	TOL	YS	YP	ژنوتیپ
۱۴/۱۸	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۴	۱/۱۱	۱۴/۳۴	۱۴/۴۰	۴/۳۲	۱۲/۳۴	۱۶/۶۶	۱۸
(۶)	(۶)	(۶)	(۶)	(۵)	(۶)	(۱۰)	(۶)	(۵)	(۷)	
۱۲/۱۸	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۷۵	۰/۹۶	۱۲/۳۰	۱۲/۴۱	۳/۴۰	۱۰/۷۱	۱۴/۱۱	۱۹
(۱۴)	(۵)	(۱۶)	(۵)	(۱۴)	(۱۶)	(۸)	(۵)	(۱۴)	(۸)	
۱۱/۹۶	۱/۱۸	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۸۷	۱۲/۳۰	۱۲/۶۵	۵/۹۱	۹/۷۰	۱۵/۶۱	۲۰
(۱۶)	(۲۰)	(۱۵)	(۱۶)	(۱۷)	(۱۵)	(۲)	(۲۰)	(۱۷)	(۱۲)	

۲/۵۵ ۳/۴۰ LSD

مقادیر محاسبه‌شده شاخص‌ها در ستون مربوط ارائه شده و رتبه هر ژنوتیپ برای شاخص موردنظر در پرانتز درج شده است. میزان حداقل اختلاف معنادار (LSD) به منظور تعیین مقایسه میانگین عملکرد وزن کل ژنوتیپ‌ها در پایین جدول اعلام شده است.

جدول ۶. مقادیر عملکرد دانه (تن در هکتار) و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

HARM	SSI	STI	YSI	YI	GMP	MP	TOL	YS	YP	ژنوتیپ
(۲۰) ۳/۴۷	(۲۰) ۱/۳۱	۰/۴۳ (۲۰)	(۲۰) ۰/۵۶	(۲۰) ۰/۷۳	(۲۰) ۳/۶۱	۳/۷۶ (۲۰)	(۱۲) ۲/۰۸	(۲۰) ۲/۷۲	(۱۹) ۴/۸۰	۱
۴/۸۹	۰/۹۷	۰/۸۲	(۱۰) ۰/۶۸	۱/۱۱	۴/۹۸	۵/۰۷	(۱۱) ۱/۹۳	(۵) ۴/۱۰	(۴) ۶/۰۴	۲
(۴)	(۹)	(۵)		(۵)	(۴)	(۴)				
(۱۲) ۴/۳۵	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۷۸	۱/۰۵	(۱۰) ۴/۳۸	۴/۴۱	(۲) ۱/۰۴	(۷) ۳/۸۹	(۱۶) ۴/۹۳	۳
	(۲)	(۱۱)	(۲)	(۷)		(۱۰)				
(۱۱) ۴/۴۹	۰/۹۳	۰/۶۸	۰/۶۹	(۱۰) ۱/۰۳	۴/۵۶	۴/۶۴	(۸) ۱/۷۰	(۱۰) ۳/۷۹	(۹) ۵/۵۰	۴
	(۸)	(۸)	(۹)		(۷)	(۷)				
۴/۹۶	(۱۰) ۱/۰۱	۰/۸۵	۰/۶۶	۱/۱۲	۵/۰۷	۵/۱۷	(۱۴) ۲/۰۹	(۳) ۴/۱۳	(۳) ۶/۲۲	۵
(۳)		(۴)	(۱۱)	(۳)	(۳)	(۳)				
(۱۷) ۴/۱۶	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۷۰	(۱۳) ۰/۹۶	(۱۵) ۴/۲۲	۴/۲۸	(۵) ۱/۴۶	(۱۳) ۳/۵۵	(۱۳) ۵/۰۲	۶
	(۵)	(۱۵)	(۵) ۰			(۱۵)				
(۱۰) ۴/۳۱	۰/۳۳	۰/۶۱	۰/۸۸	۱/۱۰	(۱۳) ۴/۳۲	۴/۳۳	(۱) ۰/۵۱	(۶) ۴/۰۷	(۲۰) ۴/۵۹	۷
	(۱)	(۲)	(۱)	(۶)		(۱۳)				
۵/۳۳	(۱۲) ۱/۱۰	۰/۹۸	(۱۳) ۰/۶۳	۱/۱۸	۵/۴۷	۵/۶۱	(۱۹) ۲/۴۹	(۱) ۴/۳۶	(۲) ۶/۸۶	۸
(۲)		(۳)		(۱)	(۲)	(۲)				
۵/۳۶	(۱۵) ۱/۱۹	۱/۰۱	(۱۶) ۰/۶۰	۱/۱۶	۵/۵۳	۵/۷۰	(۲۰) ۲/۸۰	(۲) ۴/۳۱	(۱) ۷/۱۰	۹
(۱)		(۱)		(۲)	(۱)	(۱)				
(۱۵) ۴/۰۲	(۱۷) ۱/۱۹	۰/۵۷	(۱۸) ۰/۶۰	(۱۷) ۰/۸۷	(۱۸) ۴/۱۵	۴/۲۸	(۱۵) ۲/۱۱	(۱۷) ۳/۲۲	(۱۰) ۵/۳۴	۱۰
		(۱۸)				(۱۶)				

به‌نژادی گیاهان زراعی وبانگی

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

ادامه جدول ۶. مقادیر عملکرد دانه (تن در هکتار) و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

ژنوتیپ	YP	YS	TOL	MP	GMP	YI	YSI	STI	SSI	HARM
۱۱	(۸) ۵/۶۲	(۱۸) ۳/۲۰	(۱۸) ۲/۴۱	(۱۱) ۴/۲۴	(۱۸) ۰/۸۶	(۱۹) ۰/۵۷	(۱۳) ۰/۵۹	(۱۸) ۱/۳۰	(۱۶) ۴/۰۷	
۱۲	(۱۲) ۵/۳۱	(۱۲) ۳/۶۷	(۷) ۱/۶۳	(۹) ۴/۴۹	(۱۲) ۰/۹۹	(۸) ۰/۶۹	(۱۰) ۰/۶۴	(۱۹) ۱/۳۰	(۹) ۴/۳۴	
۱۳	(۶) ۵/۹۱	(۴) ۴/۱۱	(۹) ۱/۷۹	(۵) ۵/۰۱	(۵) ۴/۹۳	(۴) ۱/۱۱	(۶) ۰/۶۹	(۶) ۰/۹۱	(۵) ۴/۸۵	
۱۴	(۵) ۶/۰۰	(۸) ۳/۸۴	(۱۶) ۲/۱۵	(۶) ۴/۹۲	(۶) ۴/۸۰	(۸) ۱/۰۴	(۱۲) ۰/۶۴	(۱۱) ۱/۰۸	(۸) ۴/۶۹	
۱۵	(۱۵) ۴/۹۶	(۹) ۳/۸۰	(۳) ۱/۵۷	(۱۲) ۴/۳۴	(۹) ۱/۰۳	(۳) ۰/۷۶	(۱۲) ۰/۶۲	(۳) ۰/۷۰	(۶) ۴/۳۰	
۱۶	(۱۳) ۵/۰۳	(۱۴) ۳/۵۰	(۱۱) ۱/۵۳	(۱۸) ۴/۱۹	(۱۴) ۰/۹۵	(۷) ۰/۶۹	(۱۶) ۰/۵۸	(۷) ۰/۹۲	(۱۸) ۴/۱۳	
۱۷	(۱۷) ۴/۸۹	(۱۱) ۳/۶۷	(۴) ۱/۲۱	(۱۷) ۴/۰/۲۸	(۱۱) ۰/۹۹	(۴) ۰/۷۵	(۴) ۰/۷۵	(۴) ۰/۷۵	(۱۳) ۴/۱۹	
۱۸	(۷) ۵/۶۷	(۱۵) ۳/۴۳	(۱۷) ۲/۲۳	(۸) ۴/۵۵	(۸) ۴/۴۱	(۱۵) ۰/۹۳	(۱۷) ۰/۶۰	(۱۶) ۱/۱۹	(۷) ۴/۲۸	
۱۹	(۱۸) ۴/۸۲	(۱۹) ۲/۹۶	(۱۰) ۱/۸۵	(۱۹) ۳/۷۸	(۱۹) ۰/۸۰	(۱۴) ۰/۶۱	(۱۹) ۰/۴۷	(۱۳) ۱/۱۶	(۱۹) ۳/۶۷	
۲۰	(۱۱) ۵/۳۴	(۱۶) ۳/۲۵	(۱۳) ۲/۰۸	(۱۷) ۴/۱۷	(۱۶) ۰/۸۸	(۱۵) ۰/۶۱	(۱۷) ۰/۵۷	(۱۴) ۱/۱۸	(۱۴) ۴/۰۴	

۱/۷۶ ۱/۵۹ LSD

مقادیر محاسبه‌شده شاخص‌ها در ستون مربوط ارائه شده و رتبه هر ژنوتیپ برای شاخص موردنظر در پراکنش درج شده است. میزان حداقل اختلاف معنادار (LSD) به منظور تعیین مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در پایین جدول اعلام شده است.

YSI، کمترین حساسیت به خشکی را لاین‌های شماره ۷، ۱۵ و ۳ و بیشترین حساسیت به خشکی را لاین‌های ۹، ۱۱ و ۱ نشان دادند.

با توجه به این نتایج، شاخص‌های YSI، TOL و SSI را می‌توان از نظر تشخیص ارقام حساس و مقاوم به خشکی در یک گروه و شاخص‌های STI، HARM، YI، MP و GMP را در گروه دیگر قرار داد. به نظر می‌رسد،

براساس TOL و SSI (عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته) متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به ترتیب شماره‌های ۷، ۱۵ و ۳ و حساس‌ترین آن‌ها به خشکی شماره‌های ۹، ۱۱ و ۱ هستند، اما با توجه STI، HARM، YI، MP و GMP (عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته) ژنوتیپ‌های ۹، ۸، ۵ و ۲ متحمل‌ترین و لاین ۱ و ۱۱ حساس‌ترین لاین‌ها نسبت به خشکی تشخیص داده شدند. اولی براساس شاخص

به‌شادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

به ترتیب همبستگی منفی و معنادار با عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و غیرمعنادار با وزن خشک کل بوته دارند. بنابراین، با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنادار شاخص‌های STI، HARM، YI، MP و GMP با عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته می‌توان از آن‌ها به منزله شاخص‌های مناسب‌تر نسبت به YI، YSI و TOL استفاده کرد.

در مطالعه‌ای بر روی گلرنگ، معلوم شد که همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد غیرتنش و تنش با شاخص‌های STI، HARM، SSI، MP، GMP و TOL وجود دارد (۲۸). در این گزارش به دلیل همبستگی با YS، HARM، GMP و STI انتخاب براساس این شاخص‌ها می‌تواند سبب افزایش عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش شود. در مطالعه‌ای دیگر (۲۱) بر روی ژرم پلاسما ایرانی نخود گزارش شد، شاخص‌های HARM، MP، GMP و STI با عملکرد تحت شرایط تنش و غیرتنش همبستگی بالا و معنادار دارند. در ۳ مطالعه جداگانه (۱۷، ۱۸ و ۳۰) تعیین شد که بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی، آن‌هایی هستند که بتوانند همبستگی بالایی را با عملکرد در ۲ شرایط آبیاری کامل و تنش نشان دهند.

می‌توان گروه دوم را به عنوان شاخص‌های مناسب در تعیین لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی قرار داد. اما گروه اول را با توجه به کمی اختلاف عملکرد در تنش و عدم تنش، به عنوان شاخص‌هایی برای گزینش ارقامی که تنها تحمل بالایی در تنش خشکی از خود نشان می‌دهند، ولی عملکرد پایینی دارند، معرفی کرد. پژوهشگران با استفاده از چندین شاخص مختلف در شناسایی گندم‌های بومی نان اظهار کردند که تنها با اتکا به یک شاخص نمی‌توان ارقام مقاوم و حساس را شناسایی کرد، در نتیجه چندین شاخص را باید به کار برد (۱۹). در مطالعه‌ای دیگر، شناسایی ارقام متحمل در سورگوم منجر به انتخاب شاخص میانگین تولید (MP) به عنوان شاخص برتر شد (۳۴).

۳. تجزیه همبستگی

با توجه به ضرایب همبستگی عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته (جدول‌های ۷ و ۸) با شاخص‌های تحمل، همبستگی معنادار و مثبتی بین میانگین عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته (غیرتنش و تنش) با STI، HARM، YI، MP و GMP وجود دارد. که با نتایج حاصل بر روی گندم در جهت انتخاب ارقام متحمل به خشکی (۲۰) مطابقت دارد. در شرایط تنش شاخص‌های YSI، TOL و SSI

جدول ۷. ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی در عملکرد دانه

SSI	STI	YSI	YI	GMP	MP	TOL	YS	YP	؟؟؟؟
								۰/۶۴**	YS
							-۰/۰۹	۰/۷۰**	TOL
						۰/۴۸*	۰/۸۶**	۰/۹۳**	MP
					۰/۹۹**	۰/۳۳	۰/۹۰**	۰/۹۰**	GMP
				۰/۹۰**	۰/۸۶**	-۰/۰۹	۱/۰۰**	۰/۶۴**	YI
			۰/۴۶*	۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۸۹**	۰/۴۶*	-۰/۳۲	YSI
		۰/۰۷	۰/۸۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۳۷	۰/۸۹**	۰/۹۱**	STI
	-۰/۰۸	-۰/۹۴**	-۰/۴۹*	-۰/۱۱	-۰/۰۳	۰/۸۴**	-۰/۴۹*	۰/۲۹	SSI
-۰/۱۹	۰/۹۹**	۰/۱۹	۰/۹۳**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۲۵	۰/۹۳**	۰/۸۶**	HARM

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

جدول ۸. ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی در عملکرد وزن خشک کل بوته

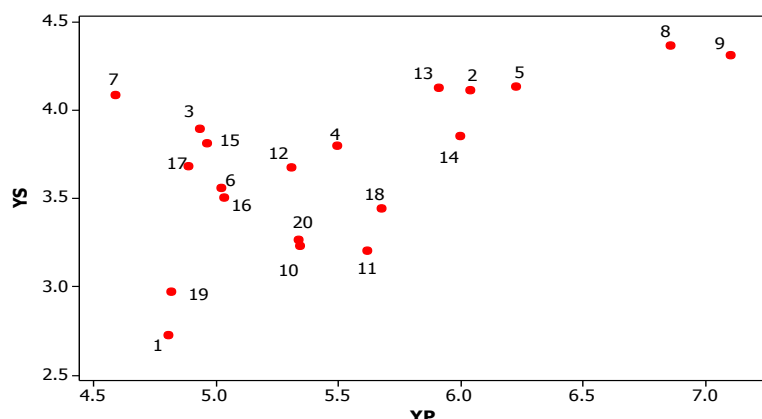
SSI	STI	YSI	YI	GMP	MP	TOL	YS	YP	
								۰/۵۴**	YS
							-۰/۰۵	۰/۸۰**	TOL
						۰/۵۸**	۰/۸۰**	۰/۹۳**	MP
					۰/۹۹**	۰/۴۶*	۰/۸۵**	۰/۸۹**	GMP
				۰/۸۵**	۰/۸۰**	-۰/۰۵	۱/۰۰**	۰/۵۴*	YI
			۰/۴۱۱	-۰/۰۸	-۰/۱۸	-۰/۹۱**	۰/۴۱	-۰/۵۱*	YSI
		-۰/۱۲۸	۰/۸۳**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۵۰	۰/۸۲**	۰/۹۱**	STI
	۰/۱۲	-۱/۰۰**	-۰/۴۵*	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۹۱**	-۰/۳۸	۰/۲۴	SSI
-۰/۰۱	۰/۹۸**	۰/۰۱	۰/۹۰**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۴۷*	۰/۹۰**	۰/۸۴**	HARM

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

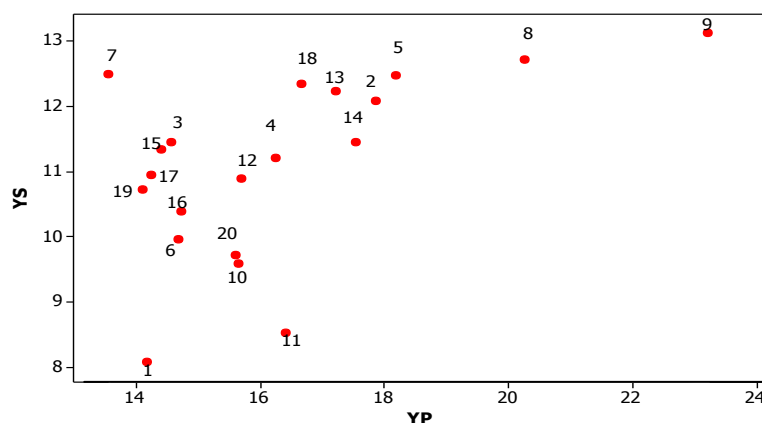
۴. شناسایی لاین‌های برتر

شدند (۳۵). همچنین لاین‌های برتر گندم زراعی با توجه به میزان عملکرد و رتبه‌بندی شاخص‌ها و عملکرد ارقام در شرایط آبیاری کامل و تنش معرفی شد (۱۷ و ۱۸). در این مطالعه با توجه به میانگین رتبه‌بندی شاخص‌ها و انحراف معیار عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های ۲، ۵ و ۱۳ در وزن خشک کل بوته ژنوتیپ‌های ۲، ۵ و ۱۸ بیشترین تحمل به خشکی نشان دادند. حساس‌ترین لاین‌ها برای عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱، ۱۹ و ۱۱ هستند. ژنوتیپ ۷ کمترین کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته را در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش بروز داد. بنابراین، ممکن است این ژنوتیپ حاوی ژن‌های مقاوم یا تحمل فیزیولوژیک بالاتر به خشکی باشد. این گونه لاین‌های متحمل می‌توانند برای انجام تلاقی و حصول نتایج مقاوم، تجزیه ژنتیکی تحمل به خشکی با استفاده تجزیه دای‌آل و همچنین برای نقشه‌یابی مکان‌های ژنی کمی و انتخاب براساس نشانگرهای مولکولی DNA قابل توصیه باشند (۱۷).

به منظور بررسی دقیق‌تر روابط بین عملکرد ژنوتیپ‌ها (دانه و وزن خشک کل بوته) در شرایط تنش و غیرتنش خشکی، نمودار بای‌پلات عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش خشکی به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. عملکرد ژنوتیپ‌ها در این نمودارها بیانگر این مطلب است که لاین‌های ۹، ۸، ۵ و ۲ به عنوان برترین لاین‌ها (عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته) هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش هستند. به عکس، لاین شماره ۷ عملکرد بالایی در شرایط تنش خشکی ولی عملکرد پایینی در شرایط بدون تنش دارد. ژنوتیپ شماره ۱ که در هر دو محیط عملکرد پایینی را از خود نشان می‌دهد، فاقد پتانسیل عملکرد قابل قبول، در هر دو شرایط آزمایش است. با مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های گندم نان با توجه به میزان عملکرد تنش، بدون تنش و مقادیر شاخص‌ها، تعدادی از ارقام گندم به منزله ژنوتیپ‌های برتر معرفی



شکل ۱. رابطه بین عملکرد دانه (تن در هکتار) ژنوتیپ‌ها با شماره‌های ۱ تا ۲۰ در شرایط تنش و بدون تنش خشکی



شکل ۲. رابطه بین عملکرد وزن خشک کل بوته (تن در هکتار) ژنوتیپ‌ها با شماره‌های ۱ تا ۲۰ در شرایط تنش و بدون تنش خشکی

۵. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌ها براساس شاخص‌های ثبت‌شده نشان داد که ۹۹/۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها توسط دو مؤلفه اصلی قابل توجیه است (جدول‌های ۹ و ۱۰). بیش از نصف تغییرات مورد نظر بین داده‌ها، به ترتیب در عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته (۶۸/۱ درصد) و (۶۸/۴ درصد) توسط مؤلفه اول قابل توجیه است. همبستگی مثبت و بالای عملکرد بدون تنش و تنش و شاخص‌های STI, HARM, YI, MP و GMP مشاهده می‌شود و به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به

خشکی می‌تواند ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به خشکی را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا کند. مؤلفه دوم با بیان ۳۱/۸ درصد و ۳۰/۷ درصد به ترتیب در عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته از تغییرات کل داده‌ها، همبستگی مثبت بالا با عملکرد تنش و شاخص‌های SSI, TOL و YSI دارد و مؤلفه حساسیت به تنش است. این مؤلفه قادر است ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط خشکی و عملکرد بالا در شرایط بدون تنش را جدا کند. نتایج فوق با مطالعات انجام‌شده بر روی گندم هماهنگی دارد (۲۹، ۲۶، ۴ و ۳۶).

به‌نژادی گیاهان زراعی وبانگی

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

می‌دهد. بر این اساس در نمودار عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های ۲، ۱۳ و ۴ دارای پتانسیل تولید بالا و حساسیت کمتری به خشکی اما ژنوتیپ‌های ۹، ۸، ۵ و ۱۴ دارای پتانسیل تولید بالا و حساسیت بیشتری به خشکی شناخته شدند.

در عملکرد وزن خشک کل بوته ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۱۳، ۱۸ و ۴ دارای پتانسیل تولید بالا و حساسیت کمتر به تنش اما لاین‌های ۹، ۸ و ۱۴ دارای پتانسیل تولید و حساسیت به تنش بالا معرفی می‌شوند. نتایج حاصل از شکل‌های ۳ و ۴ مؤید این نکته است که لاین‌های ۹، ۸، ۵ و ۲ برترین لاین‌های این آزمایش محسوب می‌شوند و لاین‌های ۹ و ۸ در شرایط بدون تنش و لاین‌های ۲ و ۵ در شرایط تنش خشکی عملکرد بهتری دارند و به ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در مناطق فاقد تنش و در مناطق کم‌آب قابل توصیه‌اند.

نمودار بای‌پلات این امکان را می‌دهد که براساس زاویه بین شاخص‌ها بتوان به همبستگی نسبی بین داده‌ها پی برد. کسینوس زاویه دقیقاً به مفهوم ضریب همبستگی نیست و بای‌پلات نیز به‌طور کامل نمی‌تواند تنوع بین داده‌ها را بیان کند (۱۸). زوایای بین شاخص‌ها در نمودار می‌توانند اطلاعات کافی را ارائه دهند به‌طوری‌که بتوان یک تصویر کلی از ارتباط و همبستگی شاخص‌ها پیدا کرد (۳۶). به‌نظر می‌رسد در شکل‌های ۳ و ۴ کلیه شاخص‌هایی که بین عملکرد پتانسیل و تنش قرار گرفته‌اند همبستگی بالایی دارند که این دریافت با نتایج حاصل از جدول‌های ۸ و ۹ مطابق است.

شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که قسمت پایین و سمت راست بای‌پلات مربوط به ناحیه تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی اما قسمت بالا و سمت چپ، عملکرد پایین و حساسیت به تنش خشکی را نشان

جدول ۹. مقادیر مربوط به بردارهای ویژه، درصد مقادیر ویژه، بین هر یک از مؤلفه‌ها و ۸ شاخص حساسیت به خشکی و عملکرد

دانه ۲۰ ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تحت تنش خشکی

مؤلفه	درصد مقادیر ویژه	Yp	Ys	MP	GMP	YI	YSI	STI	TOL	SSI	YI
۱	۶۸/۱	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۰	-۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۱۸۰	-۰/۰۵	۰/۳۰۰
۲	۳۱/۸	۰/۲۰	-۰/۳۰	۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۵۲	-۰/۰۰۸	۰/۴۵	۰/۵۲	-۰/۰۳

جدول ۱۰. مقادیر مربوط به بردارهای ویژه، درصد مقادیر ویژه، بین هر یک از مؤلفه‌ها و ۸ شاخص حساسیت به خشکی و وزن

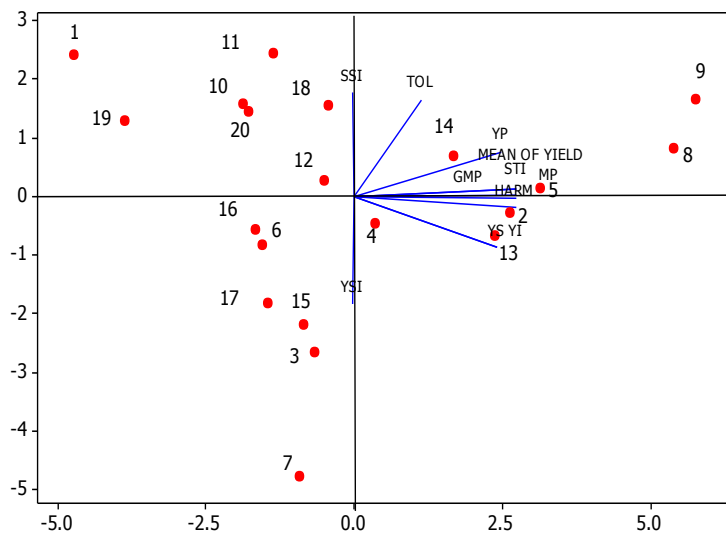
خشک کل بوته ۲۰ ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تحت تنش خشکی

مؤلفه	درصد مقادیر ویژه	Yp	Ys	MP	GMP	YI	YSI	STI	TOL	SSI	YI
۱	۶۸/۴	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۲	-۰/۰۰۲	۰/۳۶	۰/۱۵	-۰/۰۰۳	۰/۳۲
۲	۳۰/۷	۰/۲۳	-۰/۲۵	۰/۴۲	-۰/۰۰۲	-۰/۲۵	-۰/۰۵۴	۰/۰۱	۰/۴۹	۰/۵۲	-۰/۲۵

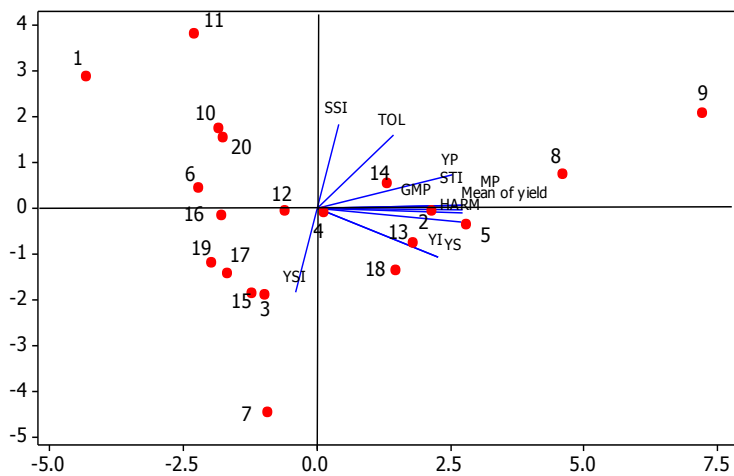
نتیجه گیری

داد که عامل اصلی در انتخاب این ژنوتیپها محسوب می شود. همچنین رتبه بندی کلیه شاخص ها نشان داد ژنوتیپ های ۲ و ۵، به خوبی خشکی آخر فصل را تحمل می کنند و قابل توصیه در برنامه های اصلاحی و مدیریت شرایط کم آبی هستند. در کل ژنوتیپ های ۸ و ۹ به دلیل داشتن بالاترین عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته و کسب عملکرد اقتصادی بیشتر در هر دو شرایط آزمایشی قابل توصیه برای کشت در دشت ورامین هستند.

بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی شاخص های مطالعه شده و بای پلات آن ها، شاخص های STI، HARM، MP، YI و GMP قادر به جداسازی ژنوتیپ های با عملکرد مناسب در شرایط تنش و بدون تنش هستند. در بین ۲۰ ژنوتیپ، لاین های شماره ۹ و ۸ بهترین آن ها از نظر عملکرد و وزن خشک کل بوته هستند. برتری این ژنوتیپ ها را می توان به پتانسیل عملکرد بالاتر آن ها نسبت



شکل ۳. نمایش بای پلات ۲۰ لاین جو در ۹ شاخص تحمل به خشکی و عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی



شکل ۴. نمایش بای پلات ۲۰ لاین جو در ۹ شاخص تحمل به خشکی و وزن خشک کل بوته تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

in exotic wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany. 43(3): 1527-1530.

9. Blum A (2011) Drought resistance – is it really a complex trait. Functional Plant Biology. 38: 753-757.
10. Bouslama M and Schapaugh WT (1984) Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24: 933-937.
11. Breese ED (1996) The measurement and significant of genotype- environment interaction in grasses. Heredity. 21: 27-47.
12. Ceccarelli S, Grando S and Van Leur JAG (1987) Genetic diversity in barley landraces from Syria and Jordan. Euphytica. 36(2): 389-405.
13. Ceccarelli S, Grando S and Hamblin J (1992) Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. Euphytica. 64(1-2): 49-58.
14. Charmantier A and Garant D (2005) Environmental quality and evolutionary potential: Lessons from wild populations. Proceedings of the Royal Society. Biological Science. 727: 1415-1425.
15. Clark JM, DePauw RM and Townley-Smith TF (1992) Evaluation of methods for qualification of drought tolerance in wheat. Crop Science. 32: 423-428.
16. Dagnelie P (1975) Théorie et méthodes statistiques, applications agronomiques. Vol. 2, Les méthodes de l'inférence statistique. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Gembloux. 463 p.
17. Farshadfar E, Jamshidi B and Aghaee M (2012) Biplot analysis of drought tolerance indicators inbred wheat landraces of Iran. Crop Science. 4(5): 226-233.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از پردیس ابوریحان و بخش غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر قدردانی می‌شود.

منابع

۱. بی‌نام (۱۳۹۱) آمارنامه کشاورزی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
۲. تجلی ح، موسوی س غ و آرزمجو ا (۱۳۹۱) «بررسی عملکرد و شاخص‌های ارزیابی تنش در ژنوتیپ‌های پیشرفته جو تحت تنش خشکی انتهای فصل». اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۲): ۱۷۱-۱۸۴.
۳. صفری س، دهقانی ح و چوگان ر (۱۳۸۸) «مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های اینبرد ذرت در شرایط آبیاری محدود و کامل». حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۲): ۲۰-۲۵.
4. Abdolshahi R, Omidi M, Talei AR and Yazdi Samadi B (2010) Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance. International Journal of Clinical Practice. 3: 159-171.
5. Akar T, Avci M and Dusunceli F (2007) Barley: Post-harvest operations. FAO Annual Reports.
6. Aliakbari M, Moucheshi A, Hasheminasab H, Piraste AH, Taghi M and Emam Y (2013) Suitable stress indices for screening resistant wheat genotypes under water deficit conditions. Agronomy and Plant Production. 4(10): 2665-2672.
7. Amini R (2013) Drought stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by priming with PEG. IJFAS. 2(2): 803-808.
8. Anwar J, Subhani G, Hussain M, Ahmad J, Hussain M and Munir M (2011) Drought tolerance indices and their correlation with yield

18. Farshadfar E and Elyasi P (2012) Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. European Journal of Experiment Biology. 2(3): 577-584.
19. Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress.
20. Fischer RA and Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars Part 1: Grain yield response. Aust. J. Agric. res. 29: 897-912.
21. Gan L, Wu X and Zhong Y (2015) Exogenously Applied Nitric Oxide Enhances the Drought Tolerance in Hulless Barley. Plant Prod Science. 18(1): 52-56.
22. Ganjeali A, Porsa H and Bagheri A (2011) Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought tolerance. Agricultural water management. 98: 147-1484.
23. Golaabadi M, Arzani A and Mirmohammadi Maibody SAM (2006) Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Afr. Agric. J. Res. 1: 162-171.
24. Hall AE (1993) Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? In: Close TJ and Bray EA (eds) Plant Responses to cellular dehydration during environmental stress. pp. 1-10.
25. Kaya Y, Plta C and Taner S (2002) Additive main effects and multiplicative interaction analysis of yield performance in bread wheat genotypes across environments. Turkish Journal of Agriculture. 26: 257-259.
26. Lin CS, Binns M R and Lefkovich L P (1986) Stability analysis: where do we stand?. Crop Science. 26: 894-900.
27. Majidi M, Tavakoli V, Mirlohi A and Sabzalian MR (2011) wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for acid environments. Aust. J. Crop Science. 5(8): 1055-1063.
28. Mohammadi M, Karimizadeh R, and Abdipour M (2011) Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dry land and supplemental irrigation conditions. AJCS. 5(4): 487-493.
29. Mollasadeghi V, Valizadeh M, Shahryari R and Imani A (2011) Evaluation of End Drought Tolerance of 12 Wheat Genotypes by Stress Indices. Middle-East Journal of Scientific Research. 7(2): 241-247.
30. Nazari L and Pakniyat H (2010) Assessment of Drought Tolerance in Barley Genotypes. Journal of Applied Science. 10(2): 151-156.
31. Ramirez P and Kelly JD (1998) Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica. 99: 127-136.
32. Rosielle AA and Hamblin J (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21: 943-946.
33. Shirazi Kharazi MA and Nourirad MR (2011) Evaluation of sorghum genotypes under drought stress conditions using some stress tolerance indices. African journal of biotechnology. 10(61): 13086-13089.
34. Sing B D (2000) Plant breeding principles and methods. Kalyani publisher. 866 p
35. Tabatabaei SA (2013) Study relationship of drought tolerance indices in wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. International Journal of Biosciences. 3(7): 15-22.
36. Yarnia M, Arabifard N, Rahimzadeh Khoei F and Zandi P (2011) Evaluation of drought tolerance indices among some winter rapeseed

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش جو با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

- cultivars. African Journal of Biotechnology 10(53): 10914-10922.
37. Yan W and Kang MS (2003) Biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomist, CRC press, Boca Raton. FL. 313 p.
38. Zareii DF, Roozbahani A and Hosnamidi A (2014) Evaluation the effect of water stress and foliar application of nanoparticles on yield. Components and oil Percentage of Safflower (*Carthamus Tinctorious L.*). IJABBR Article. 4(2): 11-20.