مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۹
صفحات ۷۰-۶۱

تجزیه و تحلیل انعطاف‌پذیری فنوتیپی ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم در اقلیم گرم و خشک جنوب ایران

Phenotypic plasticity analysis of promising durum wheat genotypes in dry and warm climate of Iran

مجید حاجی محمد علی جهرمی[۱]، منوچهر خدارحمی[۱]، علیرضا محمدی[۲]،
عبداله محمدی[۱] و رامین صادق قول مقدم[۱]

چکیده

به منظور تعیین پایداری و بررسی واکنش ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم در اقلیم گرم وخشک جنوب ایران، ۱۸ ژنوتیپ امید بخش گندم دوروم در شش ایستگاه تحقیقاتی خرم‌آباد، اهواز، داراب، دزفول و زابل به همراه رقم‌های کرخه و گندم نان تجاری به عنوان ارقام شاهد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی(RCBD)، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۱۳۸۸-۱۳۸۶) کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار، ۱۰ آماره پایداری (b_i ، S_{di}^2 ، R_i^2 ، D_i ، DI ، S_i ، PEG_i ، θ_i ، $\theta_{(i)}$ و GAI) مورد محاسبه قرار گرفتند. با توجه به نتایج آماره‌های فوق ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۵، ۱۴، ۱۶ و ۱۷ در بیشتر روش‌ها، درجات مختلفی از پایداری را نشان دادند. در مجموع، ژنوتیپ‌های 3 (AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//..)، 5 (NUS/SULA//5*NU/4/SULA...) و 16 (CNDOPRIMADUR//HAI-14-...ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR 84/3/SN TURK MI83-84..) به ترتیب با میانگین عملکردهای ۶/۰۰۹، ۵/۹۲۶، ۵/۹۱۲ و ۶/۱۸۶ تن در هکتار از پایداری و سازگاری عمومی مناسب‌تری برخوردار بودند، که می‌توان آنها را برای اقلیم گرم و خشک جنوب ایران توصیه نمود.

کلمات کلیدی: گندم دوروم، اثر متقابل ژنوتیپ× محیط، تجزیه پایداری، سازگاری عمومی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه اصلاح نباتات، کرج، ایران
۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گندم دوروم یا گندم ماکارونی (Triticum turgidum L. subsp. durum Desf)، به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت به شمار می‌رود. خصوصیات گلوتن سنگین، خمیر غیر چسبنده و سنگین، این نوع گندم را برای تهیه محصولات خمیری از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌آل نموده است (Abey et al., ۱۹۹۷ ; Fbriani and Lintas, ۱۹۸۸). میزان تولید گندم دوروم در سال ۲۰۰۹ برابر ۳۱/۹ میلیون تن، سطح زیر کشت آن برابر ۱۳/۳ میلیون هکتار و متوسط عملکرد جهانی آن برابر ۲/۳۸ تن در هکتار گزارش شده‌است (Anonymous, ۲۰۰۹). از دیر باز این گندم به صورت آبی و دیم در غرب ایران کشت می‌شده است. مناطق گرمسیر، نیمه‌گرمسیر و معتدل کشور بیشترین سطح زیر کشت گندم دوروم را به خود اختصاص می‌دهند. توسعه صنعت ماکارونی‌سازی به همراه افزایش تقاضا برای آن و همچنین مساعد بودن شرایط آب و هوایی در بسیاری از نقاط کشور، پژوهش‌های بیشتری را، به ویژه در زمینه به‌نژادی گندم دوروم طلب می‌نماید (گل آبادی و ارزانی، ۱۳۸۲ ؛ Fbriani and Lintas,۱۹۸۸).

یکی از عوامل کند بودن روند اصلاح و معرفی ارقام در مناطق مختلف وجود اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد (کانگ، ۱۹۹۸). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اطلاعات ارزشمندی در رابطه عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف فراهم می‌کند و نقش مهمی را برای ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی دارد (Karadavut et al., ۲۰۱۰). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث می‌شود عملکرد ارقام تحت تاثیر محیط قرار گرفته و منجر به تفاوت در عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف شود (Scapim et al., ۲۰۰۰). اما ژنوتیپ‌های پایدار عکس‌العمل‌های مشابه و بازدهی بالایی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Björnsson, ۲۰۰۲). گاهی اوقات بجای پایداری عملکرد از واژه مترادف آن یعنی انعطاف‌پذیری فنوتیپی استفاده می‌شود (فرشادفر، ۱۳۷۷). از آنجایی که تجزیه واریانس مرکب فقط اطلاعاتی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط فراهم می‌کند، محققین مختلف روش‌های زیادی برای تجزیه پایداری پیشنهاد داده‌اند. این روش‌ها شامل روش‌های پارامتری (تک متغیره و چند متغیره) و ناپارامتری می‌باشند. در روش‌های تک متغیره مبتنی بر تجزیه رگرسیون ییتز و کوکران (Yates and Cochran, ۱۹۳۸) اولین کسانی بودند که از روش رگرسیون خطی برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمودند، سپس این روش توسط فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, ۱۹۶۳) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, ۱۹۶۶) اصلاح و مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۷۰ پارامتر پایداری ژنوتیپی هنسون (Hanson, ۱۹۷۰) که بر اساس رگرسیون می‌باشد ارائه گردید اما از استقبال مناسبی برخوردار نبود. همچنین روش شاخص برتری توسط هرناندز و همکاران (Hernandez et al., ۱۹۹۳) پیشنهاد شد، که در آن هم عملکرد ژنوتیپ و هم ضریب رگرسیون در محاسبات مورد توجه قرار گرفتند. در روش‌های تک متغیره مبتنی بر تجزیه واریانس، رومر (Romer ۱۹۱۷,) اولین کسی بود که پایداری فنوتیپی را بر اساس واریانس محیطی ( ) ارقام در بین محیط‌های مختلف پیشنهاد نمود. برخی دیگر از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس عبارتند از: واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ( ) پلستید و پترسون (Plaisted and Peterson, ۱۹۵۹) ، میانگین واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط( ) پلستید (Plaisted, ۱۹۶۰)، اکووالانس ریک ( ) (Wricke, ۱۹۶۲)، واریانس پایداری ( ) شوکلا (Shukla, ۱۹۷۲)، ضریب تغییرات محیطی( ) فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kanenberg, ۱۹۷۸)، شاخص برتری لین و بینز (Lin and Binns, ۱۹۸۸). در روش شاخص برتری علاوه بر بررسی پایداری، عملکرد بالای هر ژنوتیپ نیز مد نظر می‌باشد همچنین این روش ژنوتیپ‌های پر محصول را پایدار می‌داند و بیشتر بر پایداری زراعی گرایش دارد. دهقانپور و همکاران (۱۳۸۶)، به منظور تعیین سازگاری و

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری عملکرد دانه هیبریدهای زودرس ذرت از روش‌های مختلفی از جمله ضریب تغییرات، پارامتر پایداری پلستید و پترسون، پارامتر پایداری پترسون، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس درون مکانی لین و بینز، روش‌های رگرسیونی ابرهارت و راسل و فینلی و ویلکینسون استفاده کردند و در نهایت با توجه به نتایج حاصل از روش‌های مختلف از میان ۱۰ هیبرید، دو هیبرید پایدار را به عنوان پایدارترین هیبریدها معرفی نمودند. آکورا و همکاران (Akura et al., ۲۰۰۶) به منظور آنالیز پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم از پارامترهای مختلفی از جمله ضریب رگرسیون، مجموع مربعات انحراف از خط رگرسیون ابرهارت و راسل، ضریب تشخیص، واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، واریانس محیطی، ضریب تغییرات و پارامترهای پایداری روش تای (Tai, ۱۹۷۱) استفاده کردند و در نهایت پنج ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی نمودند، که از بین آنها دو ژنوتیپ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها گزارش شدند. هدف از این تحقیق بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم در اقلیم گرم و خشک جنوب ایران بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۸ ژنوتیپ امید بخش گندم دوروم در مناطق خرم‌آباد، اهواز، داراب، دزفول و زابل به همراه رقم‌های کرخه و گندم نان تجاری به عنوان ارقام شاهد (جدول ۱و۲)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی(RCBD)، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۱۳۸۸-۱۳۸۶) کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات فنی و زراعی اجرای طرح در کلیه مناطق یکسان و مشابه بود. هر کرت شامل ۶ خط ۶ متری و به فاصله ۲۰ سانتیمتر (۷/۲ متر مربع) در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و فاروکشی بود و مقدار کود لازم بر اساس آزمون خاک و توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب هر منطقه به زمین داده شد. در مرحله پنجه‌دهی از دو علف کش پوماسوپر و گرانستار به همراه وجین دستی برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ استفاده شد. مقدار بذر مصرفی بر مبنای ۴۵۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد و نمو عملیات زراعی بطور مرتب انجام و یادداشت برداری لازم از صفات مورد نظر به عمل آمد. پس از انجام تجزیه واریانس ساده در هر سال و هر مکان، آزمون بارتلت به منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاها انجام شد. سپس با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر سال و مکان، تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن انجام گردید. به منظور بررسی انعطاف‌پذیری و پایداری ژنوتیپ‌ها، پارامترهای پایداری و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, ۱۹۶۶)، ضریب تشخیص پینتوس (Pinthus, ۱۹۷۳)، پارامتر پایداری ژنوتیپی هنسون (Hanson, ۱۹۷۰)، روش شاخص برتری هرناندز (Hernandez et al., ۱۹۹۳)، پارامتر پلستید و پترسون (Plaisted and Peterson, ۱۹۵۹) ، پارامتر پلستید (Plaisted, ۱۹۶۰)، شاخص برتری لین و بینز (Lin and Binns, ۱۹۸۸) و شاخص سازگاری هندسی ( ) مورد استفاده قرار گرفتند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و هواشناسی مکان‌های مورد مطالعه

Table 1. Meteorological and Geographical parameters for the studied locations

Location	مکان	ارتفاع(متر) Elevation (M)	میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر) Average of Annual Precipitation (MM)	میانگین دمای سالیانه(سانتیگراد) Average of Annual Temprature(C°) حداکثر Max	حداقل Min	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
Khoram abad	خرم آباد	1125	509	25.2	9.1	33.29	48.22
Ahvaz	اهواز	22.5	213.4	32.9	17.6	31.20	48.40
Dezful	دزفول	143	404.6	32.2	15.9	32.24	48.23
Zabol	زابل	489.2	61	29.5	14.6	31.20	61.29
Darab	داراب	1098.2	292.7	29.7	14.4	28.47	54.17

a: Source from Iran Meteorological Organization

a: منبع از سایت سازمان هواشناسی ایران

جدول ۲- شماره و شجره ژنوتیپ‌ها

Table 2. The pedigrees of studied genotypes

کد Code	شجره pedigree	کد Code	شجره pedigree
1	SRN_2//YAVAUS/HUI/3/DUSKY_10/4/..	11	SN TURK MI83-84 375/NIGRIS_5//TANTLO_1
2	SILVER/3/RUFF/FGO//YAV79/4/AJAIA/5/ ADAMAR/6/..	12	D86135/ACO89//PORRON_4/3/SN TURK MI83-84 375/…
3	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//..	13	INTER_16/3/SN TURK MI83-84 375/NIGRIS_5// TANTL..
4	DIPPER/LOTUS_5//ALTAR 84/3/SOOTY_9/..	14	CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SN TURK MI83-84 375/..
5	NUS/SULA//5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI// CIT71/CII	15	DUKEM_12/2*RASCON_21/3/SN TURK MI83-84 375/..
6	TARRO_1/TISOMA_2//TARRO_1/3/COMB DUCK_2/…	16	ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR 84/3/SN TURK MI83-84..
7	PLATA_1/SNM//PLATA_9/3/SN TURK MI83-84 375/..	17	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/ FICHE_6/4/MOJO/..
8	CADO/BOOMER_33	18	SILK_3/DIPPER_6/3/ACO89/ DUKEM_4//5*ACO89
9	LIRO_3/LOTAIL_6	19	Karkhe(Check1)
10	FOCHA_1/AJAIA/3/SN TURK MI83-84 375/…	20	Bread wheat (check 2)

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه مرکب اثر متقابل سال × مکان معنی‌دار شد، یعنی اینکه اثر سال‌ها بر روی مکان‌ها از سالی به سال دیگر تفاوت داشته است (جدول۳). اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار شد. معنی‌دار بودن اثر محیط بدین معنی است که محیط‌ها از نظر عملکرد ژنوتیپ‌ها با هم متفاوت می‌باشند. اختلاف معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد (جدول۳). اما با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت بوده و بنابراین شرط انجام تجزیه پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای معرفی ژنوتیپ‌های پایدار برقرار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل سه جانبه سال×مکان ×ژنوتیپ نیز نشان‌دهنده عکس العمل‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ ۱۶ با میانگین ۶/۱۸۶ تن در هکتار در گروه اول و ژنوتیپ ۱۹ (رقم کرخه) با میانگین عملکرد ۵/۴۰۱ تن در هکتار در گروه سوم و بقیه

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌ها در گروه دوم قرار می‌گیرند (جدول ۴). بر اساس نتایج بدست آمده با توجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، تجزیه واریانس معمولی قادر به توجیه پایداری ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد، لذا لازم است با استفاده از روش‌های آماری، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط تجزیه و بررسی شود تا بتوان ژنوتیپ‌های پایدار را معرفی کرد.

جدول ۳- تجزیه مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم در مکان‌های مورد مطالعه و برای دو سال

Table 3. Combined analysis for grain yield of durum wheat genotypes in studied locations and for two years

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares
Environment	**محیط**	9	116.499**
Year	سال	1	86.862 ns
Location	مکان	4	163.162 ns
Year × Location	سال × مکان	4	77.245**
Error 1	اشتباه آزمایشی ۱	20	0.891
Genotype	ژنوتیپ	19	0.896 ns
Genotype × Environment	**ژنوتیپ × محیط**	171	0.992**
Genotype × Year	ژنوتیپ × سال	19	0.921 ns
Genotype × Location	ژنوتیپ × مکان	76	1.019 ns
Genotype × Year ×Location	ژنوتیپ × سال × مکان	76	0.982 **
Error 2	اشتباه آزمایشی ۲	380	0.567
Cv% 12.986	ضریب تغییرات		

*، ** وns : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیر معنی دار

* , ** ns : Significant at 5% , 1% levels of probability and not significant, respectively

روش پایداری ابرهارت و راسل

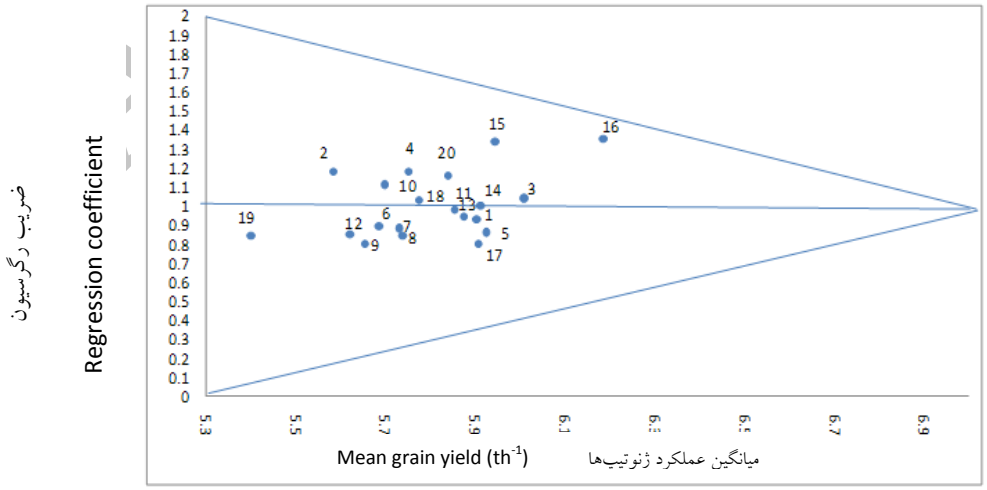
یکی از مرسوم‌ترین روش‌های آماری جهت تعیین پایداری و سازگاری ارقام، روش رگرسیونی ابرهارت و راسل می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده با استفاده از این روش، همه ژنوتیپ‌ها با اختصاص ضریب رگرسیون غیر معنی‌دار با یک، جزء ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی محسوب شدند. میانگین مربعات انحراف از رگرسیون نیز برای هیچ یک از ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده وضعیت یکسان ارقام در محیط‌های متفاوت است و عدم پراکندگی عملکرد ارقام را در اطراف خط رگرسیون نشان می‌دهد و به عبارتی تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها در طول تغییرات خطی با شاخص محیطی دارای نوسان نبوده است (جدول۴). در این روش برای انتخاب ارقام پایدار می‌بایست علاوه بر در نظر گرفتن ضریب رگرسیون (به عنوان پارامتر تیپ ۱)، به انحراف از خط رگرسیون (به عنوان پارامتر تیپ ۳) و میانگین عملکرد ارقام نیز توجه کرد. بر این اساس ژنوتیپ پایدار ژنوتیپی می‌باشد که ضریب رگرسیونی برابر با یک و میانگین مربعات انحرافات از رگرسیون صفر (حداقل) و میانگین عملکرد بالا داشته باشد. با توجه به معنی‌دار نشدن میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S^2_{di}) و ضریب رگرسیون (b_i) به خوبی نمی‌توان از این معیارها برای مشخص نمودن ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کرد، اما با توجه به عملکرد ژنوتیپ‌ها و ضرایب رگرسیونی، ژنوتیپ‌ها را می‌توان از نظر سازگاری عمومی ارزیابی نمود (عبداله نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین پراکنش ژنوتیپ‌ها برحسب میانگین و ضریب

Archive of SID

www.SID.ir

رگرسیون خطی که نشان‌دهنده سازگاری آنهاست ترسیم گردید (شکل ۱). بر اساس نمودار سازگاری مشخص می‌گردد که هیچ یک از ژنوتیپ‌ها واجد سازگاری خصوصی نیستند، بلکه واجد سازگاری عمومی مطلوب، متوسط و ضعیف بودند. با استفاده از نتایج بدست آمده ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۳، ۱۵، ۵، ۱۴، ۱۷، ۱، ۱۳، ۱۱ و ۲۰ به ترتیب میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل را به خود اختصاص دادند و همگی دارای ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون غیرمعنی‌دار بودند، از اینرو دارای سازگاری عمومی مطلوب هستند. اما در این بین، ژنوتیپ ۵ و۱۴ انحراف از خط رگرسیون پایینی را نشان دادند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها دارای پایداری بیشتری می‌باشد. لازم به ذکر است که این دو ژنوتیپ از ضریب تشخیص بالایی نیز برخوردار بودند (ژنوتیپ ۱۴ دارای ضریب رگرسیون برابر با یک و ژنوتیپ ۵ دارای کمترین مقدار انحراف از خط رگرسیون و بالاترین مقدار ضریب تشخیص می‌باشد). با توجه به نتایج روش ضریب تشخیص، ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۶ بالاترین میزان این آماره را دارا بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی گردیدند (جدول ۴). البته ضریب تشخیص به تنهایی نمی‌تواند معرف ژنوتیپ پایدار باشد، زیرا این روش فقط برازش مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد. لذا این آماره می‌بایست با توجه به مدل رگرسیونی توجیه شود.

مرتضویان و همکاران (۱۳۸۶)، در بررسی پایداری عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای از پارامترهای مختلفی از جمله پارامترهای روش ابرهات و راسل استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که معنی‌دار نبودن معیار ضریب رگرسیون، گویای آن است که ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل نمی‌تواند معیار مناسبی در تفکیک ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری ارقام باشد. لذا آنها با استفاده از نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب میانگین و ضریب رگرسیون، هیبریدها را تنها از نظر سازگاری عمومی مطلوب، متوسط و ضعیف ارزیابی کردند. عبداله نژاد و همکاران (۱۳۸۴)، در بررسی پایداری عملکرد در دورگ‌های جدید پنبه نیز به علت معنی‌دار نشدن میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S^2_{di}) و ضریب رگرسیون (b_i) بیان داشتند که نمی‌توان از این معیارها برای مشخص کردن ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمود. اما آنها با توجه به عملکرد و ضرایب رگرسیونی ژنوتیپ های با سازگاری عمومی خوب را شناسایی کردند. نتایج این تحقیق نیز در راستای یافته‌های فوق می‌باشد.



شکل ۱- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب میانگین عملکرد آنها و ضریب رگرسیون

Fig 1. Scatter plot of genotypes based on mean yield and regression coefficient

www.SID.ir

پارامتر مرکب پایداری هنسون

آماره پایداری ژنوتیپی هنسون (Hanson, 1970) مبتنی بر رگرسیون بوده و از ترکیب سهم هر ژنوتیپ در واریانس اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و نحوه واکنش آن به تغییرات محیطی (ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل) بدست می‌آید. در این روش هر چه مقادیر D_i یک ژنوتیپ کمتر باشد پایداری آن ژنوتیپ بیشتر است به شرط اینکه عملکرد ژنوتیپ از میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها کمتر نباشد (چوکان، ۱۳۸۶). بر اساس این پارامتر پایداری (D_i)، ژنوتیپ‌های ۹، ۷، ۱۰ و ۱۹ به ترتیب، اگرچه کمترین میزان D_i را به خود اختصاص دادند، اما به علت پایین بودن عملکرد آنها (کمتر از میانگین کل) گزینش نمی‌شوند. بنابراین دو ژنوتیپ ۱ و ۱۳ با داشتن D_i پایین و عملکرد بالاتر از میانگین کل به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار بر مبنای این روش تعیین می‌شوند.

روش شاخص برتری (DI)

بر اساس این روش که توسط هرناندز و همکاران (Hernandez et al., ۱۹۹۳) معرفی گردید، ژنوتیپ‌هایی پایدار معرفی می‌شوند که شاخص برتری (DI) بالایی داشته باشند. در این روش علاوه بر روش رگرسیون از عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز برای معرفی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده می‌شود. بنابراین با توجه به این شاخص ژنوتیپ‌های ۱۶، ۳، ۵، ۱۷، ۱ و ۱۴ به ترتیب با اختصاص بالاترین مقادیر DI به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی می‌گردند. دو ژنوتیپ ۲و۱۹ (رقم کرخه) در این روش جزء ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها تعیین گردیدند.

روش شاخص برتری لین و بینز (S_i)

اگرچه تجزیه رگرسیونی روش بسیار مفیدی برای پی بردن به سازگاری ارقام است، اما همه داده‌ها فاقد برازش با مدل خطی هستند. حتی اگر داده‌ها با مدل خطی سازگار باشند، اما مدل خطی نمی‌تواند تفاوت‌های دقیق را کشف نماید (فرشادفر، ۱۳۷۷). لین و بینز (Lin and Binns, 1988) روش شاخص برتری را ارائه نمودند، که در آن علاوه بر بررسی پایداری، عملکرد بالای هر ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شود. در این روش مدل خاصی برای تعیین ژنوتیپ پایدار معرفی نمی‌شود بلکه هر ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ برتر آن محیط سنجیده می‌شود. بر اساس نتایج شاخص برتری لین و بینز ژنوتیپ‌های ۱۶، ۳، ۵ و ۱۴ به ترتیب کمترین میزان S_i را به خود اختصاص دادند، لذا به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۹ (رقم کرخه)، ۱۲، ۲ و ۸ به ترتیب با داشتن بالاترین میزان S_i به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

نظر به اینکه مقدار S_i بر روی همه مناطق محاسبه می‌گردد، لذا نشان‌دهنده سازگاری عمومی می‌باشد، مشکلی که در پارامتر مذکور وجود دارد آن است که اگر ژنوتیپی دارای S_i بالا باشد (یعنی دارای سازگاری خصوصی خوبی باشد) ممکن است با استفاده از این روش حذف شود. لذا به منظور جلوگیری از این مطلب بین هر واریته و ماکزیمم عملکرد منطقه یک میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط جفتی (PEG_i) مورد محاسبه قرار گرفت که نشان‌دهنده کفایت شاخص برتری می‌باشد. اگر مقدار PEG_i کوچک باشد، مقدار S_i معیار برتری خوبی خواهد بود، در این تحقیق ژنوتیپ‌های ۱۶، ۵، ۷ و ۴ به ترتیب دارای کمترین میزان مقدار PEG_i بودند، که از بین آنها ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۵ کمترین میزان شاخص برتری (S_i) را نشان دادند و بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار محسوب می‌گردند. اسکاپیم و همکاران (Scapim *et al.*, 2000) نشان دادند که شاخص برتری لین و بینز با انحراف از شیب خط رگرسیون ابرهارت و راسل همبستگی معنی‌دار منفی دارد ولی با شیب خط رگرسیون رابطه خاصی ندارد.

روش‌های پلستید و پترسون (θ_i) و پلستید ($\theta_{(i)}$)

آماره‌های پلستید و پترسون (θ_i) و پلستید ($\theta_{(i)}$) بیانگر نوع دوم پایداری لین و همکاران (Lin *et al.*, 1986) میباشند. بر اساس نتایج بدست آمده در روش پلستید و پترسون (θ_i)،

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های ۵، ۷، ۱۹ (رقم کرخه) و ۱۴ کمترین میزان θ_i را به خود اختصاص دادند، اما در بین آنها ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۴ به علت داشتن عملکرد بالاتر از میانگین کل به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. همچنین بر اساس روش پلستید ($\theta_{(i)}$) ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۴ با داشتن مقادیر بالای $\theta_{(i)}$ (سهم کمتر در اثر متقابل) و عملکرد بالاتر از میانگین، پایداری مطلوبی را نشان دادند. شاه محمدی و همکاران (۱۳۸۴) در تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های جو اظهار داشتند آماره پلستید و پترسون، پلستید، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک بر اثر متقابل ژنوتیپ×محیط تاکید داشته و ارقامی را پایدار معرفی می‌نمایند که سهم کمتری از اثر متقابل را داشته باشند. همچنین محب الدینی و همکاران (Mohebodini *et al.*, 2006) در مقایسه روش‌های مختلف پایداری بیان داشتند آماره پلستید و پترسون، پلستید، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک در برآورد اثر متقابل کاملا مشابه عمل می‌کنند و ژنوتیپ‌های مشابهی را پایدار معرفی می‌نمایند.

شاخص سازگاری هندسی (GAI)

شاخص سازگاری هندسی (GAI) مبتنی بر میانگین هندسی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بر اساس این پارامتر ژنوتیپ‌هایی که GAI بالایی داشته باشند، مطلوب خواهند بود. بنابراین ژنوتیپ‌های ۱۶، ۳، ۵، ۱۴، ۱۷ و ۱ به ترتیب با داشتن بالاترین مقدارGAI به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر این معیار شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۹ (رقم کرخه)، ۲ و ۱۰ با داشتن مقادیر پایینGAI بر مبنای این پارامتر، به عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب شناخته شدند.

محمدی و امری (Mohammadi and Amri, 2008) به منظور مقایسه روش‌های مختلف پایداری و همچنین تعیین پایداری و سازگاری ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم در ۱۲ محیط مختلف اظهار داشتند که شاخص سازگاری هندسی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد و شاخص برتری (S_i) لین و بینز دارد. همچنین این پارامتر با پارامترهای واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی و اکووالانس ریک همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد. با استفاده از نمودار بای‌پلات شاخص سازگاری هندسی، شاخص برتری لین و بینز و همچنین میانگین عملکرد در یک گروه قرار گرفتند و مشخص شد این پارامترها دارای مفهوم دینامیک پایداری هستند و بر اساس مفهوم دینامیک سه ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. این نتایج با نتایج بدست آمده در تحقیق ما نیز مطابقت داشت، به بیان دیگر شاخص برتری لین و بینز و همچنین شاخص سازگاری هندسی در این تحقیق از ماهیت دینامیک برخوردار بودند و منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شدند. لازم به ذکر است که شاخص برتری هرناندز (DI) نیز ژنوتیپ‌های پر محصول را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی نمود.

نتیجه گیری کلی

بطور کلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق اگرچه روش‌های مختلف، ژنوتیپ‌های مختلفی را از نظر پایدار معرفی نمودند، اما علی رغم وجود این تفاوت‌ها ژنوتیپ‌های 3(/AJAIA_12 F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//..)،5(NUS/ SULA//5*NU/4/SULA...)،14 (CNDOPRIMADUR// ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR) و 16 (...-HAI 84/3/SN TURK MI83-84..) به ترتیب با میانگین عملکردهای ۶/۰۰۹، ۵/۹۲۶، ۵/۹۱۲ و ۶/۱۸۶ تن در هکتار در اکثر روش‌های مختلف استفاده شده، از پایداری و سازگاری عمومی مناسبی برخوردار بودند. همچنین ژنوتیپ‌های 1(../SRN_2//YAVAUS/HUI/3/DUSKY_10/4) و 17(MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/ ../FICHE_6/4/MOJO) به ترتیب با متوسط عملکرد ۵/۹۰۳ و ۵/۹۰۷ تن درهکتار پس از ژنوتیپ‌های فوق قابل توصیه برای اقلیم گرم و خشک کشور می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین و پارامترهای پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد مطالعه

Table 4. Mean comparison and different stability parameters for grain yield of studied durum wheat genotypes

ژنوتیپ	M	b_i	S^2_{di}	R^2_i	D_i	D	S_i	PEG_i	θ_i	$\theta_{(i)}$	GAI
1	5.903ab	0.93^{ns}	0.08^{ns}	0.883	4.104	5.689	0.523	0.176	0.306	0.330	5.701
2	5.586ab	1.18^{ns}	0.22^{ns}	0.849	5.067	5.365	0.929	0.270	0.368	0.323	5.380
3	6.009ab	1.04^{ns}	0.09^{ns}	0.847	4.936	5.815	0.417	0.153	0.327	0.327	5.844
4	5.751ab	1.18^{ns}	0.04^{ns}	0.928	4.678	5.520	0.591	0.095	0.271	0.334	5.533
5	5.926ab	0.86^{ns}	0.02^{ns}	0.973	4.194	5.744	0.417	0.080	0.203	0.341	5.802
6	5.687ab	0.89^{ns}	0.17^{ns}	0.862	4.188	5.484	0.733	0.178	0.318	0.328	5.505
7	5.732ab	0.88^{ns}	0.04^{ns}	0.948	3.874	5.526	0.599	0.082	0.218	0.339	5.547
8	5.739ab	0.84^{ns}	0.41^{ns}	0.727	4.408	5.536	0.926	0.453	0.523	0.306	5.530
9	5.654ab	0.8^{ns}	0.17^{ns}	0.869	3.721	5.445	0.850	0.269	0.318	0.328	5.444
10	5.700ab	1.11^{ns}	0.09^{ns}	0.939	3.852	5.439	0.735	0.195	0.327	0.327	5.421
11	5.855ab	0.98^{ns}	0.29^{ns}	0.848	4.669	5.659	0.644	0.264	0.328	0.327	5.689
12	5.622ab	0.85^{ns}	0.36^{ns}	0.821	4.315	5.431	0.952	0.342	0.356	0.324	5.454
13	5.875ab	0.94^{ns}	0.06^{ns}	0.874	4.173	5.661	0.565	0.196	0.317	0.329	5.680
14	5.912ab	1^{ns}	0.05^{ns}	0.896	4.742	5.722	0.491	0.149	0.270	0.334	5.770
15	5.945ab	1.34^{ns}	0.34^{ns}	0.872	5.224	5.698	0.524	0.216	0.402	0.319	5.685
16	6.187a	1.35^{ns}	0.07^{ns}	0.966	4.622	5.920	0.233	0.078	0.296	0.331	5.927
17	5.907ab	0.8^{ns}	0.11^{ns}	0.857	4.190	5.726	0.501	0.155	0.310	0.329	5.762
18	5.777ab	1.03^{ns}	0.03^{ns}	0.889	4.673	5.574	0.590	0.122	0.283	0.332	5.592
19	5.401b	0.84^{ns}	0.06^{ns}	0.921	4.055	5.211	1.099	0.200	0.245	0.336	5.242
20	5.841ab	1.16^{ns}	0.58^{ns}	0.670	5.852	5.649	0.693	0.304	0.595	0.298	5.644

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

M: میانگین عملکرد دانه Mrean grain yeild، b_i: ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل Eberhart and Russell' coefficient of regression، S^2_{di}: انحراف از رگرسیون Deviation from regression، R^2_i: ضریب تشخیص Coefficient of determination، D_i: پایداری ژنوتیپی هانسون Hanson's genotypic stability، D: شاخص برتری هرناندز Hernandez superiority index، S_i: شاخص برتری لین و بینز Lin and Binns superiority index، PEG_i: میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط جفتی Pairwise genotype environment interaction، θ_i: روش پلستید و پترسون Plaisted and Peterson، $\theta_{(i)}$: روش پترسون Peterson و GAI شاخص سازگاری هندسی Geometric adaptability index.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع References

چوکان، ر. ۱۳۸۶. روش های تجزیه ژنتیکی صفات کمی در اصلاح نباتات. نشر آموزش کشاورزی. ۲۷۰ صفحه.

دهقانپور، ز.، ر. کریمی‌زاده، ح. دهقانی و ن. صباغ‌نیا. ۱۳۸۶. تعیین سازگاری و پایداری عملکرد دانه هیبریدهای زودرس خارجی ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱-۳۸ (۲): ۲۵۷-۲۴۹.

شاه‌محمدی، م.، ح. دهقانی و ا. یوسفی. ۱۳۸۴. تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های جو در آزمایش‌ها یکنواخت سراسری منطقه سرد. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۹ (۱): ۱۵۵-۱۴۳.

عبداله نژاد.، ک. ع. عالیشاه و س. سیرانی. ۱۳۸۴. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری عملکرد در دورگ های جدید پنبه از طریق روش های پارامتری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴) : ۷۹-۷۱.

فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد دوم. انتشارات طاق بستان. ۳۹۶ صفحه.

گل آبادی، م.، و ا. ارزانی. ۱۳۸۲. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه عامل‌ها برای ویژگی‌های زراعی در گندم دوروم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۱): ۱۲۶-۱۱۵.

مرتضویان، م.، م. ر. بی‌همتا، ع. ع. زالی، ع. طالعی و ر. چوکان. ۱۳۸۶. مطالعه پایداری عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای با استفاده از آماره‌های مختلف پایداری. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱-۳۸ (۲): ۲۴۷-۲۳۷.

Abaye, A. O., D. E. Brann, M. M. Alley, and C. A. Griffey. 1997. Winter durum wheat: Do we have all the answer? Crop Soil Environ. Sci. 424- 802.

Anonymous, 2009. Office of Global Analysis, Global Durum Area, Production and Yield.USDA.

Akcura, M ., Y. Kaya, S. Taner, and R. Ayranici. 2006. Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. Plant soil envir. 52(6):254-262

Björnsson, J., 2002. Stability analysis towards Understanding genotype x environment Interaction. Plant agriculture department of university of Guelph, Ontorio, Canada, www.genfys.slue.se/staff/deg/nova 02 (Accessed on 10 Nov 2004)

Eberhart, S. A., and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci 6: 36-40.

Fabriani, G., and C. Lintas. 1988. Durum wheat: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. Inc. pp. 216.

Finlay, K. W., and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.

Francis, T. R., and L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize 1. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci 58: 1029–1034.

Hanson, W. D., 1970. Genotypic stability. Theo. Appl. Genet. 40: 226-231.

Hernandez, C. M., J. Crossa, and A. Castillo. 1993. The area under the function: an index for selecting desirable genotypes. Theor. Appl. Genet. 87:409-415.

Archive of SID

www.SID.ir