Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (121-136)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.224744.654246

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پائیز۱۳۹۷ (ص۱۳۶-۱۲۱)

بررسی رابطه‌های متقابل میان صفات در نژادگان‌های گندم با استفاده از روش نمودار دووجهی

امیر قلی‌زاده[۱]، حمید دهقانی[۲*]، اشکبوس امینی[۳] و امید علی اکبرپور[۴]

۱ و ۲.دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استاد گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر، سازمان تحقیقات ، اموزش و ترویج کشاورزی ، کرج، ایران

۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۲)

چکیده

تنش شوری یکی از تنش‌های غیرزندهٔ مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جمله ایران است. در این تحقیق برای بررسی رابطه‌های متقابل میان صفات مختلف و همچنین ارزیابی عملکرد نژادگان (ژنوتیپ)های گندم از روش نمودار دووجهی (بای‌پلات) استفاده شد. در این بررسی ۱۱۰ نژادگان گندم نان در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری، در دو شرایط عادی و تنش شوری ارزیابی شدند. شوری آب آبیاری در شرایط عادی و تنش شوری به ترتیب ۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین میانگین میزان شوری خاک در شرایط عادی و شور به ترتیب ۹/۵ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد، که عملکرد زیست‌توده (بیوماس) و شاخص برداشت همبستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط عادی و تنش شوری داشتند. بنابراین به نظر می‌رسد که عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب برای انتخاب نژادگان‌های با عملکرد بالا در شرایط عادی و تنش شوری استفاده شوند. در این تحقیق در بین ۱۱۰ نژادگان گندم نان مورد بررسی، رگه (لاین)های امیدبخش پیشرفته Salt22، Salt29 و Salt30 به‌عنوان متحمل‌ترین نژادگان‌ها به تنش شوری شناسایی شدند که می‌توان در مناطق شور و به‌عنوان والدین برای بهبود ذخایر توارثی (ژرم‌پلاسم) گندم برای تحمل به شوری در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، عملکرد، گندم، نمودار دووجهی، همبستگی.

Study on trait relations of wheat genotypes using the Biplot method

Amir Gholizadeh[1], Hamid Dehghani[2*], Ashkebus Amini [3] and Omid A. Akbarpour[4]

1 and 2. Former M. Sc. Student and Professor in Plant Genetics and Breeding Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4. Assistant Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, University of Lorestan

(Received: January 9, 2017 - Accepted: October 4, 2017)

ABSTRACT

Salinity stress is one of the major abiotic stresses in arid and semi-arid regions of the world, such as Iran. In this research to finding interrelationships between different traits and performance; some wheat genotypes were evaluated by using biplot method. In this study, 110 bread wheat genotypes were evaluated in two conditions (normal and saline stress) at the research field of the National Salinity Research Center (NSRC). The salinity of water used in irrigation in saline and normal conditions was 10 and 2 $dS.m^{-1}$ respectively. Also the average of soil salinity rate in saline and normal condition was 9.5 and 2.7 $dS.m^{-1}$ respectively.The results revealed that there was a strong positive association between biological yield and harvest index with seed yield in both normal and saline conditions. Therefore, it seems that biological yield and harvest index could be used as a suitable criterion in selecting for increased seed yield in wheat. In this research among 110 studied bread wheat genotypes, promising advanced lines Salt22, Salt29 and Salt30 were identified as the most salinity-tolerant genotypes that these lines can be utilized for salt-affected areas and as donor parents in wheat breeding programs for further improvement of germplasm for salinity tolerance.

Keywords: Biplot, Correlation, Salinity, Wheat, Yield.

* Corresponding author E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

یکی از تنش‌های غیرزندهٔ مهم در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران، شوری خاک و آب است که باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود (Ravari *et al*., 2016). کشور ایران نیز با اقلیم گرم و خشک از پدیدهٔ شوری در امان نیست. به‌گونه‌ای که بیش از نیمی از زمین‌های قابل‌کشت آن از خاک‌های شور و سدیمی تشکیل شده است (Akbarpour *et al*., 2015a). بر پایهٔ گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو)[1] کشورهای ایران و عراق در حال از دست دادن حدود ۶۸ درصد از زمین‌های تحت آبیاری خود در نتیجهٔ شور شدن خاک‌اند FAO, (2005). مدیریت اراضی شور از طریق زهکشی و با استفاده از آبیاری پیشرفته با توجه به هزینهٔ زیاد با ماندگاری کم روبه‌رو است. به‌طورکلی اصلاح‌نباتات راه‌حل مناسبی برای کاهش تأثیر تنش شوری روی عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی است، زیرا از طریق اصلاح و معرفی رقم‌هایی که قادر به رشد و تولید اقتصادی در شرایط شوری هستند می‌توان بر تأثیر سوء تنش شوری چیره شد (Houshmand *et al*., 2005). هدف اصلی در انتخاب گیاهان متحمل به تنش‌های شوری و خشکی و رمز موفقیت در بررسی تنوع ژنتیکی، انتخاب والدین مناسب برای برنامه‌های اصلاحی است و استفادهٔ مستقیم آن‌ها در اراضی در شرایط تنش، هدف مهم دیگری است.

ثابت شده است، تنوع بالایی میان رقم‌ها و رگه (لاین)های گندم نان از نظر تحمل به شوری گزارش شده است (Martin *et al*., 1994) که بر وجود فرصت‌های زیادی در جهت افزایش تحمل به شوری در گندم نان از طریق اصلاح و انتخاب دلالت دارد. میزان تولید گندم نان با گسترش نژادگان (ژنوتیپ)های گندم اصلاح‌شده‌ای که قادر به تولید عملکرد بیشتر در شرایط گوناگون زراعی و انواع تنش‌های محیطی از جمله شوری باشند، افزایش می‌یابد (Hassan & Gul, 2006)، اما تحمل به شوری یک صفت کمی و متأثر از سازوکارهایی است که شناسایی نژادگان‌های متحمل به شوری گندم نان را بسیار دشوار کرده و محدودیت‌هایی نیز در این زمینه وجود دارد (Ashraf & Harris, 2004). بدیهی است، تنش از طریق تأثیر بر فیزیولوژی گیاه و اجزاء مختلف عملکرد، درنهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. بنابراین عملکرد دانه به‌عنوان معیار انتخاب نهایی برای تحمل به تنش است. از سوی دیگر عملکرد جزء صفاتی است که در بیشتر گیاهان توارث کمی دارد و به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (Duhoon *et al*., 1982; Brandle & McVetty, 1989). از این‌رو متخصصان اصلاح نباتات به‌طورمعمول انتخاب به‌طور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (Falconer *et al*., 1996; Kearsey & Pooni, 1996). بررسی رابطه‌ها بین عملکرد و اجزای آن کارایی برنامه‌های اصلاحی را از طریق انتخاب شاخص‌های مناسب افزایش می‌دهد. هرچند روش‌های مختلفی برای بررسی رابطه‌های بین صفات مختلف وجود دارد، ولی Yan *et al*. (2000)، روش GGEbiplot را ارائه کرده‌اند که با استفاده از روش رگرسیون مکانی (SREG)، بررسی بهتری از وضعیت نژادگان‌ها و صفات ارائه می‌کند. در تجزیهٔ نمودار دووجهی (بای‌پلات) بر پایهٔ چند صفت که به‌اصطلاح جی‌تی‌بای‌پلات[2] نامیده می‌شود، نژادگان‌ها به‌عنوان رگه (لاین) و صفات به‌عنوان محک‌زن (تستر) برای تجزیه‌وتحلیل استفاده می‌شوند (Yan & Kang, 2002).

روش جی‌تی‌بای‌پلات ابزاری توانمند برای ارزیابی و شناسایی نژادگان‌های مطلوب از لحاظ چند صفت است. بنابراین از نژادگان‌های شناسایی‌شده می‌توان به‌عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی و یا به‌طور مستقیم برای تولید رقم‌های تجاری استفاده کرد. همچنین تجزیهٔ GT، همبستگی بین صفات را به‌صورت تصویری نمایش می‌دهد و ارزیابی نژادگان‌ها بر پایهٔ چندین صفت را میسر می‌سازد. این روش همچنین اطلاعاتی ارائه می‌دهد که با آن می‌توان انتخاب غیرمستقیم برای صفت وابسته انجام داد. در بسیاری از پژوهش‌ها روی

1. Food & Agriculture Organization (F.A.O)

1. Genotype by trait biplot (GT biplot)

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان دیگر از روش یادشده استفاده شده است که به شماری از آن‌ها اشاره می‌شود.

Yan & Kang (2002) برای ارزیابی رابطه‌های متقابل میان صفات در گیاه سویا با به‌کارگیری روش نمودار دووجهی نژادگان × صفت در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، این روش ابزار بسیار قوی برای کاوش در داده‌های چندمتغیره و نمایش نگاره‌ای (گرافیکی) داده‌های نژادگان × صفت است. در پژوهش دیگری Yan & Frégeau-Reid (2008) برای انتخاب رگه‌های اصلاحی از لحاظ چند صفت در یولاف از جی‌تیبای‌پلات استفاده کردند و رویکرد یادشده را به‌عنوان روشی که جنبه‌های مختلف را برای گزینش رگه‌ها در نظر می‌گیرد، معرفی کردند. *et al.* Okoye (2007) از این روش برای بررسی رابطه‌های متقابل میان صفات و همچنین ارزیابی، مقایسه و انتخاب رقم‌های مختلف کلزا از لحاظ چند صفت از روش یادشده استفاده کردند. در گزارش دیگری رابطه‌های متقابل بین صفات در باقلای مصری (*Lupinus albus* L.) با استفاده از تجزیهٔ ضریب‌های مسیر و جی‌تی‌بای‌پلات بررسی شده است (Rubio *et al.*, 2004). در پژوهش‌های دیگری برای بررسی رابطه‌های بین صفات و همچنین ارزیابی و انتخاب رقم‌های مختلف گندم از لحاظ چند صفت در شرایط بدون تنش و تنش شوری از روش جی‌تی‌بای‌پلات استفاده کردند (Dehghani *et al.*, 2012a; Dehghani *et al.*, 2012b; Akbarpour *et al.*, 2015b; Gholizadeh & Dehghani, 2016). هدف از این بررسی مقایسهٔ نژادگان‌های ذخایر توارثی (ژرم‌پلاسم) گندم نان ایران از لحاظ چندین صفت و تحلیل همبستگی بین صفات مختلف آن‌ها در شرایط بدون تنش و تنش شوری با استفاده از روش جی‌تی‌بای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۱۱۰ نژادگان گندم نان شامل: ۱۳ رگهٔ پیشرفتهٔ غربال‌شده در شرایط تنش شوری که در مرحله‌های پایانی اصلاحی و ارزیابی بودند (نژادگان‌های ۱ تا ۱۳ در جدول ۱)، ۱۶ تودهٔ خالص بومی گردآوری‌شده از مناطق گرم و خشک کویر (نژادگان‌های ۱۴ تا ۲۹ در جدول ۱)؛ رقم‌های شاهد شامل کراچیا به‌عنوان یک رقم بین‌المللی شناخته‌شده برای تحمل به تنش شوری، رقم‌های روشن، ارگ، بم و سرخ‌تخم به‌عنوان رقم‌های شناخته‌شدهٔ متحمل در ایران، شاه‌پسند و فلات به‌عنوان رقم‌های حساس به تنش شوری (Saboora *et al.*, 2006; Gholizadeh *et al.*, 2014)، یک رقم محلی (بومی یزد) و ۷۳ نژادگان گندم تجاری که در نقاط مختلف کشور کشت می‌شوند (نژادگان‌های ۳۸ تا ۱۱۰ در جدول ۱) استفاده شدند. بذرهای نژادگان‌ها از مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج تهیه و در قالب طرح بلوک‌های ناقص با سه تکرار در دو شرایط (بدون تنش و تنش شوری)، ارزیابی شدند. این بررسی در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز ملی شوری، وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام گرفت. نژادگان‌های مورد بررسی به‌صورت کرتی روی خطوط، کشت و ارزیابی شدند. آبیاری در شرایط شور با آب ۱۰ دسی زیمنس بر متر و در شرایط بدون تنش با آب ۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. نمونه‌برداری از خاک محل انجام آزمایش در دو مرحله انجام شد. مرحلهٔ اول پیش از آغاز آزمایش بود، بدین‌صورت که در یک خاک لوم شنی نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک محل کاشت تعیین شدند (جدول ۲). مرحلهٔ دوم در طول فصل رشد بود که در هر دو شرایط برای تعیین شوری خاک در منطقهٔ توسعهٔ ریشه از خاک و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک انجام گرفت. میانگین میزان شوری عصارهٔ اشباع خاک در طول فصل رشد در شرایط تنش شوری و بدون تنش به ترتیب ۹/۵ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاشت بذرها در کرت‌های آزمایشی با دست و با توجه به قوهٔ نامیه و وزن هزاردانه بر پایهٔ تراکم ۵۰۰ دانه در مترمربع در آذرماه انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل دو خط کاشت به طول ۱ متر و عرض ۲۰ سانتیمتر بود. همچنین در طول فصل رشد کوددهی با توجه به نیاز گیاه و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. نام و شجرهٔ نژادگان‌های گندم

Table 1. The name and pedigree of wheat genotypes

No	Genotype name	Pedigree/Collecting area	No	Genotype name	Pedigree/Collecting area	No	Genotype name	Pedigree/Collecting area
1	Salt18	Nad/Ww//Lee/Fn.../3/Attila-50Y	38	Adl	Fr × 3/MM/Mt-Y50	75	Krasshah	Shahi/Kvz/Shahi/4/Kal/Bb/Cj"s"/Hork"s"
2	Salt19	1-66-22//Bow"s"/Crow"s"/3/Kavir	39	Aflak	HD1160/5/Tob/ Cno / 23854 /3/ Nai60//Ti	76	Lain_A	-
3	Salt20	Daibra/Marn	40	Akbari	1-63-31/3/12300 /Tob/Cno/Sx/	77	Mahdavi	Ti/Pch/5/ mt 48/3/ wt*// Nar59/ Tota63/4/Mus
4	Salt21	Emu"s"/Tj84-1543//1-27-7876/Cndr/3/1-66-22	41	Alamut	Kvz/Ti71/3/Maya "s"//Bb/Inia/4/Karaj	78	Marun	Avd × Pehu ((28 mt 54 A × N10-Brv 21-1C/Ki 54B)
5	Salt22	Gf-gy54/Attila (Ofough)	42	Alborz	CM2182FRONTANA/MIDA//KENYA	79	Marvdasht	HD2172/Bloudan//Azadi
6	Salt23	Gk zombor/Zrn	43	Alvand	1-27-6275/CF1770	80	Mihan	Bkt/90-Zhong 87
7	Salt24	Ombu/Alamo//Alvd/3/Kauz/Stm	44	Arta	Seri 82 derivative	81	Moghan1	(LR-N10B) × An3E
8	Salt25	Ombu/Alamo//Mahooti/3/1-66-22	45	Arum	Alvand//NS732/Her	82	Moghan2	Choti Lerma, landrace from India
9	Salt26	Sakha 8/Darab#2//1-66-22	46	Arvand	Rsh/Mt-Ky/My48	83	Moghan3	Laun/3/V763.23/V 879.C8//Pvn/4/picus/5/Opata
10	Salt27	Hmd//1-66-22//Inia	47	Atrak	Kauz"s"	84	Morvarid	Milan/Sha7
11	Salt28	Hmd//1-66-22//Inia	48	Azadi	(4820 × 1-32-15409) × mexP	85	MV17	Introduction Cultivar, Hungarian
12	Salt29	1-66-22/3/Alvd//Aldan/Las	49	Azar2	kvz/Ym71/3/Maya s //Bb/Inia	86	Navid	Kirkpinar 79 (63-112/66-2 × &C)
13	Salt30	Desprez80/Rsh//1-66-22/Inia	50	Bahar	Bloudan/3/BB/VC × 2//y50e/3 × kal 1CW8	87	Niknejad	F13471/ Crow"s"
14	Bumi1	Yazd (2766)*	51	Bayat	(C 271 × Wte-Son 64) ×CIR	88	Omid	Landrace from Saveh, Iran
15	Bumi2	Shiraz (2594)*	52	Baz	-	89	Parsi	Dov "s"/Buc "s"//Darab
16	Bumi3	Iran (2933)*	53	BC_Rushs	10120/Rsh2	90	Pishgam	Barakat/90 Zhong 87
17	Bumi4	Shiraz (2591)*	54	BC_Rushw	(Rsh2-10120)	91	Pishtaz	Alvand//Aldan/las 58
18	Bumi5	Iran (2970)*	55	Bezostaya	Introduction Cultivar, Russia	92	Rasul	Veery"s"=Kvz/Buho"s"//Kal/Bb
19	Bumi6	Iran (3565)*	56	Chamran	Attila, (CM85836-50y-Om-Oy-3M-Oy)	93	Sabalan	908/FrnA12/1-32-4382
20	Bumi7	Iran (3567)*	57	Chenab	C 271// WILLET ENANO/SN 64	94	Sardari	Landrace from Kurdistan, Iran
21	Bumi8	Iran (3593)*	58	Darab2	Maya "s"/Nac	95	Sayson	Introduction Cultivar, France
22	Bumi9	Bushehr (3609)*	59	Darya	SHA4/CHILCM91099-25Y-OM-3N	96	Sepahan	Azd/5/L2453/1347/4/Kal//Bb/Kal/3/Au//Y50E/Kal × 3
23	Bumi10	Iran (3667)*	60	Dez	Kauz × 2/Opata//Kauz	97	Sharyar	Kvz/Ti 71/3/Maya"s"//Bb/Inia/4/ karaj 2/5/ Anza/3/ Pi
24	Bumi12	Mashhad (4203)*	61	DN11	Attila × 2/PBW65	98	Shiraz	Gv/D630//Ald "s"/3/ Azd
25	Bumi13	Mashhad (4235)*	62	Gaskogen	Introduction Cultivar, France	99	Shirudi	Attila, (CM85836-4Y-OM-OY-8M-OY-OPZ)
26	Bumi14	Mashhad (4313)*	63	Gaspard	Introduction Cultivar, France	100	Sholeh	Landrace from Ahvaz, Iran
27	Bumi15	Iran (5077)*	64	Ghods	Rsh/5/Wt4/Nor10/K54 × 2//Fri/3/Ptr/6	101	Sistan	Bank"s"/Vee"s"
28	Bumi16	Esfahan (5242)*	65	Golestan	Alondra "s"	102	Sivand	Kauz "s"/Azadi
29	Bumi17	Mashhad (4297)*	66	Hamun	Falat/Roshan	103	Star	Mexico (LFN/SDY//PVN"S")
30	Karchia	Pakistan	67	Hirmand	Byt/JAR//Cfn/Sr70/3/jup"S"	104	Tabasi	Landrace from Tabas, Iran
31	Arg	1-66-22/Inia	68	Inia	Lr64/Sn65	105	Tajan	Bow"S"/ Nkt"S" (CM67428-GM-LR-5M-3R-LB-Y)
32	Bam	Vee"s"/Nac//1-66-22	69	Karaj1	(200H × Vfn) Rsh	106	Tus	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr
33	Rushan	Landrace from Esfahan, Iran	70	Karaj2	Fa/Th-Mu//Omid	107	Virinak	Veery/Nacozari
34	Sorkhtokhm	Landrace from Zabol, Iran	71	Karaj3	(Dre × Mxp/Son64 × Tzpp-Y54)/Nai60	108	Zagros	Tans/Vee"s"// Opata CU82781-030Topu-14H-25H-05H
35	Check cultivar	Landrace from Yazd, Iran	72	Kaveh	Fta-P1	109	Zare	130L1.11//F35.70/Mo73/4/Ymh/Tob//Mcd/3/
36	Shahpasand	Landrace from Save, Iran	73	Kavir	Stm/3/ Kal//V534/Jit716	110	Zarin	PK15841
37	Falat	Kvz/Buho"S"//Kal/Bb~Seri 82	74	Khazar1	(P4160 (F3) × Nr 69) Lr64			

* اعداد درون پرانتز شمارهٔ کلکسیون تودههای بومی است.

صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش شامل، طول ریشک (AL)، طول برگ پرچم (FL)، ارتفاع گیاه (PH)، وزن خوشه (SW)، وزن دانه در خوشه (KWS)، شمار دانه در خوشه (NKS)، شمار سنبلچه در خوشه (NSS)، وزن ساق‌گل یا پدانکل (PW)، طول خوشه (SL)، طول ساق‌گل (PL)، شمار پنجهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

بارور (NFT)، روز تا گلدهی (DH)، روز تا رسیدگی (DM)، وزن صددانه (HKW)، محتوای سبزینه یا کلروفیل (CHC)، عملکرد زیست‌توده یا بیوماس (BY)، عملکرد دانه (GY) و شاخص برداشت (HI) بودند.

تجزیه‌وتحلیل آماری

در آغاز آزمون عادی بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسیمرنوف[3] (Lilliefors, 1967) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 (SPSS, 2010) ارزیابی شدند (جدول ۳). پس از تأیید عادی بودن داده‌ها، رابطه‌های بین صفات، ضریب‌های همبستگی پدیدگانی (فنوتیپی) بین صفات مختلف محاسبه شد. همچنین به‌منظور بررسی رابطه‌های بین صفات مختلف و مقایسهٔ نژادگان‌ها از روش GT biplot استفاده شد که در این روش ترسیم نمودار دووجهی بر پایهٔ دو مؤلفهٔ اصلی اول و دوم صورت گرفت. مدل آماری این روش بر پایهٔ رابطه زیر است (Yan & Rajcan, 2002).

$$\frac{T_{ij}-\overline{T_j}}{S_j}=\lambda_1\xi_{i1}\tau_{j1}+\lambda_2\xi_{i2}\tau_{j2}+\varepsilon_{ij}$$

در رابطهٔ بالا T_{ij}، ارزش میانگین نژادگان i برای صفت j، $\overline{T_j}$، ارزش میانگین صفت j روی همهٔ میانگین‌ها، S_j، انحراف معیار صفت j بین میانگین نژادگان‌ها، λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، ξ_{i1} و ξ_{i2}، به ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای نژادگان i، τ_{j1} و τ_{j2} به ترتیب مقادیر به ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای صفت j و ε_{ij}، باقی‌ماندهٔ مربوط به مدل نژادگان i و صفت j، را نشان می‌دهند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS 19 (SPSS, 2010) و GGEbiplot (GGEbiplot, 2011) استفاده شد.

نتایج و بحث

شناسایی بهترین نژادگان‌ها بر پایهٔ صفات اندازه‌گیری شده

ترسیم نمودار دووجهی نژادگان صفت (GT) در شرایط بدون تنش ۵۳/۳ درصد (۳۳/۷ درصد و ۱۹/۶ درصد به‌ترتیب توسط مؤلفهٔ اصلی اول و مؤلفهٔ اصلی دوم)، از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توجیه کرد (شکل ۱). این درصد به‌نسبت متوسط نشان‌دهندهٔ پیچیدگی رابطه‌های بین صفات اندازه‌گیری است. الگوها و رابطه‌های اساسی بین صفات با ترسیم نمودار دووجهی مشخص می‌شود Dehghani *et al*., 2008; Sabaghnia (*et al*., 2008). در میان روش‌های چند برای ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT)، نمایش چندضلعی کمک می‌کند که نژادگان‌هایی که بالاترین مقدار برای یک صفت یا بیشتر صفات را دارند، تشخیص داده شوند. این روش بهترین راه را برای تجسم و تشخیص الگوها و رابطه‌های بین نژادگان‌ها و صفات را فراهم می‌کند. نژادگان‌ها در رئوس چندضلعی یا درون چندضلعی قرار می‌گیرند. بر پایهٔ شکل ۱ یازده نژادگان (نژادگان‌های شماره ۳۳، ۲۴، ۳۶، ۲۸، ۴۹، ۴۴، ۶۷، ۷۸، ۲ و ۱۰) در رئوس چندضلعی قرار گرفته‌اند. ازآنجایی‌که این نژادگان‌ها بیشترین فاصله را از مبدأ نمودار دووجهی دارند، به‌عنوان بهترین نژادگان‌ها برای بعضی از صفات یا همهٔ صفات به شمار می‌آیند. بنابراین به نظر می‌رسد که نژادگان‌های شماره ۱۰، ۲ و ۷۸ بالاترین مقدار عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش داشتند، همچنین این نژادگان‌ها بالاترین مقدار وزن خوشه، وزن دانه در خوشه، وزن صددانه و شاخص برداشت را در میان نژادگان‌های مورد بررسی داشتند (شکل ۱). همچنین نژادگان شماره ۳۳ بیشترین مقدار را برای صفات عملکرد زیست‌توده، وزن ساق‌گل، ارتفاع بوته، محتوای سبزینه و شمار سنبلچه در سنبله داشت (شکل ۱). نژادگان‌های شماره ۳۶ و ۲۸ از لحاظ صفت روز تا گلدهی بیشترین مقدار را داشتند. همچنین نژادگان شماره ۲۴ بیشترین مقدار را برای صفات طول ساق‌گل و روز تا رسیدگی داشت (شکل ۱). درنهایت با توجه به نمودار دووجهی نژادگان‌های شماره ۱۰، ۲ و ۷۸ مطلوب‌ترین نژادگان‌ها از نظر عملکرد دانه و دیگر صفات مرتبط با عملکرد در شرایط بدون تنش بودند (شکل ۱). در پژوهش‌های دیگری برای ارزیابی و

1. Kolmogorov-Smirnov

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب رقم‌های مختلف از لحاظ چند صفت از روش نژادگان در صفت استفاده شده است و روش یادشده را ابزاری بسیار قوی برای کاوش در داده‌های چندمتغیره و نمایش نگاره‌ای داده‌های نژادگان در صفت معرفی کرده‌اند (Yan & Kang, 2002; Rubio *et al*., 2004; Dehghani *et al*., 2008; Sabaghnia *et al*., 2008; Gholizadeh & Dehghani, 2016).

جدول ۲. ویژگی‌های خاک دو مکان انجام آزمایش

Table 2. Soil properties of the two experimental sites.

Location	Depth (cm)	pH	EC (dS.m^{-1})	meq/L				P (mg.kg^{-1})	K (mg.kg^{-1})
				K^+	Na^+	Mg^+	Ca^+		
Normal	0-30	7.8	2.9	0.6	37.5	11	10	30.2	114
	30-60	7.5	2.3	0.7	30.8	7.5	9.6	17.45	121
	60-90	7.5	1.8	0.2	26.4	3.3	6.7	3.1	84
Stress	0-30	7.6	9.8	1.7	175.8	52.6	52.3	25.9	209
	30-60	7.6	7.89	0.9	149.8	41.2	38.2	5	177
	60-90	7.3	9.58	0.9	219.7	61.7	48.3	3.7	201

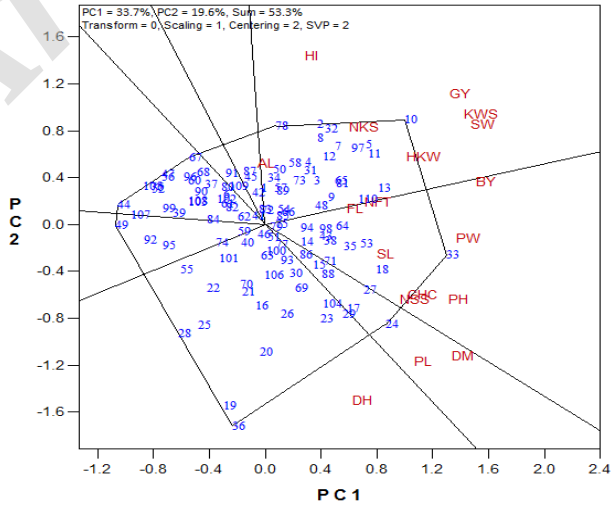
جدول ۳. مقادیر P-value برای آزمون کولموگروف-اسیمرنوف برای عادی بودن خطاهای آزمایشی در گندم

Table 3. P-value values for Kolmogorov-Smirnov test for normality of experimental errors in wheat

Traits	Test statistic	
	Non-stress	Salinity stress
PH	0.04^{ns}	0.07^{ns}
AL	0.04^{ns}	0.04^{ns}
NKS	0.05^{ns}	0.05^{ns}
NFT	0.08^{ns}	0.06^{ns}
NSS	0.06^{ns}	0.05^{ns}
FL	0.07^{ns}	0.05^{ns}
HKW	0.06^{ns}	0.08^{ns}
KWS	0.08^{ns}	0.08^{ns}
PW	0.07^{ns}	0.08^{ns}
SW	0.07^{ns}	0.07^{ns}
CHC	0.06^{ns}	0.05^{ns}
DH	0.05^{ns}	0.05^{ns}
DM	0.06^{ns}	0.05^{ns}
PL	0. 04^{ns}	0.07^{ns}
SL	0.07^{ns}	0.08^{ns}
BY	0.07^{ns}	0.05^{ns}
GY	0.04^{ns}	0.06^{ns}
HI	0.08^{ns}	0.04^{ns}

ns: Indicating normality of experimental errors distribution ns: نشان‌دهندهٔ عادی بودن توزیع خطاهای آزمایشی

علائم اختصاری: AL: طول ریشک، FL: طول برگ پرچم، PH: ارتفاع گیاه، SW: وزن خوشه، KWS: وزن دانه در خوشه، NKS: شمار دانه در خوشه، NSS: شمار سنبلچه در خوشه، PW: وزن ساق‌گل، SL: طول خوشه، PL: طول ساق‌گل، NFT: شمار پنجه بارور، DH: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، HKW: وزن صددانه، CHC: محتوای سبزینه، BY: عملکرد زیست‌توده، GY: عملکرد دانه، HI: شاخص برداشت.

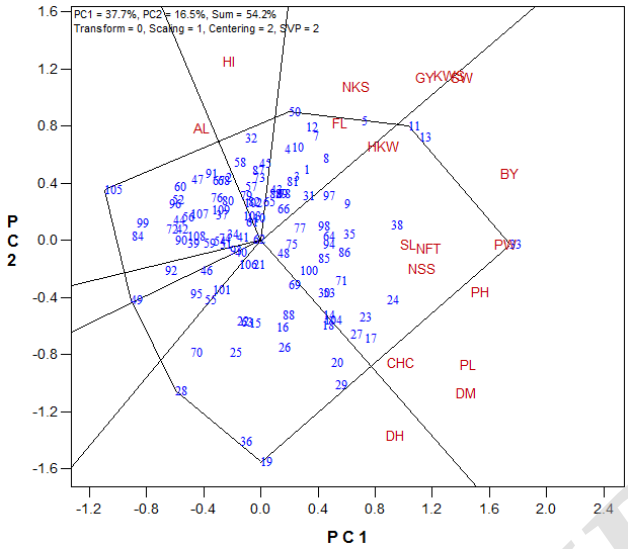


شکل ۱. نمایش چندضلعی نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط بدون تنش

Figure 1. Biplot polygon view of wheat genotypes in non-stress conditions

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. نمایش چندضلعی نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط تنش شوری

Figure 2. Biplot polygon view of wheat genotypes in saline stress conditions

ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT) در شرایط تنش شوری ۵۴/۲ درصد (۳۷/۷ درصد و ۱۶/۵ درصد به ترتیب توسط مؤلفهٔ اصلی اول و مؤلفهٔ اصلی دوم)، از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توجیه کرد (شکل ۲). بر پایهٔ شکل ۲، نه نژادگان (نژادگان‌های شماره ۱۱، ۱۳، ۳۳، ۱۹، ۲۸، ۴۹، ۱۰۵، ۵۰ و ۵) در رئوس چندضلعی قرار گرفته‌اند. ازآنجایی‌که این نژادگان‌ها بیشترین فاصله را از مبدأ نمودار دووجهی دارند، به‌عنوان بهترین نژادگان‌ها برای بعضی از صفات یا همهٔ صفات به شمار می‌آیند. بنابراین به نظر می‌رسد که نژادگان‌های شماره ۵ و ۵۰ بالاترین مقدار عملکرد دانه را در شرایط تنش شوری داشتند، همچنین این نژادگان‌ها بالاترین مقدار صفات شمار دانه در خوشه و وزن دانه در خوشه در میان نژادگان‌های مورد بررسی را داشتند (شکل ۲). همچنین نژادگان‌های شماره ۱۱، ۱۳ و ۳۳ بیشترین مقدار را برای صفات وزن خوشه، عملکرد زیست‌توده، وزن ساق‌گل، ارتفاع بوته، محتوای سبزینه، طول ساق‌گل و روز تا رسیدگی را داشتند (شکل ۲). نژادگان‌های شماره ۱۹ و ۲۸ از لحاظ صفت روز تا گلدهی بیشترین مقدار را داشتند. درنهایت با توجه به نمودار دووجهی نژادگان‌های شماره ۵ و ۵۰ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین نژادگان‌ها برای عملکرد دانه در شرایط تنش شوری هستند (شکل ۲).

رابطه‌های متقابل میان صفات

یک روش دیگر برای ترسیم نمودار دووجهی (GT) نمایش برداری آن است. بردارهایی که از مبدأ نمودار سرچشمه می‌گیرند به نشانه‌های صفات وصل و رابطه‌های بین و درون صفات را نشان می‌دهند. این شکل نمودار دووجهی مقدار مناسبی از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توضیح می‌دهد. ازآنجایی‌که کسینوس زاویهٔ بین بردارهای هر دو صفت ضریب همبستگی بین آن‌ها را برآورد می‌کند، این شکل نمودار دووجهی بهترین راه برای نمایش نگاره‌ای رابطه‌های متقابل میان صفات است. اگر زاویهٔ بین بردارهای دو صفت کمتر از ۹۰ درجه باشد، بین آن دو صفت همبستگی مثبت، اگر زاویهٔ بیشتر از ۹۰ درجه باشد، همبستگی منفی و اگر زاویه ۹۰ درجه باشد، بین آن دو صفت همبستگی وجود ندارد. طول بردارها پاسخ‌دهی صفات را به نژادگان‌ها نشان می‌دهد به‌طوری‌که هرچه طول بردار یک صفت بیشتر باشد نشان‌دهندهٔ آن است که آن صفت توان پاسخ‌دهی بیشتر به نژادگان‌ها دارد و صفاتی که در منشأ نمودار دووجهی قرار می‌گیرند، هیچ پاسخی به نژادگان‌ها نمی‌دهند. نتایج به‌دست‌آمده از نمایش برداری نژادگان

Archive of SID

www.SID.ir

در صفت (GT) نشان داد، در شرایط آزمایش بدون تنش (شکل ۳) همهٔ صفات مورد بررسی به‌جز صفات طول ریشک، شمار سنبلچه در سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول ساق‌گل، طول سنبله و طول برگ پرچم و در شرایط آزمایش تنش شوری (شکل ۴) همهٔ صفات مورد بررسی به‌جز صفات طول ریشک، شمار سنبلچه در سنبله، روز تا رسیدگی، محتوای سبزینه، طول ساق‌گل، طول سنبله و طول برگ پرچم همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان دادند. و این مطالب می‌تواند با توجه به جدول ضریب‌های همبستگی تأیید شود (جدول ۴).

جدول ۴. ضریب‌های همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در نژادگان‌های گندم در شرایط بدون تنش (پایین قطر) و تنش شوری (بالای قطر).

Table 4. Correlation coefficients between measured traits in wheat genotypes under non-stress (above diameter) and salinity stress (down diameter) conditions.

	PH	AL	NKS	NFT	NSS	FL	HKW	KWS	PW	SW	CHC	DH	DM	PL	SL	BY	GY	HI
PH		-0.11	-0.11	0.39**	0.07	0.24**	0.35**	0.21*	0.51**	0.16	0.26**	0.14	0.37**	0.80**	0.47**	0.52**	0.23*	-0.19*
AL	-0.00		0.12	-0.10	-0.2**	0.13	-0.05	-0.12	-0.14	0.00	-0.15	-0.28**	-0.24**	-0.24**	0.00	-0.01	0.09	0.11
NKS	-0.09	0.06		-0.10	0.50**	0.05	-0.22*	0.54**	0.16	0.66**	0.01	-0.05	-0.06	-0.14	0.12	0.24**	0.22*	0.07
NFT	0.22*	0.00	-0.18		0.05	0.04	0.34**	0.17	0.30**	0.18	0.29**	0.06	0.22*	0.38**	0.00	0.51**	0.40**	0.00
NSS	0.17	-0.17	0.38**	0.05		-0.04	-0.15	0.26**	0.40**	0.41**	0.15	0.43	0.41**	0.22*	0.21*	0.25**	0.05	-0.13
FL	0.24**	0.16	-0.03	0.01	-0.05		0.33**	0.12	0.19	0.22*	0.21*	-0.04	0.01	0.04	0.30**	0.20*	0.13	-0.01
HKW	0.29**	0.07	-0.13	0.27**	-0.16	0.27**		0.38**	0.22*	0.30**	-0.03	-0.24**	0.05	0.23*	0.05	0.27**	0.30**	0.12
KWS	0.22*	0.01	0.60**	0.09	0.29**	0.03	0.41**		0.32**	0.80**	0.05	-0.05	0.09	0.15	0.13	0.45**	0.44**	0.11
PW	0.43*	0.02	0.03	0.14	0.20*	0.37**	0.49**	0.40**		0.40**	0.35**	0.36**	0.52**	0.40**	0.44**	0.52**	0.37**	-0.01
SW	0.17	0.00	0.51**	0.12	0.38**	0.16	0.46**	0.85**	0.41**		0.06	0.00	0.17	0.11	0.20*	0.53**	0.46**	0.04
CHC	0.24	0.20*	0.16	0.22*	0.34**	-0.07	0.03	0.18	0.27**	0.12		0.35**	0.46**	0.32**	0.01	0.24**	0.12	-0.09
DH	0.13	-0.15	-0.10	-0.01	0.45**	-0.02	-0.16	-0.04	0.18	0.00	0.39**		0.80**	0.39**	0.19*	0.13	-0.25**	-0.37**
DM	0.38**	-0.05	-0.01	0.14	0.46**	0.08	0.22*	0.21*	0.49**	0.31**	0.48**	0.79**		0.53**	0.26**	0.38**	0.02	-0.34**
PL	0.84**	-0.18	-0.17	0.15	0.33**	0.08	0.16	0.10	0.23*	0.09	0.26**	0.40**	0.51**		0.25	0.42**	0.08	-0.31**
SL	0.40**	0.04	0.17	0.13	0.27**	0.14	-0.08	0.14	0.21*	0.18	0.10	0.15	0.18	0.23*		0.26**	0.15	-0.07
BY	0.45**	0.08	0.18	0.30**	0.15	0.32**	0.32**	0.43**	0.37**	0.42**	0.34**	0.05	0.33**	0.26**	0.24**		0.70**	-0.06
GY	0.26**	0.09	0.23*	0.33**	0.04	0.15	0.38**	0.52**	0.27**	0.52**	0.26**	-0.15	0.11	0.04	0.14	0.79**		0.57**
HI	-0.12	0.00	0.20*	0.20*	-0.08	-0.13	0.23*	0.33**	-0.07	0.34**	-0.01	-0.32**	-0.23*	-0.21*	-0.03	0.04	0.59**	

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

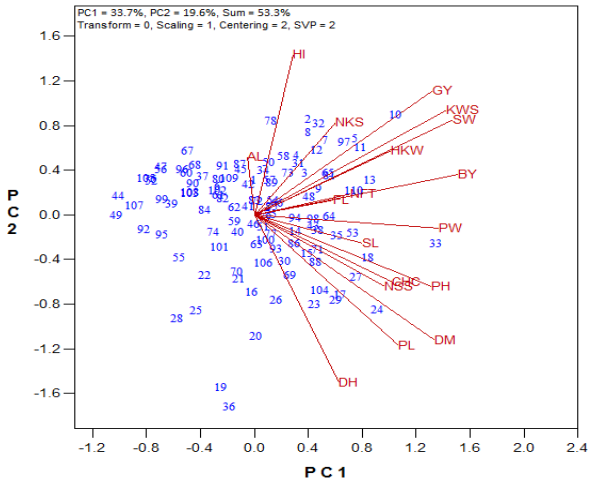
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

علائم اختصاری: AL: طول ریشک، FL: طول برگ پرچم، PH: ارتفاع گیاه، SW: وزن خوشه، KWS: وزن دانه در خوشه، NKS: شمار دانه در خوشه، NSS: شمار سنبلچه در خوشه، PW: وزن ساق‌گل، SL: طول خوشه، PL: طول ساق‌گل، NFT: شمار پنجهٔ بارور، DH: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، HKW: وزن صددانه، CHC: محتوای سبزینه، BY: عملکرد زیست‌توده، GY: عملکرد دانه، HI: شاخص برداشت.

Abbreviation signs: Awn length (AL), Flag leaf length (FL), Plant height (PH), Spike weight (SW), Kernel weight per spike (KWS), Number of Kernel per spike (NKS), Number of spikelet per spike (NSS), Peduncle weight (PW), Spike length (SL), Peduncle length (PL), Number of fertile tiller (NFT), Days to heading (DH), Days to maturity (DM), 100-kernel weight (HKW), Chlorophyll content (CHC), Biological yield (BY), Grain yield (GY), Harvest index (HI).

Archive of SID

www.SID.ir

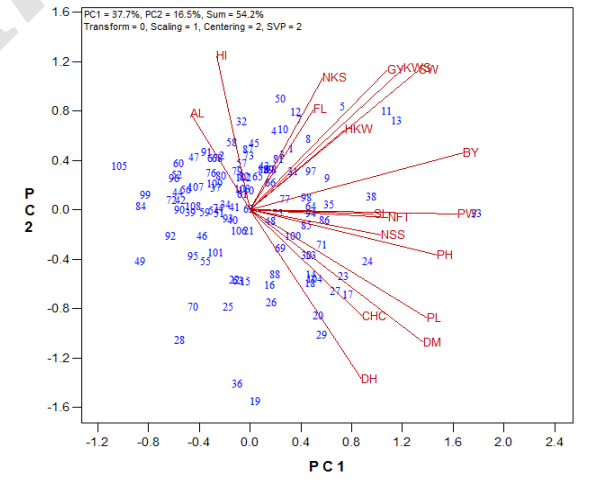


شکل ۳. نمایش برداری نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط بدون تنش

Figure 3. Biplot vector view of wheat genotypes in non-stress conditions

در هر دو شرایط عملکرد زیست‌توده، بالاترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۴)، این امر بدیهی به نظر می‌رسد زیرا عملکرد زیست‌توده شامل عملکرد دانه و کاه است. بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده نیز نشانگر آن است که با افزایش کل زیست‌توده، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به آنکه دانه، ناشی از فعالیت نورساختی (فتوسنتزی) اندام‌هایی چون ساقه و برگ است، بنابراین همبستگی شدید و بالای این دو صفت، دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد، برای داشتن عملکرد دانهٔ بالا در دو شرایط، به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و توان رویشی مناسب، نیاز است (Sing & Sing, 1995; Joseph & Santhosh Kumar, 1999; Dabiri *et al.*, 2009). همبستگی بالا بین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه نشان‌دهندهٔ اهمیت عملکرد زیست‌توده در افزایش میزان عملکرد دانه در نژادگان‌های گندم است، بنابراین عملکرد زیست‌توده به‌عنوان یک صفت مناسب برای گزینش نژادگان‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط بدون تنش و تنش شوری به شمار می‌رود.

در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری بین عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد که بیان‌کنندهٔ این مطلب است که با افزایش شاخص برداشت عملکرد دانه افزایش یافته است (شکل ۳ و ۴ و جدول ۴).



شکل ۴. نمایش برداری نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط تنش شوری

Figure 4. Biplot vector view of wheat genotypes in saline stress conditions

Archive of SID

www.SID.ir

در غلات دانه‌ریز افزایش شاخص برداشت ممکن است باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش شود بدون آنکه نیاز گیاه به آب افزایش یابد. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده مبین این است که افزایش شاخص برداشت سبب کارایی بیشتر توزیع دوبارهٔ مادهٔ خشک به دانه می‌شود که این امر نشان داد که می‌توان از شاخص برداشت در برنامه‌های اصلاحی به عنوان یک معیار گزینش برای عملکرد دانه در نسل‌های اولیه استفاده کرد. عملکرد زیست‌توده با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری داشت، این موضوع دلالت بر امکان افزایش عملکرد به‌واسطهٔ افزایش شاخص برداشت تا ۵۰ درصد یا در نتیجه افزایش کل زیست‌توده با حفظ شاخص برداشت دارد. بهبود شاخص برداشت به یک افزایش ظرفیت فیزیولوژی نورساخت و انتقال آن‌ها به درون اندام‌های اقتصادی مهم (دانه‌ها) اشاره دارد.

(Golparvar *et al.*, 2002). از سوی دیگر گفته می‌شود در غلات دانه‌ریز افزایش زیست‌توده نزدیک به حد نهایی خود رسیده است (Dofing & Knight, 1992). بنابراین افزایش عملکرد دانه با تخصیص بیشتر مواد نورساختی به مخازن (دانه‌ها) عملی خواهد بود که در این صورت شاخص برداشت افزایش محسوسی خواهد داشت. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار بین شمار روز تا گلدهی با عملکرد در شرایط تنش شوری (شکل ۴ و جدول ۴) می‌توان احتمال داد که با کاهش دورهٔ گلدهی، عملکرد دانهٔ گیاه افزایش داشته است. با توجه به گرما و خشکی پایان فصل در بیشتر نقاط ایران و با توجه به همبستگی منفی صفت روز تا گلدهی با عملکرد دانهٔ گندم، می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن نژادگان‌های با عملکرد بالا باید به دنبال توسعهٔ نژادگان‌های زودرس بود. از سوی دیگر زودرسی هزینه‌های تولید را به‌علت کوتاه شدن طول دورهٔ کاشت، کاهش می‌دهد. همچنین کاهش طول دورهٔ برداشت محصول تأثیری مثبت در نظام کشت و تولید محصول دارد. با توجه به این موضوع می‌توان این صفت را به‌عنوان یک شاخص انتخاب مستقل در جهت اصلاح و ارزیابی رقم‌های مختلف گندم در شرایط تنش در نظر گرفت. همچنین با توجه به ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شمار روز تا رسیدگی با عملکرد زیست‌توده در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری می‌توان احتمال داد، با افزایش دورهٔ رسیدگی، کل زیست‌تودهٔ گیاه افزایش داشته است.

صفت ارتفاع بوته همبستگی مثبتی را با صفت عملکرد زیست‌توده در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشته است (شکل ۳ و ۴ و جدول ۴). مقدار مثبت و بالای این همبستگی بیانگر اهمیت ارتفاع بوته در افزایش عملکرد زیست‌توده بوده و در پی آن افزایش محصول را شامل خواهد شد. همچنین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش ارتفاع بوته با طول خوشه، طول ساق‌گل، وزن ساق‌گل، وزن صددانه و شمار روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌داری را داشت (شکل ۳ و ۴ و جداول ۴). بنابراین با توجه به نتایج، افزایش شمار روز تا رسیدگی و طولانی شدن دورهٔ رشد رویشی سبب افزایش ارتفاع گیاه و طول ساق‌گل شده که این موضوع سبب افزایش عملکرد زیست‌توده خواهد شد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با وزن صددانه و عملکرد دانه می‌تواند به دلیل ذخایر ساقهٔ بیشتر و انتقال آن به دانه‌ها در طول پر شدن دانه‌ها باشد (شکل ۳ و ۴ و جدول ۴).

یک مجموعهٔ داده را می‌توان با حذف بسیاری از نژادگان‌ها یا صفات، با توجه به هدف‌های خاص تجزیه کرد. ازآنجایی‌که عملکرد دانه صفتی کمی بوده و توسط شمار زیادی ژن کنترل می‌شود همچنین توارث‌پذیری این صفت به دلیل اثر متقابل نژادگان و محیط پایین بوده، بنابراین انتخاب مستقیم بر پایهٔ عملکرد دانه در جهت بهبود آن به‌ویژه در شرایط تنش در گندمزار، ممکن است چندان مؤثر نباشد (Singh & Singh, 2001; Aycecik & Yildirim, 2006). کنترل بهتر تأثیر شرایط محیطی در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور بهبود عملکرد می‌تواند با انتخاب غیرمستقیم برای صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد دانه داشته و کمتر به تغییرپذیری‌های

Archive of SID

www.SID.ir

محیطی حساس باشند، صورت گیرد. صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) و صفات وابسته به عملکرد به‌دقت و با سادگی قابل اندازه‌گیری هستند، همچنین توارث‌پذیری به‌نسبت بالایی دارند، بنابراین گزینش بر پایهٔ این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جامعه‌های گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Yin *et al.*, 2002). تجزیهٔ ضریب‌های همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می‌کند. بنابراین می‌توان از صفات دارای همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری در انتخاب بهتر رقم‌ها و رگه‌ها بهره برد. با توجه به همبستگی بالای عملکرد دانه با صفات عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت در شرایط بدون تنش و تنش شوری (جدول ۴)، بنابراین در ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT) تنها از صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت استفاده شد (شکل‌های ۵ و ۶). نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT)، ۸۰/۸ درصد (۵۸/۹ درصد و ۲۱/۹ درصد به ترتیب توسط مؤلفهٔ اصلی اول و مؤلفهٔ اصلی دوم)، از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توجیه کرد (شکل ۵). این درصد بالا نشان‌دهندهٔ توانایی این مدل و اهمیت صفات عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت نسبت به صفات دیگر است. بر پایهٔ نمایش چندضلعی نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT)، نه نژادگان (نژادگان‌های شماره ۱۰۵، ۱۰، ۷، ، ۱۲، ۱۳، ۵، ۳۳، ۲۴ و ۳۶) در رئوس چندضلعی قرار گرفته‌اند (شکل ۵). ازآنجایی‌که این نژادگان‌ها بیشترین فاصله را از مبدأ نمودار دووجهی دارند، به‌عنوان بهترین نژادگان‌ها برای بعضی از صفات یا همهٔ صفات به شمار می‌آیند. با توجه به نتایج ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT)، به نظر می‌رسد که نژادگان‌های شمارهٔ ۱۲، ۱۳ و ۵ بالاترین مقدار عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند (شکل ۵). با توجه به تنوع گستردهٔ کیفیت‌های مختلف خاک و آب در اراضی زیر کشت گندم، در شرایط شور باید به دنبال نژادگان‌هایی بود که میانگین عملکرد آن‌ها در شرایط بدون تنش و تنش شوری بالا باشد (Richard, 1987; Shanon, 1997). بنابراین بسیاری از آزمایش‌هایی که برای اصلاح نژادگان‌های متحمل به شوری صورت می‌گیرد، به‌طور عمده در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری اجرا می‌شوند. هدف اصلی این‌گونه آزمایش‌ها انتخاب نژادگان‌هایی است که به هر دو شرایط بالا سازگار باشند. شاخص‌های انتخاب متفاوتی برای انتخاب نژادگان‌ها بر پایهٔ تظاهر آن‌ها در محیط‌های بدون تنش و تنش ارائه شده است. رقم‌ها از نظر واکنش آن‌ها در شرایط بدون تنش و تنش به چهار گروه نژادگان‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط (گروه A)، نژادگان‌های دارای عملکرد مطلوب در محیط بدون تنش (گروه B)، نژادگان‌های با عملکرد خوب در محیط تنش (گروه C) و نژادگان‌های دارای عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنش و تنش (گروه D) گروه‌بندی کرد (Fernadez, 1992). با توجه به نتایج نژادگان‌های شماره ۱۲ (رگهٔ Salt29)، 13 (رگهٔ Salt30) و ۵ (رگهٔ Salt22) از نظر عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش شوری در وضعیت خوبی قرار داشتند (شکل ۵) و برتر از شاهدهای آزمایش در گروه نژادگان‌های متحمل قرار گرفتند. این رگه‌ها در بررسی‌های پیشین نیز به‌عنوان نژادگان‌های با عملکرد بالا در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری و برتر از شاهدهای آزمایش شناسایی شدند (Saberi *et al.*, 2013; Akbarpour *et al.*, 2015b; Amini *et al.*, 2015). به نظر می‌رسد که تحمل بالای این رگه‌ها مربوط به تجمع ژن‌های تحمل به تنش شوری در این نژادگان‌ها باشد. در تحقیق Shahbazi *et al.* (2015) رقم‌های مهدوی، کراس اروند و قدس به‌عنوان رقم‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری و متحمل به شوری معرفی شدند. همچنین در بررسی Gholizadeh & Dehghani (2016) رقم روشن به‌عنوان رقم متحمل به شوری معرفی شد. در این بررسی از طیف گسترده‌ای از نژادگان‌هایی گندم شامل: رگه‌های پیشرفتهٔ غربال‌شده در شرایط تنش شوری، توده‌های خالص بومی گردآوری‌شده از مناطق مختلف ایران،

Archive of SID

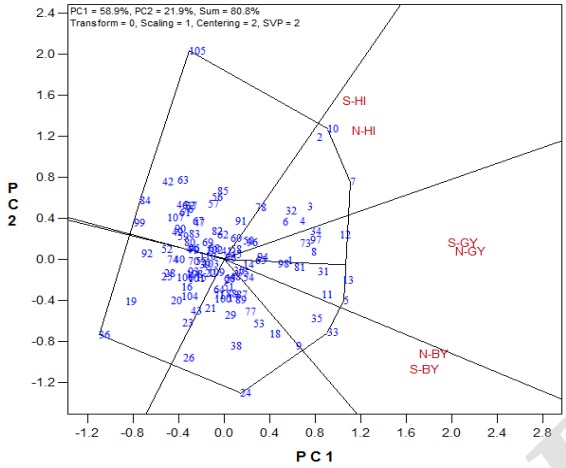
www.SID.ir

رقم‌های شناخته‌شده متحمل و حساس به شوری در ایران و نژادگان‌های گندم تجاری که در نقاط مختلف کشور کشت می‌شوند، برای ارزیابی تحمل به شوری استفاده و مشاهده شد که سه رگهٔ اصلاحی (Salt29، Salt30 و Salt22) عملکرد بالایی در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند. همچنین این رگه‌ها نسبت به شاهدهای آزمایش و نژادگان‌هایی که در بررسی‌های پیشین به‌عنوان نژادگان‌های با عملکرد بالا در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری معرفی شده بودند، عملکرد بالاتری داشتند. در نتیجه از این رگه‌ها پس از معرفی می‌توان در شرایط تنش شوری آب‌وخاک و اصلاح برای تولید رقم‌های متحمل به تنش شوری استفاده کرد. همچنین با توجه به نتایج ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT)، نژادگان‌های شماره ۱۰ و ۷ بالاترین مقدار شاخص برداشت را در شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند. شاخص برداشت، به نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده اطلاق می‌شود (Donald & Hamblin, 1976) و توان گیاه در انتقال مواد حاصل از نورساخت به دانه‌ها را نشان می‌دهد. آنچه در سال‌های اخیر در مورد رقم‌های پرمحصول گندم گزارش‌شده، عامل اصلی افزایش محصول گندم در هکتار با افزایش شاخص برداشت بوده است. میانگین شاخص برداشت گندم ۵۰ درصد است و بسیاری از متخصصان بر این باورند که تا ۶۵ درصد قابل افزایش است، درحالی‌که در ایران میانگین شاخص برداشت ۴۷ درصد است. بنا بر باور برخی از محققان افزایش عملکرد دانهٔ غلات به روش‌های ژنتیکی، به‌طور عمده نتیجهٔ فعالیت‌هایی بوده است که منجر به ازدیاد شاخص برداشت گشته‌اند (Pheloung & Sidigue, 1991; Snyder & Carlson, 1984. Kulshrestha & Jain (1982) با ارزیابی رقم (واریته)های گندمی که در ۸۰ سال گذشته در هند تولید گشته‌اند، گزارش کردند، افزایش عملکرد، حاصل ابالا رفتن شاخص برداشت است، زیرا عملکرد زیست‌توده در این مدت تاحدودی ثابت بوده است. بالا بودن شاخص برداشت به این معنی است که سهم دانه‌ها از کل مادهٔ خشک تولیدشده توسط گیاه افزایش یافته است. به‌عبارت‌دیگر مقدار زیادی از مواد نورساختی به دانه‌ها انتقال یافته‌اند. چون این مواد در ساقه‌ها و غلاف برگ‌ها ذخیره می‌شوند (پیش از گرده‌افشانی)، پس آسانگری انتقال آن‌ها شاخص برداشت را بالا می‌برد. در شرایط تنش به دلیل کاهش میزان تعرق نقل‌وانتقال مواد به کندی صورت می‌گیرد. رقم‌هایی که شاخص برداشت بالا در شرایط تنش دارند در نقل‌وانتقال مواد بهتر عمل کرده‌اند. با توجه به نتایج ترسیم نمودار دووجهی (شکل ۵) نژادگان‌های شماره ۱۰ (رگهٔ Salt27) و ۷ (رگهٔ Salt24) بالاترین مقدار شاخص برداشت را در شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند. بنابراین این رگه‌ها توانایی بالایی برای انتقال مواد نورساختی به دانه دارند. از این رگه‌ها پس از معرفی می‌توان در برنامه‌های بهنژادی برای بهبود شاخص برداشت استفاده کرد. نژادگان شماره ۳۳ نیز بیشترین میزان عملکرد زیست‌توده را در شرایط بدون تنش و تنش شوری داشت (شکل ۵). نژادگان شماره ۳۳ مربوط به رقم روشن است که به‌عنوان یک رقم متحمل به شوری در ایران شناخته شده است، با توجه به بالا بودن عملکرد زیست‌تودهٔ رقم روشن و همبستگی بالا بین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه می‌توان گفت که تحمل بالای این رقم مربوط به عملکرد زیست‌تودهٔ بیشتر این رقم است که توان تولید مادهٔ خشک بالاتر آن مربوط به دوام سطح برگ بالاتر این رقم نسبت به رقم‌های دیگر است. بر پایهٔ نمایش برداری نژادگان در صفت (GT)، همبستگی مثبتی بین عملکرد نژادگان‌ها در شرایط بدون تنش (N-GY) و تنش شوری (S-GY) وجود داشت (شکل ۶) که نشان می‌دهد، در این تحقیق بیشتر نژادگان‌هایی که در شرایط بدون تنش توان بالقوهٔ عملکرد بالاتری داشتند در شرایط تنش شوری نیز عملکرد بالایی داشتند، بنابراین امکان اصلاح همزمان (در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری) وجود دارد. بسیاری از محققان نیز همبستگی مثبتی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش گزارش کردند (Pantuwan *et al*., 2002; Ober *et a*l., 2004; Darvishzadeh *et al*., 2010; Sio-Se Mardeh *et* اما .Darvishzadeh *et al*., 2011)

Archive of SID

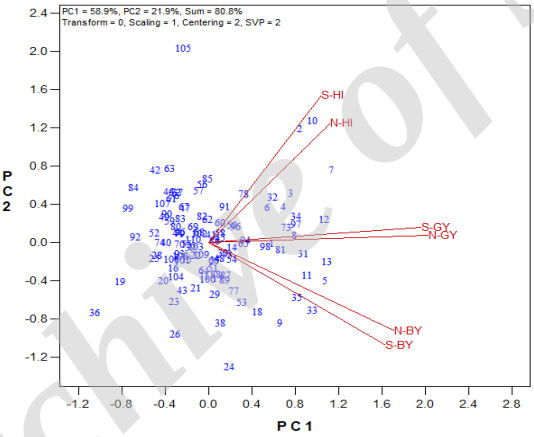
www.SID.ir

al. (2006) در نتایج تحقیق خود گزارش کردند، و تنش وجود ندارد. ارتباطی بین عملکرد نژادگان‌ها در شرایط بدون تنش



شکل ۵. نمایش چندضلعی نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Figure 5. Biplot polygon view of wheat genotypes in non-stress and saline stress conditions



شکل ۶. نمایش برداری نمودار دووجهی نژادگان‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Figure 6. Biplot vector view of wheat genotypes in non-stress and saline stress conditions

نتیجه‌گیری کلی

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت انتخاب بر پایهٔ عملکرد به دلیل وراثت‌پذیری پایین آن، به‌ویژه در شرایط تنش در گندمزار، ناکافی است، بنابراین می‌توان صفاتی را که همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری دارند در برنامه‌های بهنژادی در اولویت قرار داد. درمجموع با توجه به نتایج گرفته‌شده از ترسیم نمودار دووجهی نژادگان در صفت (GT) و ضریب‌های همبستگی در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری می‌توان عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت را به‌عنوان بهترین و مهم‌ترین صفات مرتبط با عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری و به‌عنوان شاخص‌های مطلوب در انتخاب نژادگان‌های گندم نان معرفی کرد. همچنین در میان نژادگان‌های مورد بررسی، رگه‌های Salt29، Salt30 و Salt22 بیشترین عملکرد را در دو محیط بدون تنش و تنش شوری داشتند و برتر از شاهدهای آزمایش در گروه نژادگان‌های متحمل قرار گرفتند که از این رگه‌ها پس از معرفی می‌توان در شرایط تنش شوری آب‌وخاک و اصلاح برای تولید

Archive of SID

www.SID.ir

رقم‌های متحمل به تنش شوری استفاده کرد. در این بررسی تنها رابطهٔ بین صفات ریخت‌شناختی به‌منظور افزایش عملکرد گندم ارزیابی شد، درحالی‌که شایان یادآوری است، در کنار صفات ریخت‌شناختی، بررسی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی که در ایجاد تحمل به تنش شوری مؤثر هستند و تعیین همبستگی آن‌ها با تحمل به شوری نیز می‌تواند در شناخت کامل‌تر دیگر سازوکارهای مرتبط با تحمل به شوری و شناسایی معیارهای مناسب برای گزینش نژادگان‌های متحمل سودمند باشد.

REFERENCES

1. Akbarpour, O. A., Dehghani, H., Rousta, M. J. & Amini, A. (2015a). Evaluation of some properties of Iranian wheat genotypes in normal and salt-stressed conditions using Restricted Maximum Likelihood (REML). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 46, 57-69. (In Farsi).
2. Akbarpour, O. A., Dehghani, H. & Rousta, M. J. (2015b). Evaluation of salt stress of Iranian wheat germplasm under field conditions. *Crop Pasture Science*, 66, 770-781.
3. Amini, A., Amirnia, R. & Qazvini, H. (2015). Evaluation of salinity tolerance in bread wheat genotypes under field conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31, 95-115. (In Farsi).
4. Ashraf, M. & Harris, P. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166, 3-16.
5. Aycicek, M. & Yildirim, T. (2006). Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 38, 417-423.
6. Brandle, J. & McVetty, P. (1989). Heterosis and combining ability in hybrids derived from oilseed rape cultivars and inbred lines. *Crop Science*, 29, 1191-1194.
7. Dabiri, M., Bahramnejad, M. & Baghbanzadeh, M. (2009). Ammonium salt catalyzed multicomponent transformation: simple route to functionalized spirochromenes and spiroacridines. *Tetrahedron*, 65, 9443-9447.
8. Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Bernousi, I., Abdollahi Mandoulakani, B., Azizi, H., Akhondi, N., Poormohammad Kiani, S. & Sarrafi, A. (2011). Genetic properties of drought tolerance indices in sunflower. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 61, 593-601.
9. Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Hatami-Maleki, H., Poormohammad-Kiani, S. & Sarrafi, A. (2010). Evaluation of the reaction of sunflower inbred lines and their F_1 hybrids to drought conditions using various stress tolerance indices. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, 1037-1046.
10. Dehghani, H., Dvorak, J. & Sabaghnia, N. (2012a). Biplot analysis of salinity related traits in beard wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of Biological Research*, 3: 3723-3731.
11. Dehghani, H., Dvorak, J. & Sabaghnia, N. (2012b). Graphic analysis of biomass and seed yield of beard wheat in salt stress condition. *Annals of Biological Research*, 3 (9):4246-4253.
12. Dehghani, H., Omidi, H. & Sabaghnia, N. (2008). Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. *Agronomy Journal*, 100, 1443-1449.
13. Dofing, S. & Knight, C. (1992). Alternative model for path analysis of small-grain yield. *Crop Science*, 32, 487-489.
14. Donald, C. & Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*, 28, 361-405.
15. Duhoon, S. S., Chandra, S., Basu, A. K. & Makhija, O. P. (1982). Components of genetic variation for yield & its attributes in a diallel cross of yellow-seeded Indian colza. *Indian Journal of Agricultural Science*, 52, 154-158.
16. GGEbiplot. (2011). A statistical package. Ottawa, ON., Canada.
17. Falconer, D. S., Mackay, T. F. C. & Frankham, R. (1996). Introduction to Quantitative Genetics (^{4}th edn). Longman, Harlow, UK.
18. FAO. (2005). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management Service. http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush.
19. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proc Intnl Symp Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature & Water Stress. AVRDC Publ, Tainan, Taiwan, 13-18 August. pp. 257-27.
20. Gholizadeh, A. & Dehghani, H. (2016). Graphic analysis of trait relations of Iranian bread wheat germplasm under non-saline and saline conditions using the biplot method. *Genetika*, 48, 473-486.
21. Gholizadeh, A., Dehghani, H. & Dvorak, J. (2014). Evaluating salt tolerance of bread wheat genotypes using stress tolerance indices. *Cereal Research*, 4, 103-114.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Golparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A. & Ahmadi, A**.** (2002). Evaluation of morphological traits as selection criteria in breeding of wheat. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4, 202-205. (In Persian).
23. Hassan, G. & GUL, R. (2006). Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. *Pakistan Journal of Bo*tany, 38, 1169-1175.
24. Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A. M. & Feizi, M. (2005). Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crops Research*, 91, 345-354.
25. Joseph, J. & Santhosh Kumar, A. (1999). Character association and cause effect analysis in some F_2 population of green gram. *Legume Research*, 22, 99-103.
26. Kearsey, M. J. & Pooni, H. S. (1996). The genetic analysis of quantitative traits. . *Stanley Thornes Ltd., Cheltenham, Great Britain*
27. Kulshrestha, V. & Jain, H. (1982). Eighty years of wheat breeding in India: Past selection pressures & future prospects. *Journal of Plant Breeding*, 89, 19-30.
28. Lilliefors, H. W. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American statistical Association*, 62(318), 399-402.
29. Mardeh, A. S. S., Ahmadi, A., Poustini, K. & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98, 222-229.
30. Martin, P., Ambrose, M. & Koebner, R. (1994). A wheat germplasm survey uncovers salt tolerance in genotypes not exposed to salt stress in the course of their selection. *Aspects of Applied Biology*, 39, 215-222.
31. Munns, R., James, R. A. & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1025-1043.
32. Ober, E. S., Clark, C. J., Le Bloa, M., Royal, A., Jaggard, K. W. & Pidgeon, J. D. (2004). Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under drought and irrigated conditions. *Field Crops Research*, 90, 213-234.
33. Okoye, M., Okwuagwu, C., Uguru, M., Ataga, C. & Okolo, E. (2007). Genotype by trait relations of oil yield in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) based on GT biplot. ^{8}th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October pp. 723-728.
34. Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S. & O'Toole, J. (2002). Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands: Part 1. Grain yield and yield components. *Field Crops Research*, 73, 153-168.
35. Pheloung, P. & Siddique, K. (1991). Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. *Functional Plant Biology*, 18, 53-64.
36. Ravari, S. Z., Dehghani, H. & Naghavi, H. (2016). Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K+/Na+ ratio of flag leaf. *Cereal Research*, 6, 133-144. (In Farsi).
37. Rezvani Moghaddam, P. & Koocheki, A. (2001). Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects-Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
38. Richards, R., Dennett, C., Qualset, C., Epstein, E., Norlyn, J. & Winslow, M. (1987). Variation in yield of grain and biomass in wheat, barley, and triticale in a salt-affected field. *Field Crops Research*, 15, 277-287.
39. Rubio, J., Cubero, J., Martin, L., Suso, M. & Flores, F. (2004). Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. *Euphytica*, 135, 217-224.
40. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2008). Graphic analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. *Agronomy Journal*, 100, 760-764.
41. Saberi, M. H., Amini, A., Samadzadeh, A. R. & Tajali, H. (2013). Evaluation of some wheat genotypes under salt stress under field conditions. *Journal of Environmental Stress in Crop Science*, 6, 77-85. (In Farsi).
42. Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F. & Hajihashemi, S. (2006). Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9, 2009-2021.
43. Shahbazi, M., Kalateh-Arabi, M. & Hassanifar, A. M. (2015). Study of Iranian wheat in saline soils of Golestan province. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 41, 447-458. (In Farsi).
44. Shannon, M. C. (1997). Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, 60, 75-120.
45. Singh, S. & Singh, T. (2001). Correlation and path analysis in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under light texture soil. *Resources on Crops*, 2, 99-101.

Archive of SID

www.SID.ir

46. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98, 222-229.
47. Snyder, F. & Carlson, G. (1984). Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. *Advances in Agronomy*, 37, 47-72.
48. SPSS, Insitute. (2010). SPSS 19. Users Guied. Chicago, IL., USA
49. Yan, W. & Frégeau-Reid, J. (2008). Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Science*, 48, 417-423.
50. Yan, W. & Rajcan, I. (2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42, 11-20.
51. Yan, W., & Kang, M.S. (2002). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 273p.
52. Yan, W., Hunt, L., Sheng, Q. & Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation & mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597-605.
53. Yin, X., Chasalow, S., Stam, P., Kropff, M., Dourleijn, C., Bos, I. & Bindraban, P. (2002). Use of component analysis in QTL mapping of complex crop traits: a case study on yield in barley. *Plant Breeding*, 121, 314-319.

Archive of SID

www.SID.ir