Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۳۱۳-۲۹۹)

بررسی پایداری عملکرد غلهٔ جدید تریتی‌پایرم اولیه در مقایسه با تریتیکاله و گندم نان با روش امی

سارا فرخ‌زاده[۱]، قاسم محمدی‌نژاد[۲] و حسین شاهسوندحسنی[۳*]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و مدرس دانشگاه پیام نور فارس، مرکز داراب

۲. دانشیار اصلاح نباتات، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی و قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳. دانشیار اصلاح نباتات، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز و عضو قطب علمی تنش‌های محیطی غلات

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰)

چکیده

در این بررسی پایداری عملکرد دانهٔ هفده ژن‌نمون (ژنوتیپ) شامل هشت رگهٔ (لاین) غلهٔ جدید تریتی‌پایرم، پنج رگهٔ امیدبخش تریتیکاله و چهار رقم گندم نان در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هفت محیط طی سال‌های زراعی ۸۰-۱۳۸۱، ۸۱-۱۳۸۲، ۸۴-۱۳۸۵ و ۸۸-۱۳۸۹ با روش امی بررسی شد. نتایج تجزیهٔ اثرگذاری‌های افزایشی جمع‌پذیر و اثرگذاری‌های متقابل ضرب‌پذیر نشان داد که اثرگذاری‌های اصلی محیط و اثر متقابل ژن‌نمون در محیط بسیار معنی‌دار بود به‌طوری‌که ۸۹/۴۹ درصد از مجموع مربعات آن توسط سه مؤلفهٔ اصلی اول اثر متقابل (IPCI) تبیین شد. نتایج بای‌پلات اجزای ژن‌نمونی و محیطی اولین، دومین و سومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل و میانگین‌های عملکرد ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها، آماره‌های پایداری $SIPC_3$ و EV_3 در مدل AMMI3 و تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی نشان داد که ارقام زراعی گندم نان واکنش ناپایداری تا پایداری ضعیف و دو رگهٔ تریتیکاله ۴۱۱۵ و ۴۱۰۸ و رقم گندم کویر دارای سازگاری خصوصی با محیط ششم (کرمان) بودند ولی رگه‌های غلهٔ جدید تریتی‌پایرم پایدارترین واکنش را در محیط‌های مختلف داشتند و رگهٔ ترکیبی اولیه {(Ka/b)(Cr/b)-6} سازگاری خصوصی به منطقهٔ نی‌ریز نشان داد. رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-5 با عملکرد بیش از میانگین و سازگاری عمومی مطلوب بهترین ژن‌نمون شناخته شد که می‌تواند به‌عنوان رگهٔ مرتعی تولید علوفه و دانه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژن‌نمون و محیط، الگوی واکنش ژن‌نمونی، تجزیهٔ امی.

مقدمه

بروز صفات کمی، ناشی از تأثیر عامل‌های ژنتیکی، محیطی و اثر متقابل آنها است (Allard & Bradshaw, 1964; Hussein *et al*., 2000) که این اثر متقابل ناشی از واکنش متفاوت ژن‌نمون‌ها به تغییرات محیطی است (Vargas *et al*., 2001). وجود اثر متقابل موجب

* تلفن: ۰۹۱۳۱۴۱۵۴۴۸
E-mail: shahsavand@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیده شدن ارزیابی ژن‌نمون‌ها، کاهش وراثت‌پذیری صفات و بازده ناشی از گزینش می‌شود. در صورت معنی‌دار شدن اثر متقابل ژن‌نمون و محیط، برای شناسایی رقم برتر باید از آماره‌های پایداری استفاده کرد. روش‌های آماری چندمتغیره به سبب توصیف اثر متقابل ژن‌نمون با محیط در مدل‌های چندبعدی نسبت به روش‌های معمول یک‌متغیره کارآمدترند (Najafian *et al.*, 2010). از روش‌های چندمتغیره مانند Lin (1982) از تجزیهٔ خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها از حیث پایداری و Perkinz (1972) از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور شناخت ماهیت اثر متقابل ژن‌نمون در محیط بهره گرفته‌اند. همچنین از تجزیهٔ عامل‌ها و تجزیهٔ الگوی[1] واکنش ژن‌نمونی برای طبقه‌بندی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها از نظر اثر متقابل آنها با محیط‌ها استفاده شده است (Tai, 1979). روش‌های آماری بسیاری از جمله تجزیهٔ رگرسیون، تجزیهٔ واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ارزیابی سازگاری ارقام در محیط‌های مختلف و برآورد اثرهای اصلی ژن‌نمون و محیط و اثر متقابل آنها ارائه شده‌اند. شاید بتوان گفت روش تجزیهٔ رگرسیون میانگین ژن‌نمون‌ها روی ارزش‌های محیطی معمول‌ترین روش در تجزیهٔ پایداری است که توسط Yates and Cochran (1938)، Finlay & Wilkinson (1963) و Eberhart & Russell (1966) معرفی و استفاده شده است. با این حال در بسیاری از موارد برخی از فرضیه‌های اساسی این روش‌ها صادق نیستند، که از این بین می‌توان به واکنش غیرخطی ژن‌نمون‌ها به محیط‌ها، اختلاط اثرهای متقابل یا اثرهای اصلی ژن‌نمون و محیط و سرانجام وابستگی متغیر مستقل یا شاخص محیطی به متغیر تابع (میانگین ژن‌نمون‌ها) اشاره کرد (Basford & Cooper, 1998). در روش تجزیهٔ واریانس با مدل جمع‌پذیر برای اثر اصلی ژن‌نمون و محیط نقش ساختاری ژن‌نمون‌ها یا محیط‌ها در اثر متقابل روشن نمی‌شود. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز در بررسی اثر متقابل ژن‌نمون و محیط استفاده شده است. اشکال عمدهٔ این روش اختلاط اثرگذاری‌های اصلی جمع‌پذیر ژن‌نمون و محیط با اثر متقابل ضرب‌پذیر ژن‌نمون با محیط است (Zobel & Gauch, 1996).

Kempton (1984) و Zobel & Gauch (1996) برای بهره‌گیری از هر دو مدل جمع‌پذیر (تجزیهٔ واریانس) و ضرب‌پذیر (مؤلفه‌های اصلی) در ارزیابی پایداری ارقام روش امی یا مدل توام اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر را ارائه کردند. در واقع چنانچه در این روش تنها از مدل جمع‌پذیر استفاده شود تنها تجزیهٔ واریانس معمول انجام شده است. در دیگر موارد می‌توان یک یا چند مؤلفهٔ اصلی را به مدل اضافه کرد که در این صورت از نمادهای AMMI1, ..., AMMIN استفاده می‌شود. مدل امی ابزاری بسیار قوی در تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژن‌نمون در محیط است، زیرا با نقطه‌یابی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها بر روی بای‌پلات[2] می‌توان با استفاده از این فضای مختصاتی موقعیت ژن‌نمون‌ها را نسبت به یکدیگر و محیط‌های مورد بررسی شناسایی کرد (Zobel *et al.*, 1988; Karimzadeh *et al.*, 2008). در مدل‌های تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی به‌طور هم‌زمان از روش‌های دسته‌بندی مانند تجزیهٔ خوشه‌ای و روش‌های بردارایابی و مقیاس‌یابی مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه به عامل‌ها برای نشان دادن بیشینهٔ تغییرات ماتریس ژن‌نمون در محیط استفاده و درصد زیادی از تغییرات چندبعدی در ابعاد کمتری برای تفسیر سادهٔ اثرهای متقابل نشان داده می‌شود. اگر در مواردی درصد کمی از اثر متقابل به‌وسیلهٔ مؤلفه‌های اصلی تبیین شود دقت برآوردها افزایش یافته و ارائهٔ شکل روشن از اثر متقابل میسر می‌شود (Crossa *et al.*, 1990). علت استفادهٔ گسترده از روش امی توجیه بخش بزرگی از مجموع مربعات اثرهای متقابل و جداسازی اثرگذاری‌های اصلی و اثرگذاری‌های متقابل از یکدیگر است (Ebdon & Gauch, 2002). همچنین از نتایج به‌دست‌آمده از این روش برای پایه‌ریزی در برنامه‌های اصلاحی چون سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب استفاده می‌شود (Guach & Zobel, 1997). Tarakanovas & Ruzgas (2006) نیز روش امی را به‌عنوان یک روش

1. Pattern analysis

2. Biplot

www.SID.ir

Archive of SID

مؤثر برای بررسی اثر متقابل ژن‌نمون و محیط معرفی و بیان کردند که نتایج بای‌پلات حاصل از آن می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مختلف و یا شرایط محیطی خاص مشخص سازد. بنابر نظر Guach & Zobel (1997)، Yan & Hunt (2001) و Akcura *et al.* (2005) داشتن دو مؤلفهٔ اول معنی‌دار در مدل امی بهترین حالت برای بررسی اثر متقابل ژن‌نمون و محیط است. Rharrabti *et al.* (2003) در بررسی ده ژن‌نمون گندم دوروم در ده آزمایش مزرعه‌ای طی دو فصل زراعی (۱۹۹۸ و ۱۹۹۹) در شمال و جنوب اسپانیا با استفاده از روش‌های تجزیهٔ رگرسیون خطی فینلی و ویلکینسون و تجزیهٔ امی نشان دادند که تجزیهٔ رگرسیون خطی کارا نبود و نقص‌هایی در نشان دادن الگوهای اثر متقابل به همراه داشت و بخش کوچکی از مجموع مربعات اثر متقابل را توضیح داد که علت آن را اختلاط اثر متقابل و اثرگذاری‌های اصلی در روش رگرسیونی و ناتوانی در پیش‌بینی پاسخ ژن‌نمونی غیرخطی به محیط‌ها دانست، درحالی‌که کارآمدی مدل امی در تشریح الگوهای اثر متقابل محرز شد.

Aghaee-Sarbarzeh *et al.* (2007, 2012) و Nikkhah *et al.* (2007) از روش امی در تعیین ژن‌نمون‌های پایدار با سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف استفاده کرده‌اند. Mohammadi *et al.* (2011) در تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی گندم دوروم اثر متقابل معنی‌داری را برای چهار مؤلفهٔ اصلی اول گزارش کردند و به‌طور میانگین ۶۵ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل توسط دو مؤلفهٔ اصلی بیان شد.

غلهٔ جدید تریتی‌پایرم در دههٔ ۱۹۹۰ از تلاقی گندم زراعی چهارلاد (تتراپلوئید) یا شش‌لاد (هگزاپلوئید) با گونهٔ دولاد (دیپلوئید) وحشی علف شور ساحل (*Thinopyrum bessarabicum*, 2n=2x=14, E^bE^b) در دو سطح پلوئیدی شش‌لاد و اکتاپلوئید برای رویارویی با تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی و شوری ایجاد شده است. امروزه نوع شش‌لاد آن توانسته است قابلیت (پتانسیل) ظهور به‌عنوان یک غلهٔ جدید را داشته باشد چون رگه‌های ایجادشده دارای همهٔ ژنگان (ژنوم‌های) والدین هستند واژهٔ اولیه بر آنها اطلاق شده است تا در برابر ثانویه که همهٔ ژنگان والدین را دارا نیستند متفاوت باشند (Shahsevand Hassani & Soltaninejad, 2006). رگه‌های اولیهٔ تریتی‌پایرم شش‌لاد (AABBE^{b}E^b, 2n=6x=42) تحمل به شوری قابل توجهی به نمک کلری سدیم نشان می‌دهند، اما دارای شکنندگی محور سنبله، دیررسی و اندکی ناپایداری کروموزومی در تقسیم میوز مانند تریتیکاله‌های اولیه هستند.

همان‌گونه که با انواع روش‌های اصلاحی صفات نامطلوب زراعی تریتیکاله برطرف شده است، اصلاح تریتی‌پایرم اولیه و حذف صفات نامطوب زراعی آن نیز دور از انتظار نیست (Shahsavand Hassani *et al.*, 2003). اثر متقابل بین ژن‌نمون و محیط در فرآیند آزادسازی رگه‌های جدید دارای اهمیت است، به‌طوری‌که ارزیابی رگه‌های جدید در آزمایش‌های یکنواخت به‌منظور شناسایی درجهٔ سازگاری آنها به شرایط متفاوت محیطی مهم است (Jarrah & Geng, 1997). در راستای معرفی رگه‌های جدید، بررسی و شناخت اثر متقابل ژن‌نمون در محیط با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور اهمیت زیادی دارد. اثر متقابل ژن‌نمون در محیط می‌تواند شرایطی را در گزینش ژن‌نمون‌های دارای اثر متقابل مثبت با مکان و شرایط محیطی معمول آن منطقه (بهره‌وری از سازگاری خصوصی) یا ژن‌نمون‌های با تغییرات کم عملکرد (بهره‌وری از پایداری عملکرد) به‌وجود بیاورد (Annicchiarico, 2002). بدون بررسی و شناخت اثر متقابل ژن‌نمون در محیط نتیجه‌گیری از آزمایش‌های به‌زراعی و به‌نژادی اعتبار چندانی ندارد، زیرا واکنش ژن‌نمون‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت است (Gauch, 1992). با توجه به اینکه غلهٔ تریتی‌پایرم در ایران تازه وارد تحقیقات شده است و در شرایط نامساعد محیطی توان رقابت با گندم و تریتیکاله را دارد، بنابراین در این پژوهش هدف، بررسی تجزیهٔ اثر متقابل ژن‌نمون و محیط برای عملکرد دانهٔ رگه‌های اولیهٔ غلهٔ جدید تریتی‌پایرم در مقایسه با ارقام گندم نان ایرانی و رگه‌های امیدبخش تریتیکاله برای نخستین بار در ایران در جهت ارزیابی پایداری این رگه‌های جدید و شناسایی ژن‌نمون‌های گندم تریتی‌پایرم با سازگاری خصوصی به نواحی جنوب ایران است.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

هفده ژن‌نمون ناجورلاد، شش‌لاد (آمفی‌پلوئید، هگزاپلوئید) شامل هشت رگهٔ اولیه و ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم، پنج رگهٔ جدید تریتیکاله و چهار رقم گندم نان ایرانی.

روش‌ها

هفده ژن‌نمون (جدول ۴) در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و با واحدهای آزمایشی ۶ مترمربع شامل چهار ردیف کاشت به طول ۳ متر و فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متری در هفت محیط جداگانه (جدول ۱) در مناطق کرمان، سیرجان و نی‌ریز فارس در سال‌های زراعی ۸۰-۱۳۸۱، ۸۱-۱۳۸۲، ۸۴-۱۳۸۵ و ۸۸-۱۳۸۹ کاشته شدند. در طول دورهٔ رشد آبیاری، کنترل علف‌های هرز، حذف بوته‌های نابه‌جا و دیگر نظارت‌های به‌زراعی لازم صورت گرفت. عملکرد دانه در ۱ مترمربع از هر واحد آزمایش (با حذف بخشی از حاشیه برای هر کرت) بر حسب تن در هکتار اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ واریانس مرکب صفت عملکرد (جدول ۲) با نرم‌افزار SAS انجام و سپس با استفاده از مدل امی اثرهای متقابل ژن‌نمون در محیط تجزیه و تفسیر شدند (جدول‌های ۳ تا ۸). در مدل امی (Zobel *et al.*, 1988):

$$Y_{ijK} = \mu + g_i + e_j + \sum_{n=1}^{N} \delta_n \zeta_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

مقادیر Y_{ijk} عملکرد ژن‌نمون i در محیط j و در تکرار k، μ میانگین کل، g_i اثر اصلی ژن‌نمون i (اختلاف میانگین ژن‌نمون i از میانگین ژن‌نمون‌ها)، e_j اثر اصلی محیط j (اختلاف میانگین محیط j از میانگین محیط‌ها)، δ_n مقدار منفرد[1] مربوط به n امین مؤلفهٔ اصلی باقی‌مانده در مدل که برابر با جذر ریشهٔ مشخصهٔ مربوط به همان مؤلفهٔ اصلی است، N شمار مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (I.P.C.) در مدل امی است که برابر با $(N \le \min(g-1),(e-1))$ است. بالاخره ζ_{in} بردار مشخصه برای iامین ژن‌نمون از n امین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPC)، η_{jn} بردار مشخصهٔ jامین محیط از n امین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPC)، θ_{ij} مقدار باقی‌مانده (نویز) و ε_{ijk} عبارت مربوط به خطاست.

در تجزیهٔ واریانس مدل امی درجهٔ آزادی مؤلفهٔ اصلی kام اثر متقابل از رابطهٔ (g-1) + (e-1) - (2k-1) یا g+e-1-2k به‌دست می‌آید، که در آن g شمار ژن‌نمون‌ها، e شمار محیط‌ها و k شمارهٔ مؤلفهٔ اصلی است (Zobel *et al.*, 1988). همچنین دو آمارهٔ SIPC و EV از مدل امی که به‌ترتیب به‌صورت $SIPC = \sum_{n=1}^{N} \left|\lambda^{.5}\zeta_{in}\right|$ و $Ev = \sum_{n=1}^{N} \zeta_{in}^2$ محاسبه می‌شوند، به‌منظور ارزیابی پایداری ژن‌نمون‌ها استفاده شدند (جدول ۸). در مدل امی، مقادیر مؤلفه‌های اصلی مربوط به ژن‌نمون‌ها با $\sqrt{\lambda_{in}\zeta_{in}}$ و مقادیر مؤلفه‌های اصلی مربوط به محیط‌ها با $\sqrt{\lambda_{jn}\eta_{jn}}$ نشان داده می‌شود، که λ_n ریشهٔ مشخصهٔ مربوط به n امین مؤلفهٔ اصلی و ζ_{in} و η_{jn} بردارهای ویژهٔ ژن‌نمونی و محیطی هستند. عناصر موجود در بردارهای مشخصهٔ ζ_{in} و η_{jn} مشخصهٔ (پارامتر)های اثر متقابل هستند. در مدل امی در حقیقت تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یا تجزیه به مقادیر منفرد به جای اینکه بر روی داده‌های خام اولیه انجام شود، روی انحرافات ناشی از اثرگذاری‌های جمع‌پذیر انجام می‌شود. از نمایش نگاره‌ای (گرافیکی) ماتریس‌ها به‌وسیلهٔ بای‌پلات (Kempton, 1984)، به‌منظور تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از یک مدل ضرب‌پذیر استفاده شد. در این بای‌پلات ردیف‌ها و ستون‌های ماتریس مشاهده‌ها به‌وسیلهٔ بردارها در فضای دوبعدی نمایش داده شدند. در این شکل، ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها بر روی بای‌پلات نقطه‌یابی و نمایش داده شدند (شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶). این کار موجب ساده شدن استنباط در مورد اثر متقابل ویژهٔ ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها می‌شود. این استنباط‌ها با توجه به بزرگی و نیز علامت مقادیر مؤلفه‌های اصلی انجام می‌شود. در ترسیم بای‌پلات برای نخستین مؤلفهٔ اصلی، محور افقی مربوط به میانگین اثر اصلی (عملکرد) ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها و محور عمودی مربوط به مقادیر اولین مؤلفهٔ اصلی ژن‌نمون‌ها و محیط‌هاست (شکل ۱). ژن‌نمون‌ها یا محیط‌هایی که به‌تقریب بر روی یک خط عمودی قرار می‌گیرند، دارای میانگین (اثر اصلی) مشابه هستند و ژن‌نمون‌ها یا محیط‌هایی که به‌تقریب بر روی یک خط افقی واقع می‌شوند، دارای الگوهای اثر متقابل همانند خواهند بود. هر ژن‌نمون که دارای مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل نزدیک به صفر باشد، دارای سازگاری عمومی به

1. Singular value

www.SID.ir

Archive of SID

محیط‌های آزمایش است. یعنی این ژن‌نمون دارای اثر متقابل کم و جزئی است. ژن‌نمون‌ها یا محیط‌های دارای مقادیر مؤلفه‌های اصلی بزرگ (مثبت یا منفی)، دارای اثر متقابل بزرگ هستند و سازگاری خصوصی را نشان می‌دهند. همچنین تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها بر مبنای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و آماره‌های پایداری مدل با روش وارد و براساس ماتریس ناهمانندی مربع اقلیدسی صورت گرفت. در نهایت تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی بر مبنای مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و آماره‌های پایداری مدل AMMI2 انجام شد (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). در تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی براساس دو مؤلفهٔ اول (شکل۶) توجه به زاویهٔ بین بردارهای محیطی در تفسیر همانندی‌های محیطی ارزشمند است. زاویهٔ قائم بین دو بردار محیطی بیان‌گر نبود همبستگی در ایجاد اثر متقابل و زاویهٔ منفرجه بین دو بردار محیطی بیان‌گر همبستگی منفی دو محیط از لحاظ ایجاد اثر متقابل است (Chapman *et al*., 1997). محاسبات آماری با نرم‌افزارهای SAS، EXCEL و MATLAB انجام شد.

جدول ۱. انواع آزمایش‌های انجام شده در مناطق کرمان، سیرجان و نی‌ریز در بررسی تجزیهٔ پایداری عملکرد و دیگر صفات به‌زراعی رگه‌های اولیه و ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم در مقایسه با رگه‌های امیدبخش تریتیکاله و ارقام گندم نان در ایران

آزمایش‌ها (محیط)	رمز محیط‌ها	مکان اجرای آزمایش	سال زراعی
اول	e_1	کرمان (شرایط نرمال)	۱۳۸۸-۸۹
دوم	e_2	کرمان (شرایط نرمال)	۱۳۸۱-۸۲
سوم	e_3	کرمان (شرایط نرمال)	۱۳۸۴-۸۵
چهارم	e_4	سیرجان (شرایط نرمال)	۱۳۸۸-۸۹
پنجم	e_5	نی‌ریز (شرایط نرمال)	۱۳۸۰-۸۱
ششم	e_6	کرمان (شرایط نرمال)	۱۳۸۰-۸۱
هفتم	e_7	سیرجان (شرایط شور)	۱۳۸۸-۸۹

نتایج و بحث

نتیجهٔ آزمون بارتلت دلالت بر یکنواخت بودن خطاهای آزمایشی بین آزمایش‌های سادهٔ هفت‌گانه در سه منطقه از ایران داشت. تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی‌داری را بین محیط‌ها و اثر متقابل ژن‌نمون در محیط نشان داد. تفاوت بین ژن‌نمون‌ها از نظر عملکرد دانه معنی‌دار نشد و همهٔ ژن‌نمون‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد نزدیک به یکسانی داشتند، ولی در مجموع براساس جداسازی اثر متقابل به مقایسه‌های گروهی، تریتی‌پایرم با تریتیکاله و تریتی‌پایرم با گندم از لحاظ عملکرد دانه اختلاف بسیار معنی‌دار و بین میانگین رگه‌های تریتیکاله با گندم نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل ژن‌نمون در محیط برای عملکرد دانه بیشترین درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد (جدول ۲). Dimitrijvic *et al*. (2011) نیز در بررسی سازگاری عملکرد در گندم اثر رقم، سال و اثر متقابل رقم با سال را معنی‌دار گزارش و با استفاده از روش امی پایدارترین ژن‌نمون‌ها را معرفی و عنوان کردند براساس تنوع رخ‌نمونی، ژن‌نمون‌ها می‌توانند به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی گندم مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس مرکب صفت عملکرد دانه (تن/هکتار) رگه‌های اولیهٔ غلهٔ جدید تریتی‌پایرم، رگه‌های امیدبخش تریتیکاله و ارقام گندم نان در شرایط محیطی مختلف در مناطق کرمان، سیرجان و نی‌ریز

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات
محیط	۶	۱۲۱/۶۴**
تکرار داخل محیط	۱۴	۰/۳۶*
ژن‌نمون	۱۶	۱۷/۵۸n.s
ژن‌نمون × محیط	۹۶	۱۷/۶۲**
خطا	۲۲۴	۰/۱۹
ضریب تغییرات	-	۱۰/۶۵
میانگین	-	۴/۱۴

*، ** و n.s به ترتیب معنی‌دار (α=٪۵)، بسیار معنی‌دار (α=٪۱) و غیرمعنی‌دار.

نتایج تجزیهٔ واریانس عملکرد دانهٔ هفده رگه و رقم از سه نوع ناجورلاد، شش‌لاد (جدول ۳) بر مبنای روش

www.SID.ir

Archive of SID

امی (مدل تجزیهٔ اثرگذاری‌های اصلی جمع‌پذیر و اثرگذاری‌های متقابل ضرب‌پذیر) نشان داد که منابع تغییر محیط، اثر متقابل ژن‌نمون در محیط و سه مؤلفهٔ اول از ترکیب شش مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPC) در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار و سه مؤلفهٔ دیگر با باقی‌مانده یا نویز ادغام شدند. که با نتایج Aghaee-Sarbarzeh *et al.* (2012) همخوانی دارد. در مدل امی سهم اولین و دومین مؤلفهٔ اصلی از مجموع مربعات اثر متقابل ژن‌نمون در محیط به‌ترتیب ۴۹/۹۱ و ۲۰/۲۵ درصد بود و سه مؤلفهٔ اول در مجموع ۸۹/۴۹درصد آن را تبیین کردند (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار شدن سه مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل در آزمون F، از مدل AMMI3 استفاده شد. که با نتایج Haji Mohammad . Ali Jahromi *et al* (2011) همخوانی داشت زیرا در بررسی آنان نیز سه مؤلفهٔ اصلی بیش از ۶۵ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را در ارقام و رگه‌های گندم توجیه کردند. نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای ارقام و رگه‌ها براساس مقادیر نخستین مؤلفهٔ اصلی (IPC1) و میانگین عملکرد (شکل ۱) سه گروه را مشخص نمود. در گروه اول رگه‌های اولیهٔ تریتی‌پایرم Ka/b، La/b، La(4B,4D)/b، رگه‌های ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ma/b)(Cr/b)-4، (Ka/b)(Cr/b)-3 و (Ka/b)(Cr/b)-5 قرار گرفتند که دارای مقادیر IPC1 منفی بودند. گروه دوم شامل رگه‌های تریتیکاله ۴۱۰۳، ۴۱۰۸، ۴۱۱۵، ۴۱۱۶، M45، ارقام گندم امید، الوند، بهارهٔ بافت و کویر شد که دارای مقادیر IPC1 مثبت بودند. گروه سوم شامل دو رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم {(Ka/b)(Cr/b)-6، (St/b)(Cr/b)-4} با IPC1 متوسط و منفی بودند. همچنین تجزیهٔ خوشه‌ای روی مقادیر نخستین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل محیط‌ها، سه گروه عمده را مشخص نمود. در گروه اول محیط‌های اول، دوم و ششم (کرمان با شرایط مختلف محیطی) و نی‌ریز قرار گرفتند که دارای مؤلفهٔ اصلی اول مثبت و بالایی بودند و در گروه دوم محیط‌های چهارم و هفتم (سیرجان، به‌ترتیب با شرایط معمول و شور) با مؤلفهٔ اصلی اول منفی قرار گرفتند و در گروه سوم محیط سوم (کرمان) قرار گرفت که مؤلفهٔ اصلی اول منفی و بالایی داشت (شکل ۱).

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس عملکرد دانهٔ رگه‌های اولیهٔ غلهٔ جدید تریتی‌پایرم، رگه‌های امیدبخش تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی در هفت محیط مختلف در سه منطقه از ایران بر مبنای روش امی

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
مدل	۱۱۸	۹۰۲/۴۸	۷/۶۵	۱۲۷/۵**
تکرار داخل محیط	۱۴	۱/۶۹	۰/۲۸	۴/۶۷**
ژن‌نمون	۱۶	۹۳/۹۴	۵/۸۷	۱n.s
محیط	۶	۲۴۳/۱۹	۴۰/۵۳	۶/۹۰**
ژن‌نمون در محیط	۹۶	۵۶۳/۶۱	۵/۸۷	۹۷/۸۱**
نخستین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPCA1)	۲۱	۲۸۱/۲۷	۱۳/۳۹	۲۲۳/۱۷**
دومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPCA2)	۱۹	۱۱۴/۱۳	۶/۰۱	۱۰۰/۱۷**
سومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPCA3)	۱۷	۱۰۸/۹۹	۶/۴۱	۱۰۶/۸۳**
باقی‌مانده	۳۹	۵۹/۲۲	۱/۵۲	۲۵/۳۳
خطا	۲۲۴	۱۴/۵۳	۰/۰۶	-
کل	۳۵۶	۹۱۷/۰۲	-	-

n.s، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

براساس تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی بر مبنای IPC1 (نخستین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل) و میانگین مشاهده شد که رگهٔ تریتیکاله M45 با کمترین اثر متقابل ژن‌نمون در محیط و عملکرد بالاتر از میانگین به‌عنوان پایدارترین ژن‌نمون پرمحصول شناسایی و از بین رگه‌های ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-6، (St/b)(Cr/b)-4، رگه‌های تریتیکاله۴۱۰۳ و ۴۱۱۶ با مؤلفهٔ اصلی اول متوسط، رگهٔ تریتیکاله ۴۱۱۶ در رتبهٔ دوم ژن‌نمون‌های

www.SID.ir

Archive of SID

پایدار و پر محصول جای گرفت. نتایج نشان داد (شکل ۱) که محیط‌های مورد آزمایش به تقریب سهم بالایی در ایجاد اثرگذاری‌های متقابل ژن‌نمون در محیط داشته‌اند و می‌توان رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸، ۴۱۱۵، ارقام گندم کویر و بهارهٔ بافت را دارای سازگاری خصوصی به محیط ششم (کرمان) دانست. همچنین می‌توان رگه‌های ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-6 و(St/b)(Cr/b)-4 را سازگار به محیط‌های چهارم و هفتم (سیرجان با شرایط معمول و شور) قلمداد کرد.

Kaya *et al.* (2002)، Schoeman (2003) و Albert (2004) مدل امی را ابزار سودمندی در تشخیص اثرگذاری‌های متقابل ژن‌نمون در محیط دانستند که افزون بر تعیین پایدارترین ژن‌نمون‌ها، می‌تواند بیان‌گر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد.

جدول ۴. مشخصه‌های اثر متقابل ژن‌نمون با محیط در مدل امی برای ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی‌پایرم اولیه/ ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی

ژن‌نمون	ξ_1^1	ξ_2^2	ξ_3^3	میانگین عملکرد (تن/ هکتار)	میانگین رتبه
Ka/b	-۰/۰۴۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۳/۱۸	۱۱/۰۰
La/b	-۰/۰۵۷	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۳	۳/۲۱	۱۲/۵۷
La(4B,4D)/b	-۰/۰۵۷	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۳/۸۵	۸/۸۶
(Ma/b)(Cr/b)-4	-۰/۰۵۳	-۰/۰۲۴	-۰/۰۰۳	۳/۸۹	۹/۲۹
(Ka/b)(Cr/b)-3	-۰/۰۵۱	۰/۰۱۹	-۰/۰۴۱	۳/۴۸	۱۰/۵۷
(Ka/b)(Cr/b)-5	-۰/۰۴۹	۰/۰۲۹	-۰/۰۱۷	۴/۲۶	۸/۵۷
(Ka/b)(Cr/b)-6	-۰/۰۲۹	۰/۰۰۴	۰/۰۷۶	۳/۹۲	۱۱/۰۰
(St/b)(Cr/b)-4	-۰/۰۲۱	۰/۰۴۱	۰/۰۱۱	۲/۸۷	۱۰/۸۶
تریتیکاله ۴۱۰۳	۰/۰۲۶	-۰/۰۶	۰/۰۱۳	۳/۴۴	۱۱/۴۳
تریتیکاله ۴۱۰۸	۰/۰۳۳	۰/۰۶۹	۰/۰۱	۵/۲۶	۴/۵۷
تریتیکاله ۴۱۱۵	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	-۰/۰۴۹	۵/۶۵	۵/۴۳
تریتیکاله ۴۱۱۶	۰/۰۲۷	۰/۰۷۴	۰/۰۰۷	۴/۲۵	۸/۴۳
تریتیکاله M45	۰/۰۰۶	-۰/۰۸۴	۰/۰۲۹	۵/۴۸	۴/۸۶
امید	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	۰/۰۷۸	۵/۱۰	۸/۵۷
الوند	۰/۰۵۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۰۲	۳/۸۶	۱۰/۰۰
بهاره بافت	۰/۰۳۹	۰/۰۰۳	-۰/۰۶۹	۵/۱۲	۸/۱۴
کویر	۰/۰۳۴	-۰/۰۷۴	۰/۰۰۸	۴/۵۲	۸/۸۶

ζ_1، ζ_2 و ζ_3 به ترتیب بردارهای ویژهٔ ژن‌نمونی برای نخستین، دومین و سومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل ژن‌نمون با محیط است.

جدول ۵. مشخصه‌های اثر متقابل ژن‌نمون با محیط در مدل امی برای هفت محیط مختلف در سه منطقه (کرمان، سیرجان و نی‌ریز)

محیط	η_1	η_2	η_3
اول (کرمان)	۰/۰۱۲	-۰/۰۴	۰/۰۷۲
دوم (کرمان)	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰	-۰/۰۷۳
سوم (کرمان)	-۰/۰۵۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶
چهارم (سیرجان، نرمال)	-۰/۳۰	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۲
پنجم (نی‌ریز)	۰/۰۲۴	-۰/۰۶۴	۰/۰۵۷
ششم (کرمان)	۰/۰۴۵	۰/۰۵۶	۰/۰۲۶
هفتم (سیرجان، شور)	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷

η_1، η_2 و η_3 به ترتیب بردارهای ویژهٔ محیطی برای نخستین، دومین و سومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل ژن‌نمون در محیط است.

نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای براساس مقادیر دومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPC_2) و میانگین عملکرد (شکل ۲)، ژن‌نمون‌ها را در سه گروه جداسازی کرد. گروه اول شامل رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸ و ۴۱۱۶ شد که بیشترین میزان IPC_2 مثبت را داشتند و گروه دوم رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ Ka/b، La/b، (Ka/b)(Cr/b)-3، (Ka/b)(Cr/b)-5، (Ka/b)(Cr/b)-6، (St/b)(Cr/b)-4، رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۱۵، رقم‌های گندم امید و بهارهٔ بافت را در بر گرفت که دارای مقادیر مؤلفهٔ اصلی دوم مثبت و متوسط بودند. گروه سوم شامل رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ La(4B,4D)/b، (Ma/b)(Cr/b)-4، رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۰۳، M45، ارقام گندم الوند و کویر با مقادیر مؤلفهٔ اصلی دوم منفی بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین تجزیهٔ خوشه‌ای محیط‌ها براساس دومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (شکل ۲)، آنها را به سه گروه متمایز کرد. در گروه اول محیط‌های دوم و سوم، چهارم و هفتم جای گرفتند که مقدار مؤلفهٔ اصلی دوم آنها بسیار پایین بود. در گروه دوم محیط‌های اول و پنجم قرار گرفتند که مؤلفهٔ اصلی دوم منفی و بالایی داشتند و در گروه سوم محیط ششم جای گرفت که مؤلفهٔ اصلی دوم مثبت و بالایی داشت. براساس این نتایج از بین رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ Ka/b، La/b، (Ka/b)(Cr/b)-6 و رقم گندم بهارهٔ بافت با کمترین اثر متقابل ژن‌نمون در محیط، رقم گندم بهارهٔ بافت با مؤلفهٔ اصلی دوم نزدیک به صفر و عملکرد بالاتر از میانگین پایدارترین ژن‌نمون تشخیص داده شد و محیط‌های دوم، چهارم و هفتم کمترین سهم را در بیان اثرگذاری‌های متقابل ژن‌نمون در محیط داشتند.

جدول ۶. مقادیر ریشهٔ مشخصه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثرگذاری‌های متقابل در مدل امی برای ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی پایرم اولیه/ ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی

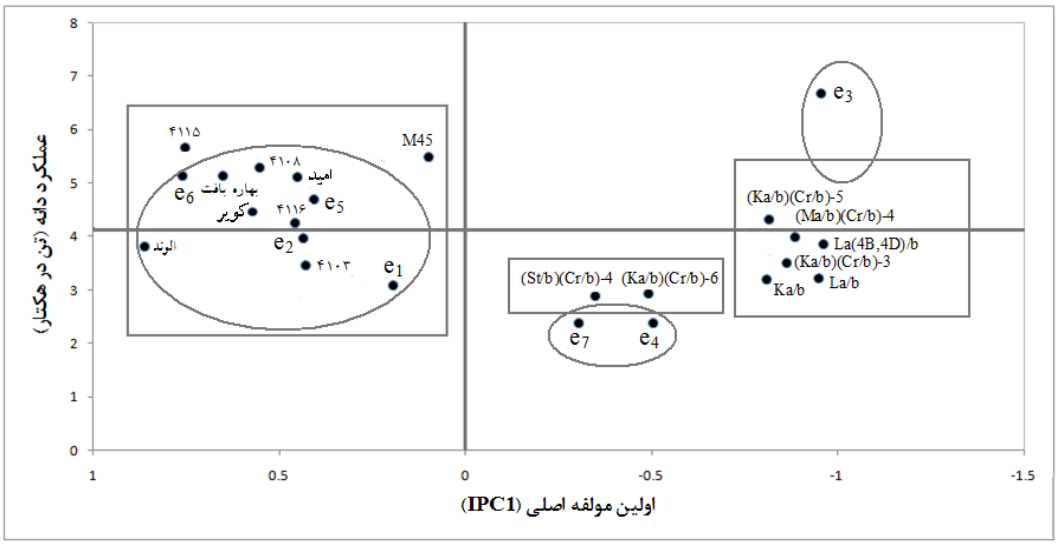
ژن‌نمون	مؤلفه‌های اصلی اثرگذاری‌های متقابل		
	نخستین مؤلفهٔ اصلی (IPC1)	دومین مؤلفهٔ اصلی (IPC2)	سومین مؤلفهٔ اصلی (IPC3)
Ka/b	-۰/۸۱۰	۰/۰۱۹	۰/۱۰۲
La/b	-۰/۹۵۰	۰/۰۳۹	-۰/۲۳۷
La(4B,4D)/b	-۰/۹۶۲	-۰/۱۷۳	۰/۰۵۳
(Ma/b)(Cr/b)-4	-۰/۸۸۵	-۰/۲۵۶	-۰/۰۲۸
(Ka/b)(Cr/b)-3	-۰/۸۶۳	۰/۲۰۰	-۰/۴۲۶
(Ka/b)(Cr/b)-5	-۰/۸۱۶	۰/۳۰۸	-۰/۱۷۹
(Ka/b)(Cr/b)-6	-۰/۴۹۲	۰/۰۴۱	۰/۴۹۶
(St/b)(Cr/b)-4	-۰/۳۴۹	۰/۴۴۳	۰/۱۱۰
تریتیکاله ۴۱۰۳	۰/۴۳۰	-۰/۶۳۷	۰/۱۳۳
تریتیکاله ۴۱۰۸	۰/۵۵۱	۰/۷۳۴	۰/۱۰۳
تریتیکاله ۴۱۱۵	۰/۷۵۱	۰/۳۶۳	-۰/۵۱۶
تریتیکاله ۴۱۱۶	۰/۴۵۷	۰/۷۹۲	۰/۰۷۷
تریتیکاله M45	۰/۰۹۹	-۰/۹۰۱	۰/۲۹۸
امید	۰/۴۵۲	۰/۲۵۹	۰/۸۱۸
الوند	۰/۸۷۰	-۰/۴۵۰	-۰/۰۲۵
بهارهٔ بافت	۰/۶۵۲	۰/۰۲۸	-۰/۷۲۳
کویر	۰/۵۶۴	-۰/۷۸۷	۰/۰۸۲
ریشهٔ مشخصه	۲۸۱/۲۶۸۱	۱۱۴/۱۳۰۱	۱۰۸/۹۸۸۷
درصد تجمعی واریانس مؤلفه‌ها	٪۴۹	٪۷۰	٪۸۹

جدول ۷. مقادیر ریشهٔ مشخصه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثرگذاری‌های متقابل در مدل امی برای هفت محیط مختلف در سه منطقه (کرمان، سیرجان و نی‌ریز)

محیط	مؤلفه‌های اصلی اثرگذاری‌های متقابل		
	نخستین مؤلفهٔ اصلی (IPC1)	دومین مؤلفهٔ اصلی (IPC2)	سومین مؤلفهٔ اصلی (IPC3)
اول	۰/۱۹۳	-۰/۴۲۴	-۰/۷۵۴
دوم	۰/۴۳۴	۰/۱۱۰	-۰/۷۵۹
سوم	-۰/۹۵۶	۰/۱۸۶	۰/۱۶۲
چهارم	-۰/۵۰۶	-۰/۱۴۷	-۰/۱۲۵
پنجم	۰/۴۰۵	-۰/۶۸۴	۰/۵۹۶
ششم	۰/۷۴۷	۰/۶۰۰	۰/۲۶۷
هفتم	-۰/۳۰۴	۰/۰۸۱	۰/۱۷۷
ریشهٔ مشخصه	۲۸۱/۲۶۸۱	۱۱۴/۱۳۰۱	۱۰۸/۹۸۸۷
درصد تجمعی واریانس مؤلفه‌ها	٪۴۹	٪۷۰	٪۸۹

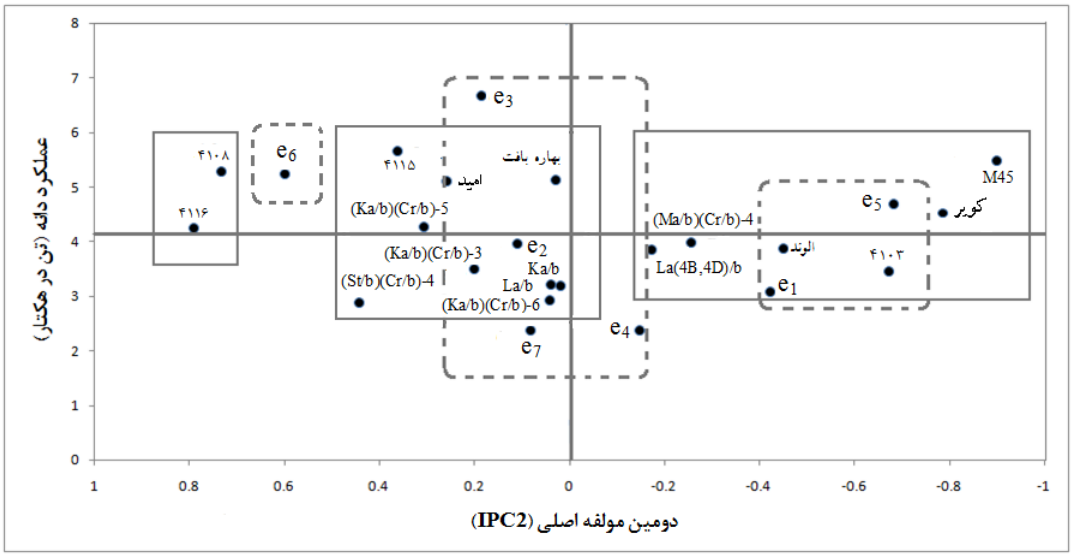
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. بای‌پلات حاصل از میانگین و مشخصهٔ پایداری نخستین مؤلفهٔ اصلی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها (اشکال چهارگوش و بیضی به‌ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها براساس نخستین مؤلفهٔ اصلی را نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی ممتد به‌ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و نخستین مؤلفهٔ اصلی برابر با صفر می‌گذرند).

نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها براساس مقادیر سومین مؤلفهٔ اصلی (IPC_3) و میانگین عملکرد سه گروه را مشخص کرد (شکل ۳). در گروه اول رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-3، رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۱۵ و رقم گندم بهارهٔ بافت قرار گرفتند که دارای مقادیر منفی و بزرگ بودند. گروه دوم شامل رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-6، رگهٔ تریتیکالهٔ M45 و رقم گندم امید با مقادیر مؤلفهٔ اصلی سوم مثبت شد. گروه سوم رگهٔ اولیهٔ تریتی‌پایرم Ka/b، La/b، رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم La(4B,4D)/b، (Ma/b)(Cr/b)-4، (Ka/b)(Cr/b)-5، (St/b)(Cr/b)-4، رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۳، ۴۱۰۸، ۴۱۱۶، رقم‌های گندم الوند و کویر را شامل شد که دارای سومین مؤلفهٔ اصلی نزدیک به صفر و بیشترین پایداری بودند.

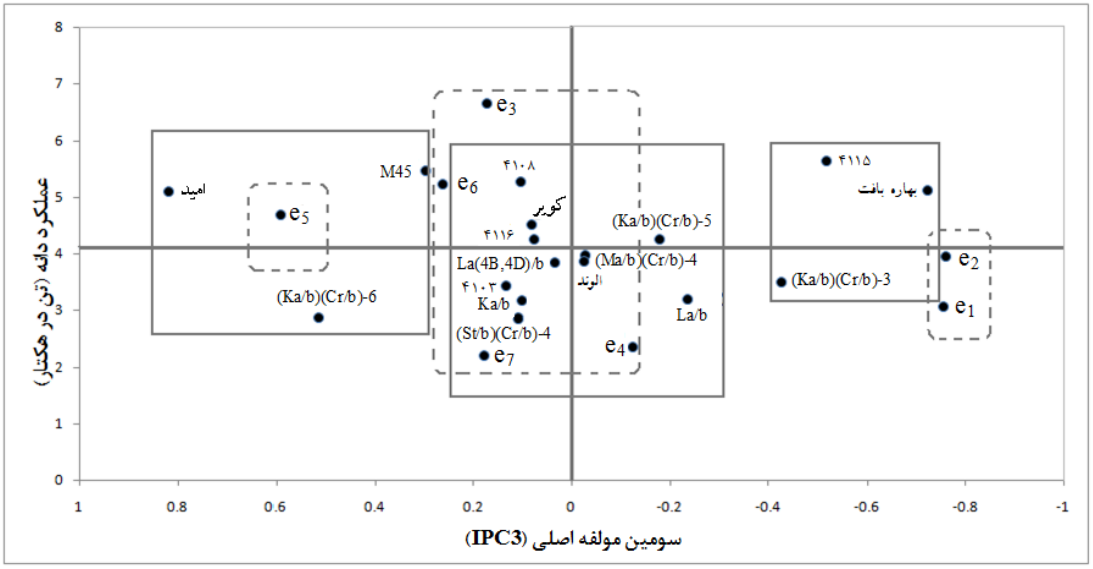


شکل ۲. بای پلات حاصل از مقادیر میانگین عملکرد دانه و دومین مؤلفهٔ اصلی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها (خطوط به‌هم پیوسته و خط‌چین به ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها براساس دومین مؤلفهٔ اصلی را نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی ممتد به‌ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و دومین مؤلفهٔ اصلی برابر با صفر می‌گذرند).

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین تجزیهٔ خوشه‌ای روی مقادیر سومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل محیط‌ها (شکل ۳)، سه گروه عمده را مشخص نمود. در گروه اول محیط پنجم (نی‌ریز) قرار گرفت که دارای مؤلفهٔ اصلی سوم مثبت و بزرگ بود. در گروه دوم محیط‌های سوم و ششم و چهارم و هفتم قرار گرفتند که مقدار مؤلفهٔ اصلی سوم آنها بسیار پایین بود و محیط اول و دوم با مؤلفهٔ اصلی سوم منفی و بزرگ در گروه سوم جای گرفت. براساس این نتایج رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸، ۴۱۱۶ و رقم گندم کویر با مؤلفهٔ اصلی سوم نزدیک به صفر و عملکرد بالاتر از میانگین به‌عنوان پایدارترین ژن‌نمون‌های پرمحصول شناسایی شدند.



شکل ۳. بای‌پلات حاصل از میانگین و مشخصهٔ پایداری سومین مؤلفهٔ اصلی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها (خطوط به‌هم پیوسته و خط‌چین به‌ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها براساس سومین مؤلفهٔ اصلی را نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی ممتد به‌ترتیب از نقاط میانگین عملکرد و سومین مؤلفهٔ اصلی برابر با صفر می‌گذرند).

دلیل روشن تفاوت سه بای‌پلات، دربرداشتن سهم کمتر اثر متقابل توسط مؤلفهٔ سوم و دوم نسبت به مؤلفهٔ اول است. با توجه به اینکه در این تجزیه از مدل $AMMI_3$ استفاده شد، آماره‌های پایداری $SIPC_3$ و EV_3 محاسبه شد (جدول ۸). نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها بر مبنای آماره $SIPC_3$ (شکل ۴) نشان داد که رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ Ka/b و (St/b)(Cr/b)-4 با پایین‌ترین مقدار $SIPC_3$ و عملکرد پایین‌تر از میانگین دارای سازگاری عمومی ضعیف بودند. از بین رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ La/b، La(4B,4D)/b، (Ma/b)(Cr/b)-4، (Ka/b)(Cr/b)-5، (Ka/b)(Cr/b)-6، رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۳، ۴۱۱۶ و M45 و رقم گندم الوند با مقادیر $SIPC_3$ حد واسط، رگهٔ M45 با $SIPC_3$ کم و عملکرد بالاتر از میانگین، پایدارترین ژن‌نمون و رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-5 و رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۱۶ در مرتبهٔ بعدی ژن‌نمون‌های پایدار قرار گرفتند. ارقام گندم امید، بهارهٔ بافت، کویر، رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-3، رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸ و ۴۱۱۵ در گروه سوم با بالاترین مقادیر $SIPC_3$، ناپایدارترین ژن‌نمون‌ها تشخیص داده شدند. نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها براساس آمارهٔ پایداری EV_3 (شکل ۵) ژن‌نمون‌ها را به سه دستهٔ متفاوت از لحاظ پایداری تقسیم کرد. گروه اول شامل رگه‌های تریتی-پایرم اولیهٔ Ka/b، La(4B,4D)/b، (Ma/b)(Cr/b)-4، (Ka/b)(Cr/b)-5 و (St/b)(Cr/b)-4 بود که با کمترین مقدار EV_3 پایدارترین ژن‌نمون‌ها در نظر گرفته شدند. ژن‌نمون‌های گروه دوم شامل رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ La/b، (Ka/b)(Cr/b)-3، رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۰۳ و رقم گندم الوند با مقدار EV_3 حد واسط، دارای پایداری متوسط بودند. گروه سوم شامل ارقام گندم امید،

www.SID.ir

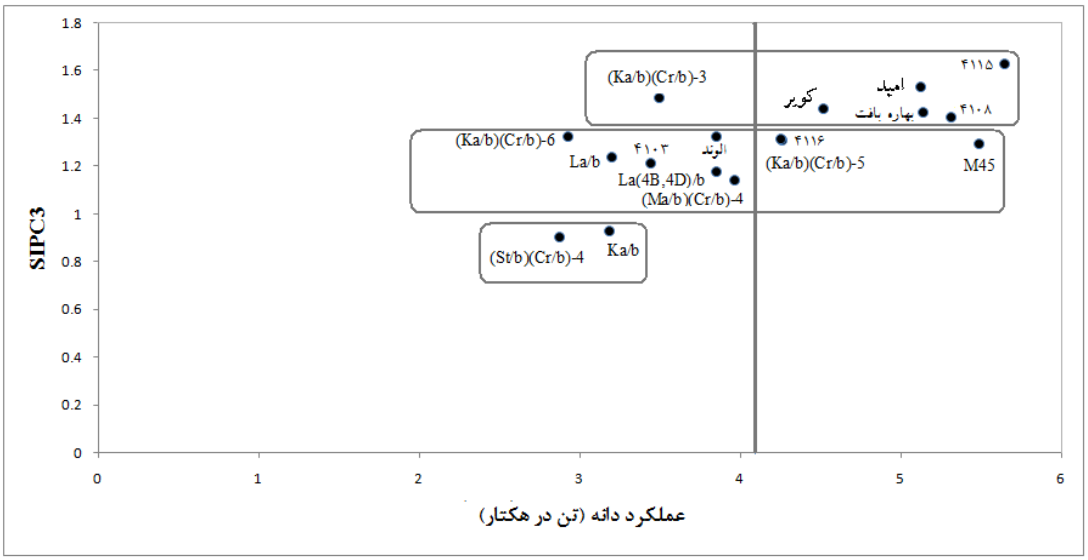
Archive of SID

بهارهٔ بافت، کویر، رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-6، رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸، ۴۱۱۵، ۴۱۱۶ و M45 با بالاترین میزان EV_3 بود که ناپایدارترین گروه در نظر گرفته شدند.

جدول ۸. آماره‌های پایداری برای ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی‌پایرم اولیه/ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی در هفت محیط در سه منطقه از ایران در مدل AMMI3

ژن‌نمون	$SIPC_3$	EV_3
Ka/b	۰/۹۳۱	۰/۰۰۰۸
La/b	۱/۲۳۹	۰/۰۰۱۳
La(4B,4D)/b	۱/۱۷۹	۰/۰۰۱۱۷
(Ma/b)(Cr/b)-4	۱/۱۷۷	۰/۰۰۱۱
(Ka/b)(Cr/b)-3	۱/۴۸۶	۰/۰۰۱۵
(Ka/b)(Cr/b)-5	۱/۳۰۹	۰/۰۰۱
(Ka/b)(Cr/b)-6	۱/۳۲۳	۰/۰۰۲۲
(St/b)(Cr/b)-4	۰/۹۰۵	۰/۰۰۰۷
تریتیکاله ۴۱۰۳	۱/۲۱۳	۰/۰۰۱۵
تریتیکاله ۴۱۰۸	۱/۳۹۵	۰/۰۰۲
تریتیکاله ۴۱۱۵	۱/۶۲۹	۰/۰۰۱۹
تریتیکاله ۴۱۱۶	۱/۳۱۶	۰/۰۰۲۰۸
تریتیکاله M45	۱/۳۰۱	۰/۰۰۲۶
امید	۱/۵۲۴	۰/۰۰۲۴
الوند	۱/۳۴۲	۰/۰۰۱۴۹
بهارهٔ بافت	۱/۴۰۶	۰/۰۰۲۰۹
کویر	۱/۴۴۴	۰/۰۰۲۲۳

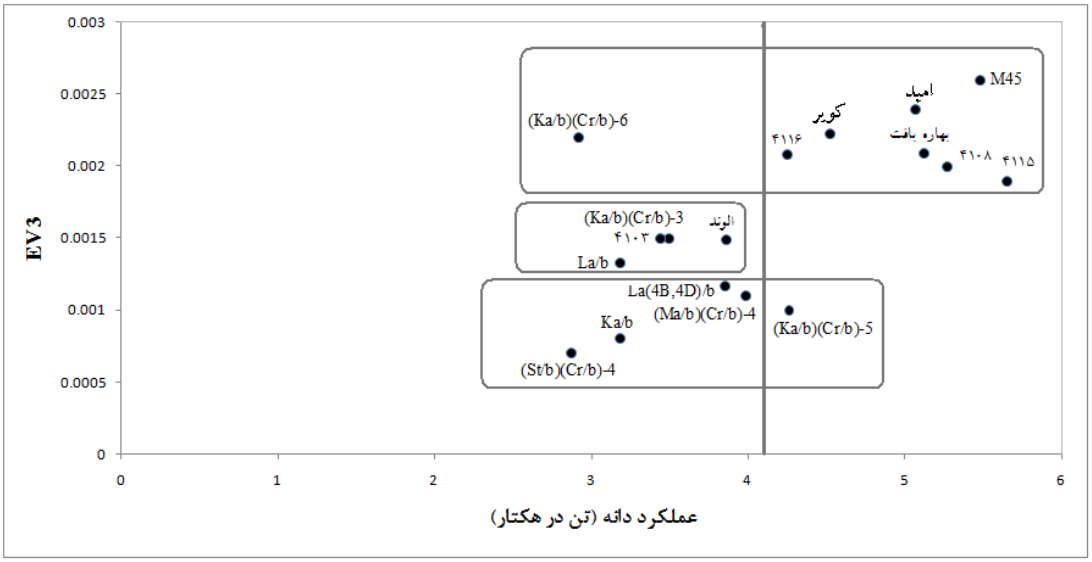
$SIPC_3$ و EV_3: مشخصه‌های پایداری برای مدل AMMI3.



شکل ۴. پراکنش ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی‌پایرم اولیه/ ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی براساس میانگین عملکرد و مشخصهٔ پایداری $SIPC_3$

www.SID.ir

Archive of SID



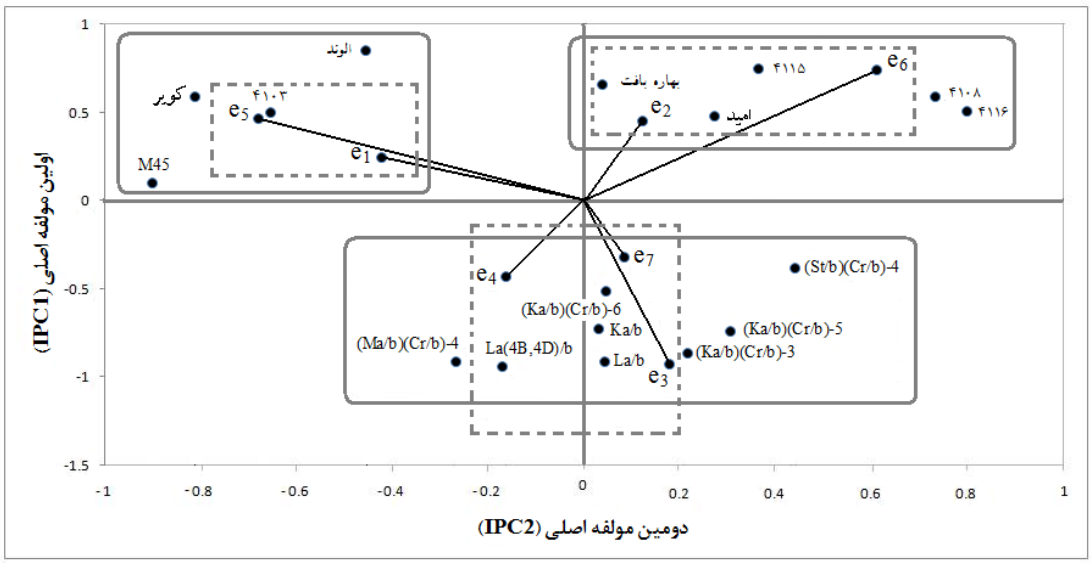
شکل ۵. پراکنش ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی‌پایرم اولیه/ ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی براساس میانگین عملکرد و مشخصهٔ پایداری EV_3

بنابراین بر مبنای هر دو آمارهٔ پایداری رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم (Ka/b)(Cr/b)-5 با پایداری بیشتر و عملکرد بالاتر از میانگین به‌عنوان ژن‌نمون مطلوب برگزیده شد. شکل ۶ بای‌پلات مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم برای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها را به‌طور توأم نشان می‌دهد. این بای‌پلات درکل ۷۰/۱۶ درصد تغییرات مربوط به اثر متقابل ژن‌نمون در محیط را تبیین می‌کند. دسته‌بندی ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها براساس اطلاعات بیان شده توسط مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل، سه گروه جداگانه را نشان داد. در گروه اول رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸، ۴۱۱۵، ۴۱۱۶، ارقام گندم امید و بهارهٔ بافت با مقادیر مثبت برای هر دو IPC قرار گرفتند. گروه دوم رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ Ka/b، La/b، La(4B,4D)/b، (Ma/b)(Cr/b)-4، (Ka/b)(Cr/b)-3، (Ka/b)(Cr/b)-5، (St/b)(Cr/b)-4 و (Ka/b)(Cr/b)-6 را شامل شد. در گروه سوم رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۳، M45، ارقام گندم الوند و کویر با مقادیر IPC با علامت مخالف قرار گرفتند. تجزیهٔ خوشه‌ای بر مبنای مقادیر نخستین و دومین مؤلفهٔ اصلی (شکل ۶) سه گروه محیطی را جداسازی کرد که با در نظر گرفتن دو گروه به‌طور دقیق نتیجهٔ همسانی با گروه‌بندی محیطی براساس مقادیر نخستین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل را ارائه می‌دهد. نتایج نشان داد که دو رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم {(Ka/b)(Cr/b)-6، (St/b)(Cr/b)-4} و رقم گندم بهارهٔ بافت دارای پایداری عمومی هستند. براین اساس رگه‌های تریتیکالهٔ {۴۱۰۳، ۴۱۱۵، ۴۱۰۸، ۴۱۱۶}، و ارقام گندم {امید،کویر و الوند} دارای اثرگذاری‌های متقابل زیاد بودند و رگه‌های اولیهٔ تریتی‌پایرم {Ka/b، La/b، La(4B,4D)/b، (Ka/b)(Cr/b)-3 و (Ka/b)(Cr/b)-5} اثرگذاری‌های متقابل متوسط را نشان دادند. همچنین رگهٔ تریتیکالهٔ M45 با در نظر گرفتن سهم بیشتر مؤلفهٔ اول نسبت به مؤلفهٔ دوم، به‌عنوان ژن‌نمون پایدار شناخته شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان رگهٔ تریتیکالهٔ ۴۱۰۳، ارقام گندم الوند و کویر را واجد سازگاری خصوصی با محیط‌های اول و پنجم و رگه‌های تریتیکالهٔ ۴۱۰۸، ۴۱۱۵ و ۴۱۱۶ را دارای سازگاری خصوصی با محیط ششم تلقی کرد. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ La(4B,4D)/b و (Ma/b)(Cr/b)-4 نسبت به محیط چهارم (سیرجان) دارای سازگاری خصوصی هستند. بردارهای محیطی بیان‌گر همبستگی مثبت بین محیط اول (کرمان) با محیط چهارم (سیرجان، شرایط معمول) و محیط چهارم (سیرجان، شرایط معمول)، با محیط‌های پنجم و هفتم (به‌ترتیب نی‌ریز و سیرجان با شرایط شور) در بیان اثرگذاری‌های متقابل هستند. بین محیط

www.SID.ir

Archive of SID

ششم (کرمان) با محیط‌های سوم و هفتم (به‌ترتیب کرمان با شرایط محیطی مختلف و سیرجان با شرایط شور) در بیان اثرگذاری‌های متقابل همبستگی وجود نداشت. مقایسهٔ بای‌پلات‌های ترسیم‌شده برای مدل AMMI نشان داد که در نمودارهای تجزیهٔ الگوی واکنش ژن‌نمونی ترسیم‌شده بر مبنای مشخصه‌های پایداری ($SIPC_3$ و EV_3)، نخستین مؤلفهٔ اصلی (IPC_1)، دومین مؤلفهٔ اصلی (IPC_2)، سومین مؤلفهٔ اصلی (IPC_3) و نخستین و دومین مؤلفهٔ اصلی (IPC_1 و IPC_2) ارقام و رگه‌ها از نظر پایداری و سازگاری تا حدودی واکنش‌های همانندی را نشان دادند. به‌طوری‌که براساس IPC_1 رگهٔ تریتیکالهٔ M45 و رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم 4-(St/b)(Cr/b)، براساس IPC_2رگهٔ اولیهٔ تریتی‌پایرم Ka/b، براساس IPC_3 رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم 4-(Ma/b)(Cr/b) و رقم گندم الوند، بر مبنای $SIPC_3$ و EV_3 رگه‌های تریتی‌پایرم اولیهٔ Ka/b، و 4-(St/b)(Cr/b) و براساس IPC_1 و IPC_2رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم 4-(St/b)(Cr/b) بیشترین پایداری عمومی را نشان دادند که بیشتر ژن‌نمون‌ها با دارا بودن عملکردهای کمتر از میانگین دارای سازگاری عمومی ضعیف هستند. تفسیرهای ارائه‌شده بر مبنای بای‌پلات‌های بالا به‌دلیل توجیه سهم‌های متفاوت هر بای‌پلات از اثر متقابل ژن‌نمون در محیط تا حدودی متفاوت بود. این تفاوت در بای‌پلات‌های ترسیم شده براساس IPC_2 و IPC_3 به‌دلیل دربرداشتن سهم کمتر اثر متقابل توسط IPC_2 و IPC_3 بیشتر بود.



شکل ۶. بای‌پلات حاصل از مقادیر نخستین و دومین مؤلفهٔ اصلی ارقام و رگه‌های سه ناجورلاد تریتی‌پایرم اولیه/ ترکیبی اولیه، تریتیکاله و ارقام گندم نان ایرانی و محیط‌ها (خطوط پیوسته و خط‌چین به‌ترتیب گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای ژن‌نمون‌ها و محیط‌ها بر مبنای مقادیر دو مؤلفهٔ اصلی اول را نشان می‌دهند. خطوط افقی و عمودی ممتد به‌ترتیب از نقاط نخستین و دومین مؤلفهٔ اصلی برابر با صفر می‌گذرند).

نتیجه‌گیری کلی

رگه‌های تریتی‌پایرم اولیه و رگه‌های امیدبخش تریتیکاله نسبت به ارقام گندم نان ایرانی دارای پایداری و سازگاری بیشتری بودند و براساس بیشتر بای‌پلات‌ها رگهٔ ترکیبی اولیهٔ تریتی‌پایرم 5-(Ka/b)(Cr/b) با دارا بودن عملکرد بیش از میانگین واجد سازگاری عمومی مطلوب بود. اگرچه واکنش ارقام گندم در بازهٔ ناپایداری تا پایداری ضعیف بود ولی رگه‌های تریتیکاله واکنش پایداری متوسط تا ضعیف را داشتند. بنابراین می‌توان رگه‌های تریتی‌پایرم اولیه را به‌عنوان یک گیاه جدید و با توان‌بالقوهٔ (پتانسیل) پایداری بیشتر از گندم و تریتیکاله در بیان سازگاری عمومی منظورکرد و به‌ویژه این گیاه‌جدید را در مکان‌هایی با شرایط متغیر محیطی و حتی نواحی حاشیه‌ای مناطق خشک و نیمه‌خشک توصیه و معرفی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

1. Aghaee-Sarbarzeh, M., Dastfal, M., Farzadi, H., Andarzian, B., Pourshahbazi, A. Sh., Bahari, M. & Rostami, H. (2012). Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28-1(2), 315-325. (in Farsi)
2. Aghaee-Sarbarzeh, M., Safari, H., Rostaei, M., Nadermahmoodi, K., PourSiahbidi, M. M., Hesami, A., Solaimani, K., Ahmadi, M.M. & Mohammadi, R. (2007). Study of general and specific adaptation in dryland advance wheat (*Triticum aestivum* L.) lines using GE biplot based on AMMI model. *Pajouhesh & Sazandegi*, 77, 41-48. (in Farsi)
3. Akcura, M., Kaya, Y. & Taner, S. (2005). Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central Anatolian region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(5), 369-375.
4. Albert, M. J. A. (2004). *A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi-location maize trials*. M.Sc. dissertation, University of Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.
5. Allard, R. W. & Bradshaw, A. D. (1964). Implications of genotype-environment interactions in applied Plant Breeding. *Crop Sci*, 4, 503-508.
6. Annicchiarico, P. (2002). Genotype × environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper No. 174. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
7. Basford, K. E. & Cooper, M. (1998). Genotype × environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49(3), 153-174.
8. Chapman, S.C., Crossa, J. & Edmeades, G.O. (1997). Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize. I. Two mode pattern analysis of yield. *Euphitica*, 95(1), 1-9.
9. Crossa, J., Gauch, H.G.J. & Zobel, R.W. (1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*, 30(3), 493-500.
10. Dimitrijvic, M., Knezevic, D., Petrovic, S., Zecevic, V., Boskovic, J., Belic, M., Pejic, B. & Banjac, B. (2011). Stability of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetica*, 43(1), 29-39.
11. Ebdon, J.S. & Gauch, H.G. (2002). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: II. Cultivar recommendations. *Crop Science*, 42(2), 497-506.
12. Eberhart, S.A. & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-40.
13. Finlay, K. W. & Wilkinson, G. M. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742-754.
14. Gauch, H. G. (1992). Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlans. 53-110.
15. Guach, H. G. & Zobel, R. W. (1997). Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37, 311-326.
16. Haji Mohammad Ali Jahromi, M., Khodarahmi, M., Mohammadi, A. R. & Mohammadi, A. (2011). Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(3), 565-579. (in Farsi with English Abstract)
17. Hussein, A.M., Bjornstad, A. & Astveit, A.H. (2000). SASG×ESTAB: A SAS program for computing genotype × environment stability statistics. *Journal of Agronomy*, 92, 454-459.
18. Jarrah, M. & Geng, I. (1997). Variability of morpho-physiological traits of Mediterranean durum cultivars. *Rachis*, 16(1/2), 52-56.
19. Kaya, Y., Palta, C. & Taner, S. (2002). Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performance in bread wheat genotypes across environments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26, 275-279.
20. Karimzadeh, R., Dehgani, H. & Dehghanpour, Z. (2008). Use of AMMI method for estimating genotype-environment interaction in early maturing corn hybrids. *Seed and Plant Improvement Journal*, 23(4), 537-546. (in Farsi)
21. Kempton, R.A. (1984). The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *Journal of Agricultural Science*, 103, 123-135.
22. Lin, C.S. (1982). Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. *Theoretical and Applied Genetics*, 62, 277-280.
23. Mohammadi, R., Armion, M. & Ahmadi, M. M. (2011). Genotype × environment interactions for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27-1(2), 183-198. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

24. Najafian, G., Kaffashi, A. K. & Jafar-Nezhad, A. (2010). Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12(2), 213-222.
25. Nikkhah, H. R., Yousefi, A., Mortazavian, S. M. & Arazmjoo, M. (2007). Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9(1), 1-13. (in Farsi)
26. Perkinz, J. M. (1972). The principal component analysis of genotype-environmental interactions and physical measures of the environment. *Heredity*, 29, 51-70.
27. Rharrabti, Y., Garcia del Miral, L.F. Villegas, D. & Royo, C. (2003). Durum wheat quality in Mediterranean environments III. Stability and comparative methods in analyzing G×E interaction. *Field Crop Research*, 80, 141-146.
28. Schoeman, L. J. (2003). Genotype×environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. M.Sc. dissertation, University of the Orange Free State, Bloemfontein.
29. Shahsevand Hassani, H. & Soltaninejad, N. (2006). The study of yield and agronomical potential of two alloploid synthetic cereal [tritipyrum (AABBEbEb, 2n = 6x = 42) and triticale (2n = 6x =42, AABBRR)] with natural bread wheat allopolyploid. The ^{9}th congress of agronomy and plant breeding. Tehran University. Iran, p: 577.
30. Shahsevand Hassani, H., Caligair, P. D. & Miller, T. (2003).The chromosomal assessment of salt tolerant substituted Tritipyrum using genomic fluorescent in situ hybridization. *Iranian Journal of Biotechnology*, 1(3), 169-178.
31. Tarakanovas, P. & Ruzgas, V. (2006). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agronomy Research*, 4(1), 91-98.
32. Tai, G.C.C. (1979). Analysis of genotype environment interaction of potato yield. *Crop Science*, 19, 434-438.
33. Vargas, M., Crossa, J., Eeuwijk, F.V. Sayre, K.D. & Reynolds, M.P. (2001). Interpreting treatment×environment interaction in agronomy trails. *Agronomy Journal*, 93(4), 949-960.
34. Yan, W. & Hunt, L. A. (2001). Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science*, 41, 19-25.
35. Yates, F. & Cochran, W. G. (1938). The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science*, 28, 556-580.
36. Zobel, R. W. & Gauch, H. G. (1996). AMMI analysis of yield trails. pp. 88-122. In: M. S. Kang and H. G. Gauch (eds.). *Genotype by Environment Interaction*. CRC Pub., Boca Raton, Florida.
37. Zobel, R. W., Wright, M. J. & Gauch, H. G. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80, 388-393.

www.SID.ir