"مجله علوم زراعي ايران"

جلد نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸٦

تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌هاي جو (***Hordeum vulgare* L.**) با استفاده از الگوي تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (**AMMI**)

Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model

حمیدرضا نیکخواه[۱]، احمد یوسفي[۲]، سیدمهدي مرتضویان[۳] و محسن آرزمجو[۴]

چکیده

نیکخواه، ح. ر.، ا. یوسفی، س. م. مرتضویان و م. آرزمجو. ۱۳۸٦. تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌هاي جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از الگوي تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI). مجله علوم زراعی ایران. ۹ (۱): ۱۳-۱.

وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، از مشکلات عمده ارزیابي و معرفي ژنوتیپ هاي برتر مي باشد. به منظور شناسایي و معرفي ارقام پرمحصول و در عین حال پایدار و سازگار به شرایط محیطي مناطق معتدل کشور، آزمایش بررسی سازگاري و پایداري عملکرد ۲۰ لاین امیدبخش جو براي مناطق معتدل کشور در قالب طرح بلوك هاي کامل تصادفي در سه تکرار در ۹ ایستگاه تحقیقاتي طي سال‌هاي ۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱ انجام و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس عملکرد نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معني‌دار بود. جهت تفسیر اثر متقابل از روش AMMI استفاده شد. با استفاده از روش چند متغیره AMMI ، پنج مؤلفه اصلي اثر متقابل در سطح احتمال ۱% معني‌دار شد که ۷٤/٦۸% از میانگین مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. ژنوتیپ‌های شماره ۱٦(L.B1/Cerbel//Alger-Ceres 5/3/Glorea"s") وشماره ۱۷(L.131/Cerbel//Alger-Ceres/Kavir) از لحاظ IPC_1 و IPC_2 ، کمترین مقادیر را دارا بودند و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها تشخیص داده شدند. نمایش دو بعدي ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترهای تجزیه AMMI بهمراه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره ۹ (LB.Iran/Una8271//Gloria"s"/Come"s"-11M/3/Kavir) و ژنوتیپ شماره ۱٦ ژنوتیپ‌های مطلوب برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادي می‌باشند.

کلمات کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه AMMI ، جو ، عملکرد دانه، پایداری عملکرد، مناطق معتدل.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۰/۵

۱ـ عضو هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)
۲ـ محقق، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۳ـ دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤ـ محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی

مقدمه

در روش‌هـاي مختلـف اصـلاح نباتـات گـزينش و معرفي ژنوتيپ‌هـاي برتـر، از مراحـل پايـاني برنامـه‌هـاي به‌نـژادي مـي‌باشـد. بنـابراين انجـام آزمايـشات در قالـب طرح‌هاي آماري تكراردار در مناطق مختلفي كـه هـدف معرفي ژنوتيپ برتر براي اين مناطق مورد نظـر مـي باشـد ضـروري اسـت. اثـر متقابـل معنـي‌دار بـراي صـفتي مثـل عملكـرد موجـب كـاهش پيـشرفت در گـزينش شـده و توصيه ژنوتيپ‌ها براي مناطق مختلف را مشكل و محدود مـي‌سـازد (Kang and Gaush, 1996). در عـين حـال بـا افـزايش واريـانس اثـر متقابـل، همبـستگي بـين مقـادير فنوتيپي و ژنوتيپي و در نهايت پاسخ بـه گـزينش كـاهش مي‌يابد (Aastveti and Aastveti, 1993).

در شرايطي كـه بحـث اثـر متقابـل ژنوتيـپ × محـيط وجـود داشـته باشـد، بحـث سـازگاري و پايـداري ارقـام مطرح مي‌شود. سازگاري يك رقم ظرفيت ژنتيكـي رقـم براي توليد عملكرد بالا و پايداري در محيط‌هاي متفاوت مي‌باشد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

نظـر بـه اينكـه ارقـام در محـيط‌هـاي مختلـف داراي سـازگاري متفـاوتي هـستند، سـازگاري را بـه سـازگاري عمومي و سازگاري خصوصي تعريف مي‌نمايند. ارقـامي كه داراي سـازگاري عمـومي هـستند در اكثـر محـيط‌هـا عملكـرد مـشابهي دارنـد و عملكـرد آن‌هـا در غالـب محيط‌ها قابل قبول است. ولي ممكن است عملكرد آن‌ها حداكثر نباشد. اما ارقامي كه داراي سازگاري خـصوصي مي‌باشند در يك يا چنـد محـيط خـاص واجـد حـداكثر عملكرد هستند و با آن محيط‌هاي خاص سازگاري نشان داده‌اند، اما در ساير محيط‌ها عملكرد قابل قبـولي ندارنـد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

واكـنش ژنوتيـپ‌هـاي مختلـف بـه شـرايط محيطـي متفاوت مي‌تواند به صورت يك رابطة چند متغيـره باشـد كـه در فـضايي چنـد بعـدي قابـل توصـيف اسـت (شـاه‌محمـدي، ۱۳۸۱). تجزيـه پايـداري بـا اسـتفاده از آماره‌هاي چند متغيره، در روش‌هاي گونـاگوني بـه كـار گرفتـه شـده اسـت كـه از مهـم‌تـرين آن‌هـا مـي‌تـوان بـه تجزيه خوشـه‌اي، تجزيـه بـه مؤلفـه‌هـاي اصـلي و تجزيـه اثـرات اصـلي جمـع‌پـذير و اثـرات متقابـل ضـرب‌پـذير (Additive Main effects and Multiplicative Interaction=AMMI) اشاره كرد. مدل AMMI نسبت بـه ساير روش‌ها كاراتر و معتبرتر است و در آن به نـوعي از تجزيه به مؤلفه‌هاي اصلي و همچنين تجزيه خوشـه‌اي در قالب تجزيه الگوي (Pattern Analysis) واكنش ژنـوتيپي اسـتفاده مـي‌شـود. مـدل AMMI اثـرات اصـلي افزايـشي حاصـل از تجزيـه واريـانس را بـا تجزيـه بـه مؤلفـه‌هـاي اصـلي اثـر متقابـل ژنوتيـپ * محـيط تركيـب مـي‌كنـد (Kang and Gaush, 1996).

از روش AMMI بـراي تعيـين الگوهـای سـازگاری و پايـداری عملكـرد در محـصولات متفـاوت و توسـط محققين مختلف استفاده شده اسـت: كروسـا و همكـاران (Crossa *et al.*, 1990) بـا اسـتفاده از مـدل AMMI در تجزيه داده‌هاي حاصل از دو سري آزمايشات بين‌المللـي ارقام ذرت، ضمن تفسير اثر متقابل ژنوتيـپ × محـيط، از آن جهت پيش‌بيني عملكرد ژنوتيپ‌هـا اسـتفاده كردنـد. نتايج حاكي از آن بـود كـه مـدل AMMI دقـت تخمـين عملكرد را معادل دقت حاصـل از افـزايش تعـداد تكـرار افزايش مي‌داد.

ناشيت و همكـاران (Nachit *et al.*, 1992) در تجزيـه پايداري عملكرد ۲۱ ژنوتيپ گنـدم دوروم در ۲۲ منطقـه مديترانـه‌اي نيمـه مرطـوب در سـال زراعـي ۸۷-۱۹۸٦ مـيلادي، از مـدل رگرسـيون خطـي و AMMI اسـتفاده كردند. با استفاده از مدل AMMI پنج محور مؤلفه اصـلي اثر متقابل معني‌دار به دست آمـد. در ايـن مطالعـه تجزيـه پايـداري بـا اسـتفاده از روش AMMI دقيـق‌تـر از روش رگرسيون بود.

انيكچياريكو (Annicchiarico, 1997) در مقايسه مدل رگرسيوني خطي و AMMI در تفسير اثر متقابل داده‌هاي سـه آزمـايش گنـدم دوروم، دو آزمـايش ذرت و يـك آزمايش گندم نان و يولاف، دريافت كـه توانـايي بيـشتر

مدل AMMI محدود به گياه خاصي نيست بلكه در شرايطي كه محدوديت‌هاي محيطي تأثير بيشتري بر پاسخ ژنوتيپ‌ها مي‌گذارد اين روش كارآيي بيشتري داشت.

اسنلر و همكاران (Sneller *et al*., 1997) در مطالعه پارامترهاي پايداري عملكرد و تكرارپذيري آن‌ها در گياه سويا در سال‌هاي ۹۴-۱۹۸۷ ميلادي پارامترهاي bi، S^2di، δ_i^2 و نه پارامتر پايداري AMMI را محاسبه كردند. نتايج آماره‌هاي پايداري مشتق از مدل AMMI با نتايج حاصل از آماره‌هاي S^2di و δi^2 مشابه بود. تكرارپذيري دو آماره ضريب رگرسيون و يك آماره AMMI به خصوص براي تخمين‌هاي محيطي در طي دو سال، متوسط بود.

ويكاي و هانت (Weikai and Hunt, 2001) در مطالعة آزمايشات عملكرد گندم زمستانه در انتاريو در كانادا در خلال سال‌هاي ۹۸-۱۹۹۲ ميلادي، از تجزيه به مقادير منفرد استفاده كردند. آن‌ها گزارش كردند كه ارتفاع گياه و رسيدگي دو عامل ژنتيكي اساسي ايجادكننده اثر متقابل ژنوتيپ × محيط و سرما در فصل زمستان و گرما در تابستان عوامل اصلي محيطي ايجادكننده اثر متقابل مذكور بودند.

شاه‌محمدي (۱۳۸۱) در ارزيابي پايداري ۱۹ ژنوتيپ جو در ده ايستگاه منطقه سرد كشور به مدت سه سال، پارامترهاي مختلف پايداري را محاسبه و ژنوتيپ‌هاي پايدار را با استفاده از هر روش را معرفي كرد. با استفاده از معيارهاي AMMI ($SIPC_1$ =Sum of the value of IPC Scores، $AMGE_1$=Sum across environments of GEI و EV_1=Eigen Vector values) و استفاده از تجزيه واكنش ژنوتيپي، ارقام با سازگاري عمومي و خصوصي مشخص شدند و نتايج همبستگي معيارهاي پايداري نشان داد كه $SIPC_1$ با bi همبستگي معني‌داري داشتند.

جليل‌نژاد و فرشادفر (۱۳۸۳) به منظور مطالعه اثر متقابل ژنوتيپ و محيط و تجزيه پايداري، ۱۹ لاين گندم نان را به همراه رقم سرداري به مدت ٤ سال در دو شرايط آبي و ديم در كرمانشاه مورد ارزيابي قرار دادند. پس از انجام تجزيه به مؤلفه‌هاي اصلي روي ماتريس باقي مانده، سه مؤلفة اصلي نخست معني‌دار شد و مدل AMMI با سه مؤلفه ۸۳ درصد از تغييرات اثر متقابل را توضيح داد. براساس نمايش دو بعدي مدل، لاين‌هاي پايدار و لاين‌هاي با سازگاري خصوصي شناسايي شدند و گروهبندي ژنوتيپ‌ها و محيط‌ها بر اين اساس صورت گرفت .

با وجود تحقيقات متعدد در زمينه پايداري عملكرد و اثر متقابل ژنوتيپ × محيط، تفاوت‌هاي ژنتيكي و شرايط محيطي هر آزمايش، مطالعة اثر متقابل ژنوتيپ × محيط را در شرايط اختصاصي آن آزمايش الزامي مي‌كند. به عبارت ديگر انجام مطالعات پايداري عملكرد و اثر متقابل در هر آزمايش به هيچ عنوان پاسخ‌گوي اين نياز در آزمايشات مستقل ديگر نيست. بنابراين با توجه به نياز شديدي كه به وجود ارقام با عملكرد بالا و در عين حال پايدار جو در مناطق معتدل كشور وجود دارد، نياز به چنين مطالعاتي را در محصول جو ضروري مي‌نمايد. سطح زير كشت جو آبي در مناطق معتدل كشور حدود ۳۲۵ هزار هكتار و با توليد بيش از يك ميليون تن محصول دانه جو اهميت اين محصول را در اين مناطق نشان مي‌دهد. با توجه به موارد مذكور شناسايي ژنوتيپ‌ها با سازگاري عمومي براي اقليم معتدل كشور و ارزيابي سازگاري خصوصي آن‌ها براي زير منطقه‌هاي اين اقليم از اهداف اين تحقيق بود.

مواد و روش‌ها

به منظور معرفي ژنوتيپ‌هاي پر محصول، سازگار و با عملكرد پايدار جو براي مناطق معتدل كشور، آزمايش يكنواخت سراسري لاين‌هاي اميدبخش جو با استفاده از ۲۰ ژنوتيپ (جدول ۱) در نه ايستگاه منطقه معتدل كشور شامل كرج، اصفهان، كرمان، يزد، بيرجند، زرقان، نيشابور، كلاردشت و ورامين در سال‌هاي زراعي ۸۱-۸۰

و ٨٢-٨١ (بـه مـدت دو سـال) بـا اسـتفاده از طـرح بلوك هاي تصادفي با سه تكـرار انجـام شـد. ژنوتيـپ‌هـا شامل ١٨ لاين اميد بخش جديد جـو همـراه بـا دو شـاهد (رقم ريحـان و لايـن MB73-6 يـا كـارون ×كـوير) بـود. كرت‌هاي آزمايشي شامل دو پـشته و روي هـر پـشته سـه خط بـه طـول شـش متـر بـود. پهنـاي هـر پـشته برابـر ٦٠ سانتي‌متر و عرض هر كرت برابر ١/٢٠ متر بود. مـساحت كاشت ٧/٢٠ = ١/٢ × ٦ مترمربع بود كه پـس از حـذف نيم متر از بالا و پـايين هـر كـرت مـساحت برداشـت هـر كرت ٦ = ١/٢ × ٥ مترمربع گرديد. ميزان بذر بـر اسـاس ٣٥٠ دانه درهر مترمربع منظور شد. در سـال‌هـاي اجـراي آزمايش عمليات تهيـه زمـين طبـق عـرف معمـول انجـام گرفت. تعداد دفعات آبياري براساس نياز گياه و با توجـه به شرايط محيطي هر ايستگاه انجام شـد. در كليـه منـاطق آبياري به مقدار كافي براي تمام دوره رشد و نمـو انجـام گرديد. در پايان هـر سـال زراعـي محـصول كـرت‌هـاي آزمايـشي بـه طـور جداگانـه برداشـت و تـوزين شـد و عملكرد دانه كرت‌ها اندازه‌گيري شدند .

پيش از انجام تجزيه واريانس مركب آزمون همگنـي واريانس خطاهاي آزمايشي با استفاده از آزمـون بارتلـت انجام شد. جهت بهره‌گيري از اطلاعات گـسترده تجزيـه پايـداري بـه روش‌هـاي چنـد متغيـره از روش AMMI استفاده شـد. و ضـمن تجزيـه واريـانس بـر ايـن اسـاس، مقادير مؤلفه‌هاي اصلي اثـر متقابـل بـراي هـر ژنوتيـپ و مكـان اسـتخراج شـد، و بـا اسـتفاده از پارامترهـاي پايـداري AMMI و نمـايش دو بعـدي، سـازگاري عمـومي و خـصوصي ژنوتيـپ‌هـا مـورد مطالعـه قـرار گرفت.

جدول ١- شجره ژنوتيپ‌هاي جو

Table 1. Pedigree of barley genotypes

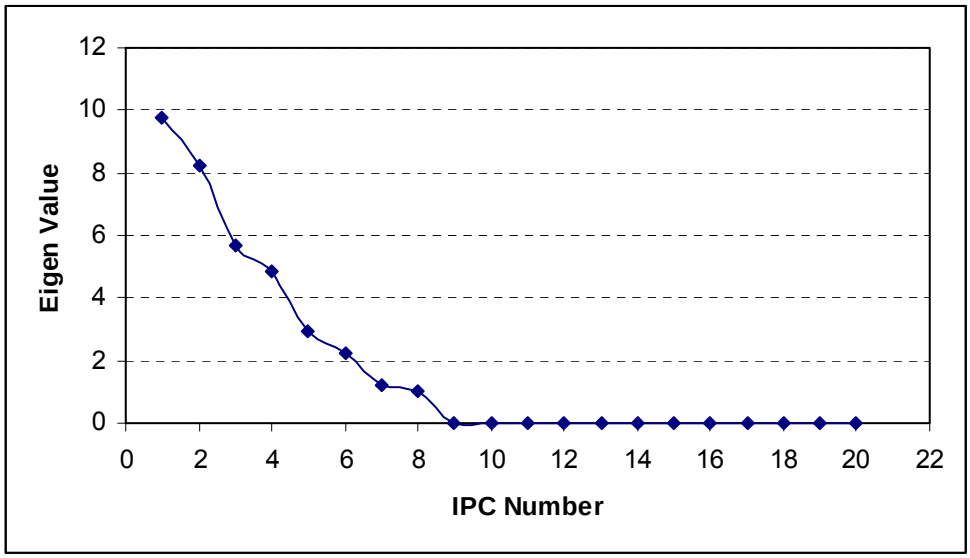
Entry	Parents/Pedigree
1	Check-1(Rihane)
2	Karoon/CS.53/Hiproly//Productive
3	Suifu//Walfajre//Desnud Navaro
4	C.C.89/VA 88-11-7
5	Th.Unk.48/Badia
6	Composit-1-92-6
7	Rihane//Aths/Bc
8	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir
9	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir
10	Kavir/IFB
11	AS 46/Aths*2/(CM67/Centeno/Rubur)
12	Comp89-9CR-79-07/Atem//APM/HC1905//Rubur
13	Walfajre/Miraj1
14	Walfajre//Antares/Izmir252 2
15	Ashar/Rojo
16	L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"- Copal"s"
17	L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir
18	Delisa/Alger-Ceres//Jeferson/PI1245
19	L.640/Productive
20	Check-2 (Karoon/Kavir)

پارامترهاي پايداري مدل AMMI شامل SIPC (Sum of the value of IPC Scores)به عنوان مجموع قدر مطلق مقادير IPC (مؤلفه اصلي اثر متقابل ژنوتيپ × محيط) ژنوتيپ‌ها و EV (Eigen Vector values) به عنوان ميانگين مربعات بردارهاي ويژه ژنوتيپي نيز محاسبه و نمودارهاي دو بعدي مربوط به اين پارامترها و ميانگين عملكرد براي ژنوتيپ‌ها و مكان‌ها رسم و ژنوتيپ‌هاي پرمحصول، سازگار و با عملكرد پايدار بر اين اساس معرفي شدند.

نتايج و بحث

پيش از انجام تجزيه واريانس مركب، به منظور آزمون همگني واريانس خطاهاي آزمايشي، آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به اين كه آماره‌ي χ^2 با درجه آزادي ۱۷ از مقدار آن در جدول مربوطه در سطح احتمال ۱% كوچك تر بود، بنابراين فرض همگني واريانس خطاي آزمايشات در سطح ۱% رد نشد.

نتايج تجزيه واريانس عملكرد دانه بر مبناي روش AMMI در جدول ۲ آورده شده است. منابع تغيير ژنوتيپ، محيط و اثر متقابل ژنوتيپ × محيط و نيز پنج مؤلفه اول از تركيب پنج مؤلفه اصلي اثر متقابل در سطح احتمال ۱ % معني‌دار بودند. پانزده مؤلفه غيرمعني‌دار باقيمانده با باقيمانده اثر متقابل (Noise) ادغام شدند و در آزمون كارآيي مدل به كار رفتند. نمودار رتبه‌بندي مؤلفه‌هاي اصلي كه در آن محور افقي نشان‌دهنده شماره مؤلفه‌هاي اصلي و محور عمودي بيانگر ريشه‌هاي مشخصه مي‌باشند ترسيم گرديد (شكل ۱). به طوريكه مشاهده مي‌شود پنج مؤلفه اصلي اثر متقابل، بيشترين سهم را در بيان اثر متقابل ژنوتيپ و محيط داشتند و بيش از هفتاد درصد تغييرات كلي را توجيه كردند. معني‌دار بودن F مدل بيانگر برازش خوب مدل AMMI با داده‌ها بود.



شكل ۱- نمودار رتبه‌بندي مؤلفه‌هاي اصلي اثر متقابل ژنوتيپ × محيط

Figure 1. GEI principle component screegraph for G * E interaction

اثرمتقابل ژنوتيپ × محيط در حدود ۱۴/۱۸ % از مجموع مربعات كل را به خود اختصاص داد. همچنين سهم اثر متقابل ژنوتيپ × محيط از درجه آزادي كل ۳۰% بود. در مدل AMMI سهم اولين مؤلفه اصلي

۲۲/۳۴% از مجموع مربعات اثر متقابل G×E بود و پنج مؤلفه اول در مجموع ۷۴/۶۸% از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تبیین کردند. در مدل AMMI5 باقیمانده اثر متقابل۲۵/۳۱% از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ۳/۵۹% از تغییرات کل را تشکیل داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۸ محیط بر مبنای روش AMMI

Table 2. Analysis of variance of grain yield for 20 barley genotypes in 18 environments- using AMMI

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادي df	میانگین مربعات (MS)	آزمونF
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	3.67	6.07**
Env. (E)	محیط	17	92.19	152.46**
G × E	ژنوتیپ × محیط	323	1.06	1.76**
Model	مدل	361	5.49	9.08**
IPCA 1	مؤلفه اول	34	2.25	3.72**
IPCA 2	مؤلفه دوم	32	2.01	3.32**
IPCA 3	مؤلفه سوم	30	1.52	2.52**
IPCA 4	مؤلفه چهارم	28	1.43	2.37**
IPCA 5	مؤلفه پنجم	26	1.11	1.84**
Noise	باقیمانده اثر متقابل	173	0.50	0.83^{ns}
Error	خطا	718	0.60	

* و **: به ترتيب معني‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد مي‌باشند.

جهت انجام تجزیه AMMI و تعیین مقادیر مؤلفه‌هاي اصلي هر يك از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و همچنین محاسبه پارامترهاي پایداري AMMI، بردارهاي ویژه ژنوتیپ‌ها (ξ_i)، بردار ویژه محیط (η_j)، مقادیر ویژه مؤلفه‌ها و مقادیر مؤلفه‌هاي اصلي اثر متقابل (IPC) براي ژنوتیپ‌ها (جدول ۳) و محیط‌ها (جدول ٤) محاسبه شد. براساس اولین مؤلفه اصلي اثر متقابل، بدون در نظر گرفتن علامت، ژنوتیپ شماره ۱۱ ((AS 46/Aths*2/(CM67/Centeno/Rubur) با کمترین مقدار (۰/۰۰۹-) پایدارترین ژنوتیپ بود. پس از این ژنوتیپ، ژنوتیپ‌هاي ۱۷ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir) و ۲ (Karoon/CS.53/Hiproly//Productive)جزء ژنوتیپ‌هاي پایدار بودند. ژنوتیپ هاي ۸ (LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir) و ٤ (C.C.89/VA 88-11-7) با بیشترین مقدار مؤلفه اول، بیشترین نقش را در مؤلفه اول اثر متقابل داشتند و از این لحاظ ناپایدارترین بودند. بر اساس دومین مؤلفه اصلي اثر متقابل که بعد از اولین مؤلفه بیشترین توجیه را براي اثر متقابل به خود اختصاص داده بود، ژنوتیپ‌هاي ۱۰ (Kavir/IFB) و ۱٦(L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/(Gloria"s"Copal"s")) با کمترین مقدار پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۳). همچنین از لحاظ مقادیر مؤلفه اول اثرات متقابل براي محیط‌ها، زرقان و یزد کمترین مقدار و کرج و اصفهان بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ٤).

جدول ۳- مقادیر ویژه و مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول تا پنجم بر مبنای مدل AMMI5 برای بیست ژنوتیپ

Table 3. Genotypic Eigen values and principle components of first to fifth interactions based on AMMI5

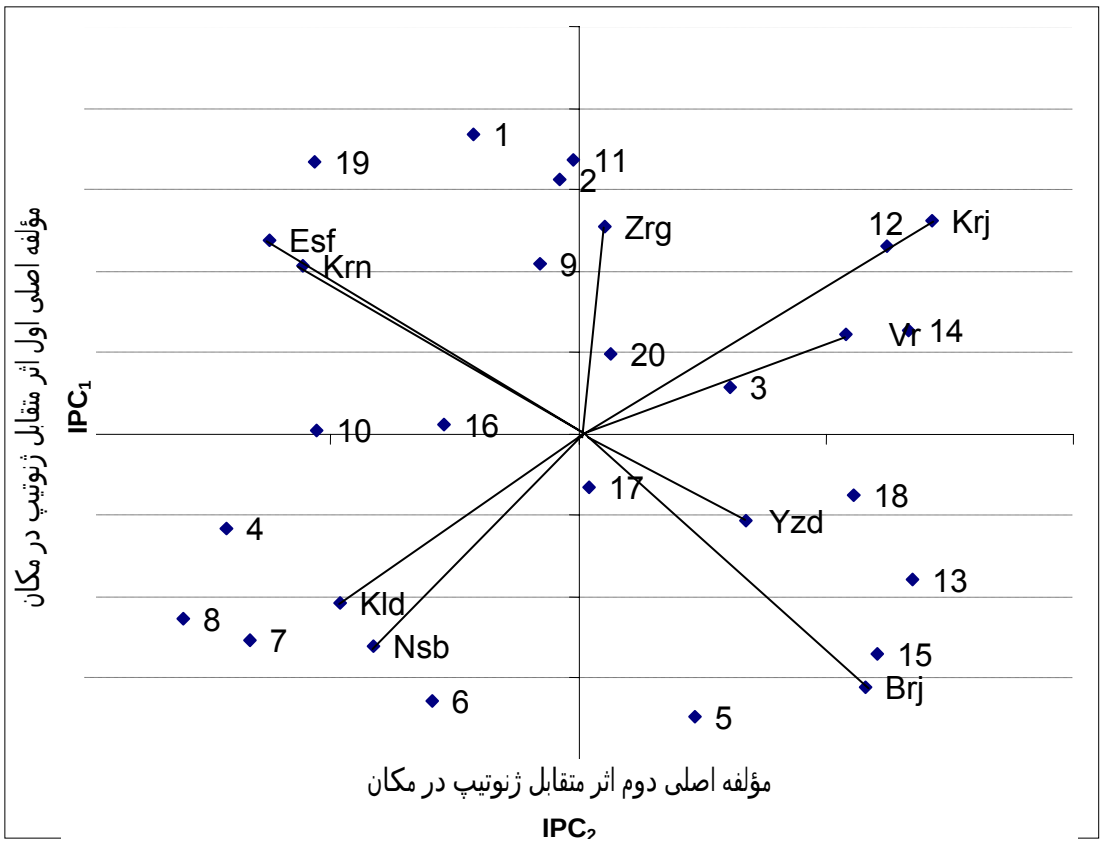
(ژنوتیپ) Genotype	اولین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_1	دومین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_2	سومین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_3	چهارمین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_4	پنجمین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_5
مقادیر ویژه Eigen value	9.7669	8.2084	5.6516	4.8366	2.9604
13	0.676	-0.357	-0.261	-0.489	-0.171
14	0.668	0.256	0.563	0.190	0.149
12	0.625	0.462	0.306	0.497	0.012
15	0.606	-0.538	0.010	-0.268	0.322
10	-0.527	0.011	-0.447	0.482	0.061
7	-0.665	-0.507	0.350	0.240	-0.278
4	-0.713	-0.232	-0.138	-0.065	0.398
8	-0.800	-0.455	0.137	0.142	0.236
1	-0.211	0.736	0.421	-0.260	-0.189
11	-0.009	0.670	-0.352	0.221	0.573
9	-0.532	0.669	0.051	-0.200	0.278
2	-0.039	0.623	-0.602	0.415	-0.057
6	-0.296	-0.654	0.250	-0.360	0.037
5	0.237	-0.692	0.335	0.494	0.128
18	0.557	-0.151	-0.694	0.356	0.024
16	-0.272	0.025	-0.715	-0.018	-0.544
17	0.020	-0.130	-0.761	-0.091	-0.366
19	-0.075	0.419	0.332	-0.772	-0.029
3	0.306	0.116	0.636	0.133	-0.645
20	0.064	0.198	-0.208	-0.617	-0.201

جدول ٤- مقادیر ویژه و مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول تا پنجم بر مبنای مدل AMMI5 برای مکان‌ها

Table 4. Location eigen values and principle components of first to fifth interactions based on AMMI5

مکان Location	اولین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_1	دومین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_2	سومین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_3	چهارمین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_4	پنجمین مولفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط IPC_5
مقادیر ویژه Eigen value	9.767	8.208	5.652	4.837	2.961
Esfehan (2)	-0.623	0.475	-0.023	-0.072	-0.194
Kerman (5)	-0.556	0.414	0.094	0.375	-0.452
Yazd (3)	0.339	-0.213	-0.237	-0.789	-0.197
Karaj (1)	0.713	0.524	0.164	-0.291	-0.017
Zarghan (7)	0.052	0.510	0.054	0.311	0.733
Birjand (6)	0.578	-0.620	0.007	0.453	-0.176
Klardasht (9)	-0.482	-0.414	-0.714	-0.072	0.176
Neishabour (4)	-0.415	-0.522	0.703	-0.183	0.136
Varamin (8)	0.539	0.240	-0.198	0.358	0.094

به منظور ارزيابي تغييرات محيطها و همچنين ارتباط دادن ژنوتيپ‌هاي با عملكرد پايدار در محيط‌هاي مختلف از نمودار دو بعدي استفاده گرديد (شكل ۲). در نمودار دو بعدي محور عمودي اثرات متقابل ضربي يا مقادير اولين مؤلفه اصلي و محور افقي نمايانگر اثرات متقابل ضربي يا مقادير دومين مؤلفه اصلي مي باشد.



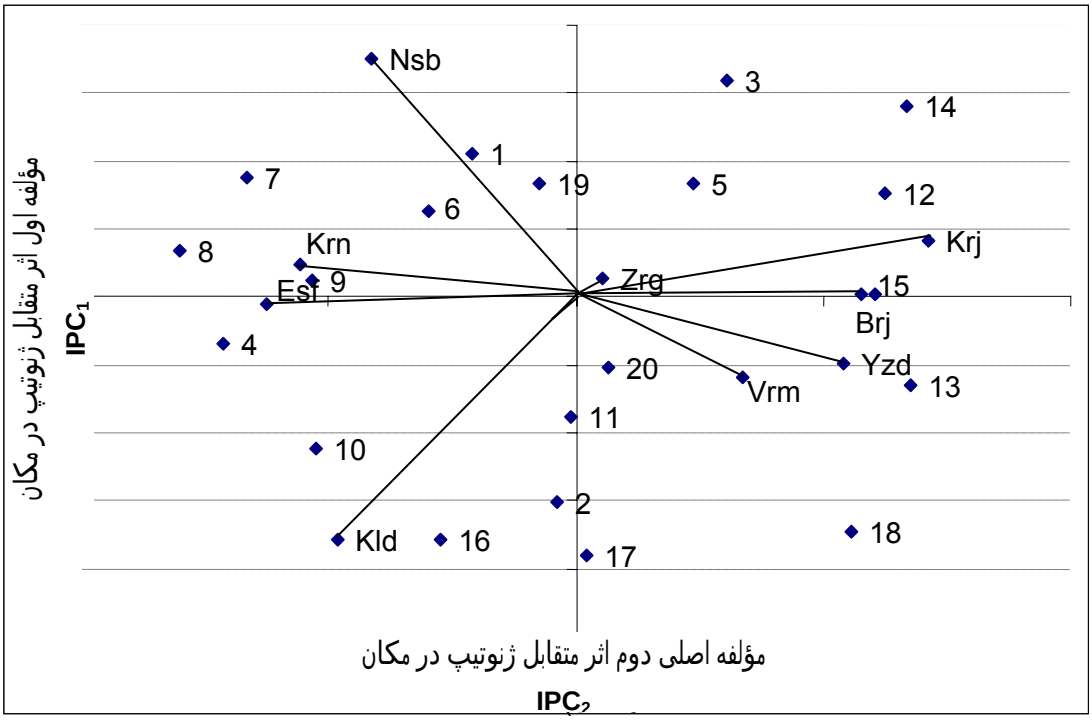
شكل ۲- نمودار دو بعدي، دو مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل ژنوتيپ * مكان

Fig. 2. GEI Biplot using first and second principle components

با توجه به نمودار دو بعدي (شكل ۲) دو مؤلفه اول كه بيشترين ميزان اطلاعات را نيز تبيين كردند (حدود ٤١/١% از كل مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتيپ در محيط را توضيح مي‌دهند)، ژنوتيپ‌هايی كه در مجاورت مكان‌های هم جوار قرار گرفته‌اند دارای سازگاری خصوصی و ژنوتيپ‌هايی كه در نزديكی خطوط مؤلفه‌های اصلی متقابل قرار گرفته‌اند دارای سازگاری عمومی می‌باشند. بنابراين ژنوتيپ ۱۲ و ١٤ با مكان‌های كرج (Krj) و ورامين(Vrm) و ژنوتيپ‌های ۷، ۸ و ٦ با مكان‌هاي نيشابور (Nsb) وكلاردشت(Kld) و ژنوتيپ‌های ۱۳، ۱۵ و ۵ دارای سازگاری خصوصی با مكان‌های بيرجند (Brj) ويزد(Yzd) بودند. بر اين اساس روند تغييرات محيطی در دو مكان بيرجند (Brj) و يزد (Yzd) به دليل زاويه حاده بين اين دو بردار محيطی همسو و به دليل زاويه قائمه با مكان‌هاي نيشابور(Nsb) و كلاردشت (Kld) مستقل از آن است. بنابراين با توجه به شكل ۲ مكان‌ها به چهار گروه تقسيم شدند. به طوريكه ايستگاه‌هاي كرج و ورامين و تا حدودي زرقان در يك گروه ، بيرجند و يزد ، كلاردشت و نيشابور، و اصفهان و كرمان با هم در گروه‌هاي ديگر قرار مي‌گيرند. براساس نمودار دو بعدي دو مؤلفه اول و دوم (شكل ۲) ژنوتيپ‌هاي شماره ١٦، ١٧، ۳ و ۲۰

جـزء پایـدارترین ژنوتیـپ‌هـا بودنـد. ولـي براسـاس نمـودار دو بعـدي دو مؤلفـه اول و سـوم (شـكل ٣) ژنوتیـپ ٩ (LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir) بـر روی محـور قـرار گرفتـه كـه نـشان می‌دهد حداقل تغییرات را تحـت تـأثیر تغییـرات مكـاني دارا بوده است.

ممكن است مقایسه نتایج دو نمـودار ، نتـایج كـاملاً مشابهي براي سازگاري ژنوتیپ‌هـاي مختلـف بـه خـاص همـراه نباشـد كـه بـه نظـر مـي‌رسـد كـه ایـن بـه آن دلیـل اسـت كـه مؤلفـه‌هـاي مختلـف، ابعـاد متفـاوت و متعامدي از اثر متقابل را كمي مي‌سازند، بنـابراین نتـایج سازگاري خصوصي در نمودارهاي دو بعدي (شـكل ٢ و ٣) تا حدي متفاوت مي‌باشـد. بـه هـر حـال جهـت تعیـین سـازگاري خـصوصي، نمـودار دو بعـدي IPC_1 و IPC_2 چـون بـا توجیـه درصـد بیـشتري از تغییـرات، را توضـیح مي‌دهد، قابل اسنادتر مي‌باشد.



شكل ٣- نمودار دو بعدي با دو مؤلفه اصلی اول و سوم اثرات متقابل ژنوتیپ در مكان

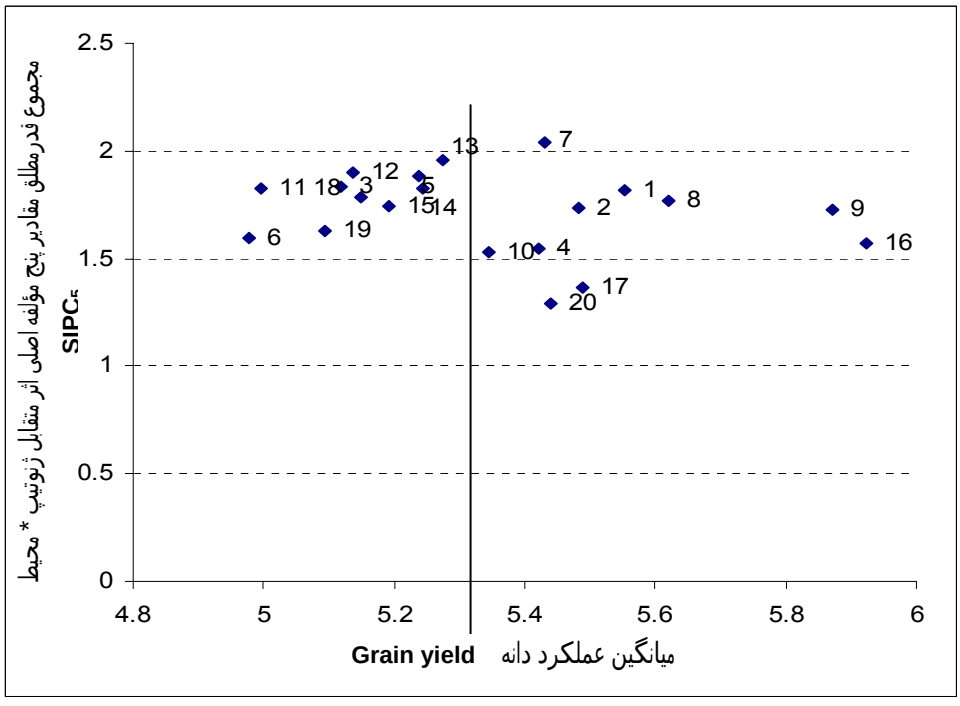
Fig. 3. GEI Biplot using first(IPC_1) and third(IPC_3) principle components

به منظور بررسي دقیـق‌تـر پایـداري ژنوتیـپ‌هـا از دو پارامتر مـدل AMMI استفاده شـد. ایـن پارامترهـا شـامل $SIPC_5$ به عنوان مجموع قدر مطلق مقادیر IPC ژنوتیپ‌ها و EV_5 بـه عنـوان میـانگین مربعـات مقـادیر بـردار ویـژه ژنـوتیپي بـراي ٥ مؤلفـه اول، كـه توسـط مـدل $AMMI_5$ توصیه شده است، بودنـد (جـدول ٥). براسـاس دو معیـار $SIPC_5$ وEV_5 ، قـدر مطلـق مقـادیر كوچـك و نزدیـك صفر حاكي از عدم اثر متقابـل ژنوتیـپ در محـیط بـراي ژنوتیپ مربوطـه اسـت و مقـادیر بـزرگ‌تـر نـشان‌دهنـده وجود اثر متقابل بیشتر در آن ژنوتیپ است. بنابراین براي تعیین ژنوتیپ با عملكـرد پایـدار و برتـر، تجزیـه الگـوي واكـنش ژنـوتیپي (نمـودار دو بعـدي) بـر مبنـاي آمـاره پایداري $SIPC_5$ و میانگین عملكرد ژنوتیـپ (شـكل ٤) و EV_5 و میانگین عملكرد ژنوتیپ‌ها (شكل٥) انجام شد.

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و پارامترهاي برآورد شده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مدل AMMI5

Table 5. Means of grain yield and estimated parameters of GEI based on AMMI5

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه تن در هکتار Grain yield (t/ha)	میانگین مربعات بردارهاي ویژه ژنوتیپي EV_5	مجموع قدر مطلق مقادیر پنج مؤلفه اصلي اثر متقابل ژنوتیپ × محیط $SIPC_5$
13	5.275	0.02596	1.9538
14	5.244	0.02435	1.8254
12	5.136	0.02676	1.9029
15	5.191	0.02181	1.7429
10	5.345	0.02249	1.5267
7	5.430	0.02522	2.0397
4	5.420	0.01909	1.5448
8	5.621	0.02193	1.7689
1	5.553	0.02466	1.8169
11	4.997	0.03090	1.8243
9	5.870	0.02165	1.7300
2	5.484	0.02955	1.7352
6	4.978	0.01985	1.5969
5	5.239	0.02755	1.8859
18	5.150	0.02920	1.7815
16	5.922	0.03186	1.5733
17	5.488	0.02681	1.3685
19	5.093	0.03298	1.6269
3	5.119	0.03450	1.8357
20	5.439	0.02001	1.2889



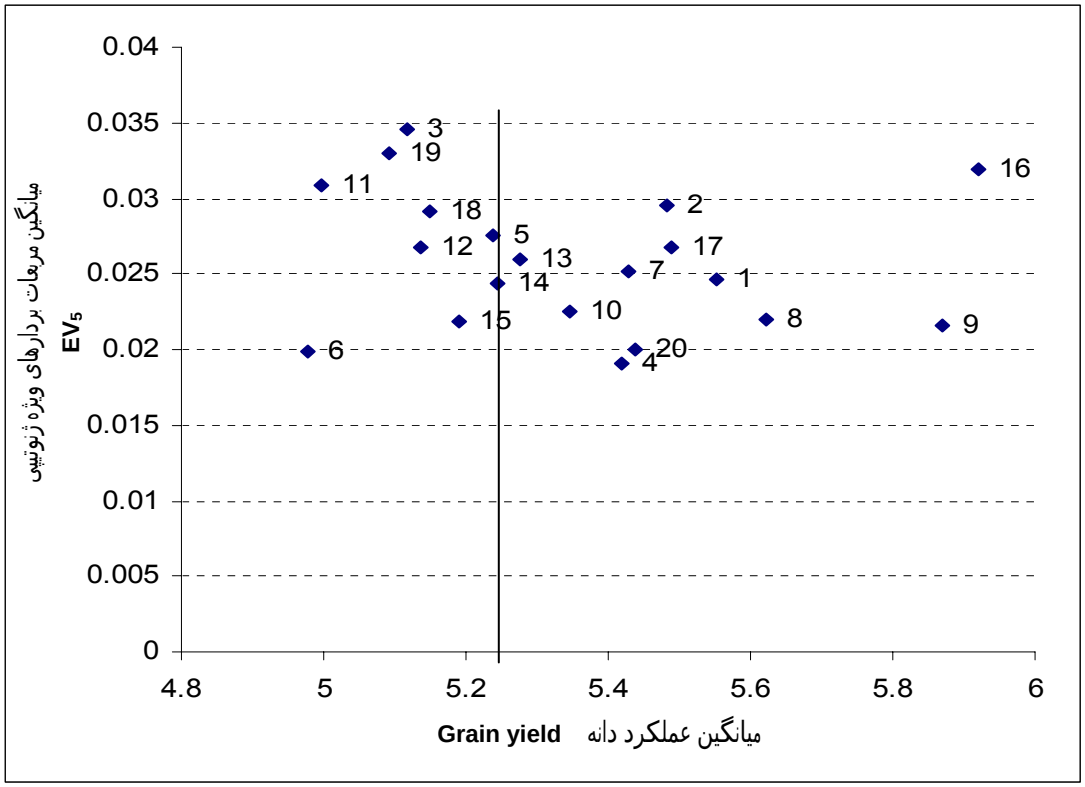
شکل ٤- نمودار دو بعدي میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و SIPC5

Fig. 4. Biplot of Mean grain genotyps vs. SIPC5

برمبنـــای نمـــودار دو بعـــدي پـــارامتر $SIPC_5$ و میـــانگین عملکـــرد دانـــه، ژنوتیـــپ ١٦ (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") ژنوتیپ ماندگار و عملکرد بالا و پایـدار و ژنوتیـپ‌هـای ١٧، ٢٠ و ٤ ژنوتیپ‌های داراي عملکرد پایدار تـشخیص داده شدند (شکل ٤).

تعدادي از محققین با استفاده از روش تجزیه AMMI و پارامترهـــاي پایـــداري AMMI شـــامل SIPC، EV و AMGE و رسم نمودار دو بعدي در گیاه جو بـه ارزیـابي وضـعیت سـازگاري و پایـداري عملکـرد ژنوتیـپ‌هـاي متفاوت پرداختند و این روش را باسایر روش‌ها ي تجزیه پایداري مقایـسه کردنـد. فتـاحي و همکـاران (١٣٧٧) در بررســي تعــدادي از پارامترهــاي پایــداري در جــو و تکرارپـذیري آن‌هـا از داده‌هـاي آزمایـشات یکنواخـت سراسري جو در منطقه معتدل شـامل ١٩ ژنوتیـپ جـو در طي سه سال و هشت مکان استفاده کـرده و نـشان دادنـد که در مدل AMMI، شش مؤلفه اصلي اثـر متقابـل (IPC) معني‌دار بود. با ترسیم نمودار دو بعدي میانگین عملکـرد و IPC_1 ، و مؤلفـه‌هـــاي اول (IPC_1) و دوم (IPC_2) اثـــر متقابل براي ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها، انـواع ژنوتیـپ‌هـا را بـا سازگاري خصوصي به مکان‌هاي مختلف معرفي کردنـد و نشان دادند که پارامتر $SIPC_1$ حاصل از مدل AMMI با وجود تکرارپذیري متوسط، ارزیابي جنبه‌هاي دیگري از پایداري ارقام و مکان‌ها و انتـصاب آن‌هـا را بـه یکـدیگر ممکن مي‌سازد.

کـامرانفر (١٣٨٤) در مطالعـه ٢٠ ژنوتیـپ جـو در ٩ ایستگاه منطقه سرد کـشور بـه مـدت دوسـال آمـاره‌هـاي مختلـف پایـداري عملکـرد از جملـه آمـاره‌هـاي مـدل AMMI را محاسـبه کـرد وي نـشان داد کـه شـش مؤلفـه اصلي اثر متقابل تا سطح ١% معني‌دار شد کـه ٨١/٣٢% از



شکل ٥- نمودار دو بعدی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و EV5

Fig. 5. Biplot of Mean grain genotyps vs. EV5

مجمـوع مربعـات اثـر متقابـل را توجيـه كردنـد. در مجمـوع آنـان روش AMMI را ده برابـر قـوي‌تـر از مـدل رگرسـيوني در توضـيح اثـر متقابـل بـود و در نهايـت ژنوتيـپ ۱۳ (EBYTC80-13) از لحـاظ IPC_1 و IPC_2 و آمارة پايداري مـدل AMMI شـامل $SIPC_6$، EV6 و $AMGE_6$ به عنوان پايدارترين و برترين ژنوتيپ معرفي نمود.

برمبنـای نمـودار دو بعـدي پـارامتر EV_5 و ميـانگين عملكرد، ژنوتی‌ـپ ۹ (LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/ Come"s"-11M/3/Kavir) ژنوتيـپ پـر محـصول و بـا عملكرد پايدار و ژنوتيپ‌هـاي ٤ (C.C.89/VA 88-11-7) و ۲۰ (شـاهد) بـه عنـوان ژنوتيـپ بـا عملكـرد پايـدار تـشخيص داده شـدند. در نهايـت بـا توجـه بـه بررسـي‌هـاي انجـام شـده و پارامترهـاي مـورد بررســي دو ژنوتيــپ شــماره ۹ و شــماره ۱٦ (("L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/(Gloria"s"Copal"s")) كـه حاصـل برنامـه‌هـاي دورگ‌گيـري انجـام شـده در برنامـه ملـي بـه‌نـژادي جـو در كـرج مـي‌باشـد، بـراي معرفـي بـه مطالعـات بـه‌زراعـي و تحقيقـي- تطبيقـي انتخاب شدند.

منابع مورد استفاده References

جليل‌نژاد، ن. و ع. ا. فرشادفر. ۱۳۸۳. مطالعه اثر متقابل ژنوتيپ و محيط در لاين‌هاي گندم نان با استفاده از مـدل AMMI و تجزيه الگو. چكيده مقالات هشتمين كنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ايران. ص ۲۹.

شاه‌محمدي، م. ۱۳۸۱. تجزيه اثر متقابل ژنوتيپ و محيط در ارقـام جـو بـه روش AMMI و مقايـسه آن بـا سـاير روش‌هـا. پايان‌نامه كارشناسي ارشد اصلاح نباتات دانشكده كشاورزي دانشگاه تربيت مدرس.

فتاحي، ف.، م. مقدم، ع. گرامي، و ا. يوسفي. ۱۳۷۹. ارزيابي تكرارپذيري پارامترهاي پايداري در زيرگروه‌هـاي مختلـف محيطي توسط معيار ضرايب هماهنگي كندال در گياه جو (*Hordeum Vulgare* L.). چكيده مقالات ششمين كنگـره‌ي علوم زراعت و اصلاح نباتات ايران. ص ٥١٤.

فرشادفر، ع. ا. ۱۳۷۷. كاربرد ژنتيك كمي در اصلاح نباتات. جلد دوم. انتشارات باغ بستان.

كامرانفر، ا. ۱۳۸٤. بررسي پارامترهاي پايداري عملكرد لاين‌هـاي اميـدبخش جـو اقليـم سـرد و ارزيـابي صـفات مختلـف مرتبط. پايان‌نامه كارشناسي ارشد اصلاح نباتات. دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران.

Aastveti, A. H. and K. Aastveti. 1993. Effects of genotype – environment interactions on genetic correlations. Theor. Appl. Genet. 86: 1007-1013.

Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica 94: 53-62.

Crossa, J., H. G. Gauch and R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar's trials. 30: 493-500.

Kang, M. S. and H. G. Gauch. 1996. Genotype-by-environment interaction. CRC press.

Nachit, M. M., G. Nachit, H. Ketata, H. G. Gauch and R. W. Zobel. 1992. Use of AMMI and liner regression model to analyze genotype-environment interaction in Durum wheat. Theor. Appl. Genet. 83: 597-601.

Sneller, C. H., L. Kilgore-Norquest and D. Dombek. 1997. Repeatability of yield stability statistics in soybean. Crop Sci. 37: 383-390.

Vargas, M., J. Crossa, F. A. Van Eeuwijk, M. E. Ramirez and K. Sayre. 1999. Using partial least squares regression, factorial regression and AMMI models for interpreting genotype × environment interaction. Crop Sci. 39: 955-967.

Weikai, Y., L. A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype× environment interaction for winter wheat yield. Crop Sci. 40: 597-605.

Analysis of yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes- using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model

Nikkhah[1], H. R., A. Yousefi[2], S. M. Mortazavian[3] and M. Arazmjoo[4]

ABSTRACT

Nikkhah, H. R., A. Yousefi, S. M. Mortazavian and M. Arazmjoo. 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.

Significancet genotype × environment (G × E) interactions effects in a major constraint in evaluation and release of new cultivars. To achieve this goal and in order to evaluate and advance towards new high-yielding and stable/adaptable cultivars suitable for the temperate agro-ecological zone in Iran, a set of yield trials was conducted with 20 elite barley lines using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replicates at nine different experimental field stations during two successive years (1380-1382). Grain yield was studied and the results obtained from the combined analysis of variance revealed significance of all effects i.e. genotype, environment and genotype × environment interactions. Genotypes mean showed that the entries No. 9 (LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir) and No. 16 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") had the highest grain yield. To have a better interpretation of G × E interaction multivariate AMMI method was used, which resulted in five main principle components that explained 74.68% of the interaction mean square. Additionally, the genotypes No. 16 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Gloria"s"-Copal"s") and No. 17 (L.131/Cerbel//Alger-Ceres/3/Kavir) had the lowest IPC_1 and IPC_2 and the highest levels of stability. Using the results of biplot and AMMI analysis, parameters integrated with those of grain yield, the entries 9 and 16 were selected as candidates lines with both best performance and grain yield stability.

Key words: Genotype × Environment Interaction, Barley, Grain yield, AMMI analysis, Temperate agro-ecological zone.

Received: December, 2006

1- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. (Corresponding authors)

2- Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

3- Ph-D. Student, Agriculture and Natural Resouces Campus, The University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Southern Khorsan, Birjand, Iran.+