"مجله علوم زراعی ایران"
جلد پانزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲

تجزیه و تحلیل اثر متقابل اکوتیپ× مکان در اکوتیپ‌های‌یونجه مناطق سردسیری
Analysis of ecotype × location interaction in cold-region alfalfa ecotypes

سید محمد علی مفیدیان[1] و علی مقدم[2]

چکیده

مفیدیان، س. م. ع. و ع. مقدم. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل اثر متقابل اکوتیپ×مکان در اکوتیپ‌های‌یونجه مناطق سردسیری. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۵(۲):** ۱۸۱-۱۹۵.

به منظور گزینش اکوتیپ‌های برتر یونجه مناطق سردسیری و تعیین پایداری عملکرد، آزمایشی طی سال‌های ۸۷-۱۳۸٤ در۱۳ ایستگاه تحقیقات کشاورزی با استفاده از ۱۷ اکوتیپ یونجه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد.در این پژوهش از روش اَمی (AMMI) (تجزیه توأم اثرهای افزایشی جمع پذیر و اثرهای متقابل ضرب پذیر) برای تجزیه اثرهای متقابل اکوتیپ× مکان استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده اثرهای متقابل اکوتیپ× مکان معنی دار بودند و بر اساس عملکرد علوفه خشک، دو مؤلفه اصلی اول ٦٥/٦ درصد و بر اساس ارتفاع گیاه دو مؤلفه اصلی اول ٦٧/٧ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل اکوتیپ×مکان را تبیین کردند. با ترسیم مؤلفه اصلی اول در مقابل مؤلفه اصلی دوم و همچنین محاسبه مقدار پایداری AMMI (ASV) مشخص شد که بر اساس عملکرد علوفه خشک، اکوتیپ صدقیان، پایدارتر بوده و بر اساس میانگین عملکرد علوفه خشک، اکوتیپ‌های ملک کندی ومهاجران بالاترین عملکرد کل را داشتند. از نظر ارتفاع بوته نیز اکوتیپ قره آغاج پایدارترین اکوتیپ برای تمام مکان‌های مورد آزمایش و اکوتیپ گله‌بانی بیشترین میانگین ارتفاع بوته را داشت. اکوتیپ‌های با عملکرد بالاتر و پایدارتر برای هر منطقه به تفکیک مشخص گردیدند. به طور کلی اکوتیپ مهاجران در مناطق تبریز، خوی، زنجان، سنندج، شهرکرد، گلپایگان و همدان بیشترین میانگین عملکرد علوفه خشک و اکوتیپ گله‌بانی در مناطق اصفهان، تبریز، خوی، کرج و مشهد بالاترین ارتفاع بوته را داشتند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، پایداری عملکرد، تجزیه AMMI، عملکرد علوفه و یونجه.

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۸ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۸۱۱۹۷-۱۲-۱۰۰ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد

۱- مربی پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران) (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: alimofidian@yahoo.com)
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

مقدمه

با توجه به اینکه هنوز بین ظهور صفات گیاهی و سازگاری عمومی در گیاهان مختلف ارتباط قوی پیدا نشده، بنابراین ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط مؤثرترین روش برای شناسایی ارقام سازگار محسوب می‌شود (Kempton, 1984; Basford and Cooper, 1998). اثر متقابل ژنوتیپ× محیط رابطه بین ارزش‌های ژنوتیپی و فنوتیپی را کاسته و باعث کاهش بازده گزینش می‌گردد (Chapman *et al*, 1997). برای درک همه جنبه‌های مختلف اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، استفاده از روش‌های آماری چند متغیره ضروری است، زیرا پاسخ و واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها به صورت چند متغیره است. در روش‌های آماری تک متغیره مانند واریانس محیطی (Lin *et al.*, 1986)، ضریب تغییرات فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک (Wrick, 1962)، واریانس شوکلا (Shukla, 1972) و ضریب رگرسیون پرکینز و جینکز (Perkins and Jinks, 1968)، سعی بر این است که این واکنش از طریق محاسبه یک شاخص پایداری نشان داده شود، در نتیجه ممکن است یک ژنوتیپ در یک روش به عنوان پایدار و در روش دیگر به عنوان ناپایدار شناخته شود که این موضوع در تجزیه پایداری عملکرد اکوتیپ‌های یونجه بر اساس روش‌های تک متغیره مشاهده شده است (Mofidian *et al.*, 2009).

در تجزیه‌های چند متغیره ویژگی‌های یک ژنوتیپ از جمله عملکرد آن در چند محیط در یک فضای چند بعدی توصیف می‌شود (Finlay and Wilkinson,1963). از روش‌های چند متغیره در سطح وسیعی در اصلاح نباتات استفاده شده است. به عنوان مثال لین (Lin, 1982) از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از حیث پایداری و پرکینز (Perkins, 1972) از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور شناخت ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بهره گرفته‌اند. از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی (Pattern analysis) برای طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر اثر متقابل آنها با محیط‌ها نیز استفاده شده است (Tai, 1979). تنوع داده های حاصل از آزمایش‌های چند محیطی از یک الگوی ساختاری برای اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و یک باقی‌مانده یا الگوی غیر ساختاری (Noise) تشکیل شده است. الگوهای ساختاری مربوط به واکنش قابل تفسیر ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها بوده و باقی‌مانده (Noise) پاسخ غیر قابل پیش‌بینی و غیر قابل تفسیر است. همانطور که پیشتر ذکر شد، روش‌های آماری بسیاری از جمله تجزیه رگرسیون، تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ارزیابی سازگاری ارقام در محیط‌های مختلف و برآورد اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط و اثر متقابل آنها ارائه شده‌اند. روش تجزیه رگرسیون میانگین ژنوتیپ‌ها روی ارزش‌های محیطی، متداول‌ترین روش در تجزیه پایداری بوده که توسط ییتز و کوکران (Yates and Cochran, 1956)، فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson,1963) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) معرفی و تکمیل گردیده است، با این حال در بسیاری از موارد برخی از فرضیات اساسی این روش صادق نیستندکه از این بین می‌توان به واکنش غیرخطی ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها، اختلاط اثرهای متقابل با اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط و بالاخره وابستگی متغیر مستقل یا شاخص محیطی به متغیر وابسته (میانگین ژنوتیپ‌ها) اشاره کرد (Basford and Cooper, 1998).

در تجزیه واریانس عملکرد ژنوتیپ در محیط‌های مختلف از یک مدل آماری جمع‌پذیر برای اثر اصلی ژنوتیپ و محیط استفاده می‌شود. اگرچه در این روش معنی‌دار بودن یا معنی‌دار نبودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مورد آزمون قرار می‌گیرد، ولی نتیجه این آزمون ممکن است از دقت کافی برخوردار نباشد. در این روش نقش ساختاری ژنوتیپ‌ها یا محیط‌ها در اثر متقابل روشن نمی‌شود. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

در ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط استفاده شده است. اشکال عمده این روش اختلاط اثرهای اصلی جمع‌پذیر ژنوتیپ و محیط با اثر متقابل ضرب‌پذیر ژنوتیپ× محیط است (Zobel and Gauch,1996). کمپتون (Kempton, 1984) و زوبل وگوچ (Zobel and Gauch,1996) برای بهره‌گیری از هردو مدل جمع‌پذیر (تجزیه واریانس) و ضرب پذیر (مؤلفه‌های اصلی) در ارزیابی پایداری ارقام روش اَمی [Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI)] یا مدل توأم اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب پذیر را ارائه کردند. چنانچه در این روش فقط از مدل جمع‌پذیر استفاده شود (با نماد AMMI0)، تجزیه واریانس معمول انجام شده است. در سایر موارد می‌توان یک یا چند مؤلفه اصلی را به مدل اضافه نمود که در این صورت از نمادهای AMMI1, ...,AMMIN استفاده می‌شود. در مدل AMMI اثرهای اصلی جمع‌پذیر ژنوتیپ و محیط با استفاده ازتجزیه واریانس برآورد می‌شوند، ولی از آنجا که واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از یک محیط به محیط دیگر باعث اثر متقابل ضرب پذیر می‌شود و تجزیه واریانس قادر به تجزیه این اثرها نیست، با استفاده ازتجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به مؤلفه‌های اصلی توجیه کننده اثر متقابل و مقدار باقیمانده (Noise) تفکیک می‌گردد (Crossa, *et al.,* 1990). مدل تجزیه اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) ابزاری بسیار قوی در تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ×محیط است، زیرا با نقطه‌یابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر روی بای‌پلات (Biplot) می‌توان با استفاده از این فضای مختصاتی، موقعیت ژنوتیپ‌ها را نسبت به یکدیگر و نسبت به محیط‌های مورد بررسی شناسایی کرد (Yan and Rajcan, 2002). به این طریق استنباط مناسب در مورد اثر متقابل ژنوتیپ× محیط فراهم می‌شود و انتساب ژنوتیپ‌هایی با سازگاری اختصاصی به محیط‌های خاص تسهیل می‌گردد (Zobel *et al.,* 1988). انیکچیاریکو (Annicchiarico, 1997) برای مقایسه روش AMMI با روش‌های رگرسیون و واریانس پایداری در تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در ژنوتیپ‌های یولاف، گندم نان و ذرت از دو پارامتر در مدل AMMI استفاده کرد. پارامتر اول $D=[\sum(\lambda_n\zeta_{in})^2]^{0.05}$ بود که بیانگر فاصله اقلیدسی است و در آن λ_n مقدار ویژه مؤلفه n ام و ζ_{in} بردار ویژه ژنوتیپ است و پارامتر دوم مدل، قدر مطلق اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل بود. در نهایت مشخص شد که مدل AMMI نسبت به مدل رگرسیون در تفسیر اثرهای متقابل ژنوتیپ×مکان مفیدتر است. همچنین از بین دو پارامتر مدل AMMI، D تکرارپذیری بیشتری نسبت به |IPC1| نشان داد. کمپل و لافور (Campbell and Lafever, 1977) افزایش تعداد سال‌ها را در کاهش امید ریاضی واریانس ژنوتیپ‌ها، نسبت به افزایش تعداد مکان‌ها مؤثرتر دانستند. در همین رابطه لیانگ و والتر (Liang and Walter, 1966) بیان کردند که ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای مدت سه سال بویژه زمانی که تعداد مکان‌ها افزایش می یابد، موجب کاهش محسوس امید ریاضی واریانس ژنوتیپ‌ها می شود. پژوهش حاضر با هدف تجزیه و تحلیل اثر متقابل اکوتیپ× مکان برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته به عنوان مهم‌ترین صفات تاثیر گذار بر عملکرد علوفه اکوتیپ‌های یونجه مناطق سردسیری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش شامل ۱۷ اکوتیپ برتر مناطق سردسیری یونجه بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ۱۳ ایستگاه تحقیقاتی طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. اسامی اکوتیپ‌های مورد آزمایش در جدول یک نشان داده شده است. ایستگاه‌های تحقیقاتی (جدول ۲) همگی در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

زمره مناطق سرد و معتدل کشور محسوب می‌شوند. مساحت هر کرت آزمایش ۱۶ متر مربع بود. کلیه عملیات داشت از قبیل مبارزه با آفات و علف‌های هرز مطابق عرف آزمایشات در هر منطقه صورت گرفت. سال اول سال استقرار یونجه در مزرعه بود. در هرچین، با حذف یک متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت (اثر حاشیه) علوفه برداشت و بلافاصله توزین شد. عملکرد علوفه تر در هر کرت به واحد سطح (تن در هکتار) تعمیم داده شد. همچنین از یک متر مربع از دو خط وسط هر کرت یک نمونه علوفه تر به طور تصادفی برداشت و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشکانده شد. نمونه خشک شده توزین گردید و با استفاده از آن عملکرد علوفه خشک در واحد سطح (تن در هکتار) محاسبه شد. به این ترتیب مجموع علوفه خشک چین‌های برداشت شده در هر مکان، برای هر سه سال آزمایش بدست آمد. ارتفاع بوته در زمان برداشت هر چین بصورت میانگین ارتفاع پنج ساقه (سانتیمتر) در هر کرت اندازه گیری شد. ابتدا تجزیه واریانس مرکب سه ساله در قالب کرت‌های خرد شده در زمان با در نظر گرفتن سال به عنوان عامل فرعی انجام شد. اکوتیپ به عنوان متغیر ثابت، سال و مکان بصورت متغیر تصادفی در مدل قرار گرفتند. با توجه به هدف آزمایش که شناسایی و تعیین اکوتیپ با عملکرد و پایداری بالا برای هر یک از مکان‌های مورد آزمایش (سازگاری خصوصی) یا برای کلیه مناطق (سازگاری عمومی) است از میانگین سه ساله داده‌های هر منطقه در قالب ماتریس اکوتیپ× مکان استفاده شد.

جدول۱- کد، نام و منشا اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی

Table1. Code, name and the origin of alfalfa ecotypes

کد Code	Ecotype	اکوتیپ	Origin	منشاء
1	Gharaghozlou	قره قزلو	Gharayunjeh	قره یونجه
2	Hokmabad	حکم آباد	Gharayunjeh	قره یونجه
3	Malekandi	ملک کندی	Gharayunjeh	قره یونجه
4	Kouzare	کوزره	Hamedani	همدانی
5	Famenin	فامنین	Hamedani	همدانی
6	Galebani	گله‌بانی	Gharayunjeh	قره یونجه
7	Rahnani	رهنانی	Esfahan	اصفهان
8	Shurakat	شورکات	Gharayunjeh	قره یونجه
9	Chaleshtar	چالشتر	Chaharmahalobakhtiari	چهار محال و بختیاری
10	Gharaaghaj	قره‌آغاج	Gharayunjeh	قره یونجه
11	Ghargholog h	قارقالوق	Gharayunjeh	قره یونجه
12	Ordubad	اردوباد	Gharayunjeh	قره یونجه
13	Sadaghian	صدقیان	Gharayunjeh	قره یونجه
14	Silvane	سیلوانه	Gharayunjeh	قره یونجه
15	Sahandava	سهندآوا	Gharayunjeh	قره یونجه
16	Ghahavand	قهاوند	Hamedani	همدانی
17	Mohajeran	مهاجران	Hamedani	همدانی

مدل AMMI برای ژنوتیپ gاُم در محیط eاُم و تکرار rاُم (Y_{ger}) به صورت رابطه یک تنظیم شد (Richard *et al.,* 1988):

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n . \gamma_{gn} . \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger} \quad (۱)$$

μ: میانگین کل، α_g و β_e: به ترتیب اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط، $\sum_n \lambda_n . \gamma_{gn} . \delta_{en}$: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، λ_n: مقدار منفرد (Singular value) برای محور مؤلفه اصلی nاُم (IPC)، γ_{gn}: بردار ویژه ژنوتیپ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

برای محور n اُم ، δ_{en}: بردار ویژه محیط برای محور n اُم، ρ_{ge}: مقدار باقیمانده (Noise) یا باقیمانده حاصل از اثرهای ضرب پذیر و ε_{ger}: مربوط به خطا است. همچنین مقدار پایداری AMMI (AMMI Stability Value) با استفاده از روش پورچیس (Purchase, 1997) بر آورد شد:

$$ASV=\sqrt{\left[\frac{SSIPCA1}{SSIPCA2}(IPCA1score)\right]^2+[IPCA2score]^2} \quad (۲)$$

SSIPCA1 و SSIPCA2 به ترتیب مجموع مربعات اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل و IPCA1score و IPCA2score به ترتیب ارزش هر یک از این دو مؤلفه هستند. دو آماره پایداری تک متغیره ضریب تغییرات محیطی (Francis and Kannenberg, 1978) و معیار برتری (Lin and Binns, 1988)) در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. معیار برتری (Superiority measure) به عنوان آماره‌ای تکمیلی که هم بر پایداری و هم عملکرد نسبی بالا تکیه دارد، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$Pi=\frac{\sum_{j=1}^{n}(X_{ij}-M_j)^2}{2n} \quad (۳)$$

n: تعداد مکان‌ها، Xij: عملکرد ژنوتیپ در مکان مورد نظر و Mj : بالاترین عملکرد در مکان مورد نظر است. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون بارتلت انجام گرفت. روش AMMI با استفاده از نرم‌افزار Cropstat 7.2.2007.3 برای تجزیه داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته روی داده‌های میانگین سه ساله ۱۳ منطقه با ۱۷ اکوتیپ یونجه نشان داد که اثر مکان معنی‌دار بود (P<0.000). اثر متقابل اکوتیپ × مکان نیز در سطح احتمال ۰/۰۷ و ۰/۰۱ به ترتیب برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. بین اکوتیپ‌های یونجه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثرهای متقابل سال× مکان و اکوتیپ × سال × مکان این صفات نیز معنی دار بودند. از میانگین داده‌های سه سال در هر مکان استفاده شد تا به تجزیه و تحلیل اثر متقابل اکوتیپ×مکان با استفاده از تجزیه AMMI و همچنین سایر آماره های پایداری برای تعیین پایدارترین اکوتیپ‌ها در مکان‌های مورد آزمایش پرداخته شود. نتایج تجزیه اثر متقابل اکوتیپ× مکان نشان داد که اثر مکان و اثر متقابل اکوتیپ× مکان برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته معنی دار بود. اکوتیپ‌های یونجه از نظر هر دو صفت تفاوت معنی داری نداشتند (جدول۳).

سهم اثرهای اصلی برای مکان، اکوتیپ و همچنین اثر متقابل اکوتیپ× مکان برای عملکرد علوفه خشک به ترتیب ۸۹، ۰/۶، ۱۰/۳ درصد و برای ارتفاع بوته به ترتیب ۸۹/۱، ۱/۲، ۹/۶ درصد از مجموع مربعات کل بود. بالا بودن سهم مکان نشان دهنده تنوع زیاد بین مکان‌ها است. در تجزیه مدلAMMI چهار مؤلفه اصلی اول برای هر دو صفت عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته معنی‌دار بودند و به ترتیب ۴۴/۳، ۲۱/۳، ۹/۳ و ۶/۷ درصد برای عملکرد علوفه خشک و ۵۱/۲، ۱۶/۵، ۹/۶ و۸/۶ درصد برای ارتفاع بوته از مجموع اثر متقابل اکوتیپ× مکان را به خود اختصاص دادند. مجموع سهم دو مؤلفه اول اثر متقابل برای عملکرد علوفه خشک ۶۵/۶ درصد و برای ارتفاع بوته ۶۷/۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل اکوتیپ× مکان را توجیه کرد. این موضوع نشانگر آن است که دو مؤلفه اول و دوم، حدود دو سوم اثر متقابل اکوتیپ× مکان را تفسیر می کند و مؤلفه های بیشتر اهمیت زیادی ندارند. زوبل و همکاران (Zobel *et al.,* 1988) در ارزیابی هفت ژنوتیپ سویا در ۳۵ محیط از چهار مدل تجزیه واریانس، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، رگرسیون خطی و AMMI استفاده کردند. در روش تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ× محیط معنی‌دار نگردید. در روش مؤلفه‌های اصلی سه مؤلفه اول معنی‌دار بودند، ولی این روش به علت اختلاط اثرهای اصلی و متقابل مناسب تشخیص داده نشد. در روش رگرسیون خطی فقط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

جدول ۲- مشخصات و اطلاعات هواشناسی مکان‌های اجرای آزمایش طی سه سال ۱۳۸۷-۱۳۸۴ (http://www.weather.ir)

Table 2. Description and meteorological information of experimental sites during 2005-2008 (http://www.weather.ir)

				موقعیت جغرافیایی Geoghraphical position			اطلاعات هواشناسی Meteorological data			
				طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	حداکثر دما	حداقل دما	میزان بارندگی	رطوبت نسبی
code	کد	Location	مکان	Longitude	Latitude	Height (m)	Max. Tem.˚C	Min. Tem.˚C	Rainfall (mm)	RH (%)
L.1		Arak	اراک	49º 46´ E	34º 06´ N	1708	20.7	7.0	342	46
L.2		Esfahan	اصفهان	51º 40´ E	32º 37´ N	1550	23.4	9.1	123	40
L.3		Tabriz	تبریز	46º 17´ E	38º 05´ N	1361	18.0	6.9	289	54
L.4		Khoramabad	خرم آباد	48º 17´ E	33º 26´ N	1148	25.2	9.1	509	46
L.5		Khoy	خوی	44º 58´ E	38º 33´ N	1103	18.5	5.4	293	59
L.6		Zanjan	زنجان	48º 29´ E	36º 41´ N	1663	18.0	4.0	313	54
L.7		Sanandaj	سنندج	47º 01´ E	35º 20´ N	1373	21.4	5.5	458	47
L.8		Shahrekord	شهرکرد	50º 51´ E	32º 17´ N	2049	20.2	3.4	322	46
L.9		Karaj	کرج	50º 54´ E	35º 55´ N	1312	21.2	8.7	244	47
L.10		Golpaigan	گلپایگان	50º 17´ E	33º 28´ N	1870	20.5	7.9	273.7	38
L.11		Mashad	مشهد	59º 38´ E	36º 16´ N	999	21.1	7.1	255	55
L.12		Neishabour	نیشابور	58º 48´ E	36º 16´ N	1213	21.8	6.7	240	49
L.13		Hamedan	همدان	51º 51´ E	32º 31´ N	1550	19.2	3.3	318	53

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته ۱۷ اکوتیپ یونجه

Table 3. Analysis of variance for dry forage yield and plant height by AMMI model in 17 alfalfa ecotypes.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)		میانگین مربعات (MS)		P. Value		درصد نسبت به مجموع مربعات کل TSS(%)		درصد نسبت به اثر متقابل محیط×اکوتیپ (Location×Ecotype) (%)	
		d.f	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع بوته Plant height	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع بوته Plant height	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع بوته Plant height	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع بوته Plant height	علوفه خشک Dry forage	ارتفاع بوته Plant height
Ecotype	اکوتیپ	16	37.20	281.55	2.32	17.60	0.369	0.068	0.6	1.2		
Location	مکان	12	5125.23	20579.3	427.1	1714.9	0.000	0.000	89	89.1		
Interactions	اثرهای متقابل	192	594.82	2229.77	3.10	11.61	0.001	0.002	10.3	9.6		
IPCA1	مؤلفه جزء اول	27	263.68	1142.88	9.77	42.33	0.000	0.000			44.3	51.2
IPCA2	مؤلفه جزء دوم	25	126.99	369.32	5.08	14.77	0.000	0.000			21.3	16.5
IPCA3	مؤلفه جزء سوم	23	55.63	214.18	2.42	9.31	0.014	0.004			9.3	9.6
IPCA4	مؤلفه جزء چهارم	21	39.92	192.37	1.90	9.16	0.047	0.000			6.7	8.6
Residuals	باقیمانده	96	108.60	311.03								
Total	کل	220	5757.25	23090.6								

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

۱/۹درصد از مجموع مربعات اثر متقابل توسط مدل خطی تبیین شد، ولی مدل AMMI در مجموع با توجیه ۹۴/۷ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل، مفیدترین روش تشخیص داده شد. یان و هانت (Yan and Hunt, 2001) با استفاده از روش AMMI در تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای ارقام گندم زمستانه نشان دادندکه مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپی اثر متقابل به طور معنی‌داری در ارتباط با یک یا چند صفت زراعی در طی سال‌ها می‌باشند. همچنین یکی از مؤلفه‌های اصلی محیطی اثر متقابل دارای همبستگی منفی با نوسانات دما طی سال‌ها بود. فتاحی و همکاران (Fattahi *et al.,* 1998) در تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی ۱۹ ژنوتیپ جو توسط مدل AMMI اثر متقابل معنی‌داری را برای شش مؤلفه اصلی اول گزارش کردند. در این بررسی به طور متوسط ۳۵/۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل توسط اولین مؤلفه اصلی بیان شدکه نسبت به مدل رگرسیون خطی هفت برابر توجیه بیشتری از اثر متقابل داشت. ابدن و گوچ (Ebdon and Gauch, 2002) از عملکرد ۱۲۵ ژنوتیپ علف مرغ در ۱۷ منطقه استفاده کردند. نتایج کار این محققان نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پیچیده بوده و هفت مؤلفه اصلی معنی‌دار بودند، ولی پایداری ژنوتیپ‌های علف مرغ با استفاده از اولین مؤلفه اصلی تعیین گردید. بر اساس عملکرد علوفه خشک مؤلفه اصلی اول مقدار زیادی از تغییرات اثر متقابل (۴۴/۳ درصد) را توجیه کرد. مؤلفه دوم نیز حدود ۲۱/۳ درصد تغییرات مشاهده شده را توجیه کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که پارامترهایی که بر اساس یک یا دو مؤلفه اصلی اول باشند، نتایج معتبر و قابل اطمینانی را ایجاد می‌نمایند. در جدول ۴ میانگین عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته و مقادیرآماره‌های پایداری هر اکوتیپ نشان داده شده است. ضریب مؤلفه اصلی اول (IPCA1) و ضریب مؤلفه اصلی دوم (IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری روش چند متغیره AMMI مورد استفاده قرار می‌گیرند، بطوری که کمترین مقدار (مثبت یا منفی) پایدارترین ژنوتیپ را معرفی می‌کند(Annicchiarico, 1997; Grausgruber *et al.,* 2000). بر این اساس از نظر عملکرد علوفه خشک کمترین مقدار IPCA1 مربوط به اکوتیپ‌های ۶، ۱۷، ۱ و ۲ وکمترین مقدار IPCA2 مربوط به اکوتیپ‌های ۱۵، ۱۳، ۸ و ۴ بود.

اکوتیپ‌های ۷، ۳، ۱۱ و ۱۰ با ضرایب دو مؤلفه اصلی اول و دوم بالا ناپایدارتر بودند. با وجود این، اکوتیپ ۳ با بالاترین میزان عملکرد علوفه خشک به عنوان ناپایدارترین اکوتیپ شناخته شد. با توجه به ارتفاع بوته کمترین مقدار IPCA1 مربوط به اکوتیپ‌های ۱۰، ۶، ۵ و ۱۲ و کمترین مقدار IPCA2 مربوط به اکوتیپ‌های ۱۰، ۴، ۲ و ۳ بود. اکوتیپ‌های ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۲ با میانگین ارتفاع نسبی کم و ضرایب دو مؤلفه اصلی اول و دوم بالا ناپایدارتر بودند. اکوتیپ ۱۷ با میانگین ارتفاع نسبی خوب به عنوان ناپایدارترین اکوتیپ شناخته شد. وجود تفاوت در ارقام پایدار انتخابی با استفاده از ضرایب مؤلفه اول یا دوم و مشکل بودن انتخاب، بر این نکته تاکید دارد که استفاده ازآماره ASV با توجه به تلفیق دو مؤلفه اصلی اول و دوم که منجر به توجیه بخش قابل توجهی از تغییرات اثر متقابل می شود، منطقی‌تر به نظر می‌رسد. این موضوع زمانی که سهم مؤلفه اول و دوم از تغییرات اثر متقابل پایین باشد، مشهودتر و ضروری تر است. نتایج مقادیر پایداری AMMI(ASV) نشان داد که برای عملکرد علوفه خشک، اکوتیپ‌های ۱۳، ۱، ۶ و ۴ به ترتیب با ۰/۴۴۹، ۰/۴۷۵، ۰/۷۶۱ و ۰/۷۸۹کمترین مقادیر و در نتیجه بالاترین سازگاری عمومی به تمام مکان‌های آزمایش و اکوتیپ ۳ با مقدار ۷/۵۷۲ بیشترین سازگاری خصوصی را با مکان L1 داشتند. اکوتیپ‌های ۱۰، ۶، ۱۲ و ۱۶ به ترتیب با ۰/۶۲۱، ۱/۲۰۸، ۱/۳۵۹ و ۱/۷۸۳ بیشترین سازگاری عمومی و اکوتیپ ۱۷ با ۱۲/۶۷۳ بیشترین سازگاری خصوصی را از نظر ارتفاع بوته دارا بود. نتایج حاصل از آماره ASV کاملاً در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

جدول ۴- میانگین، ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل، ارزش پایداری AMMI، ضریب تغییرات و ضریب برتری عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته برای ۱۷ اکوتیپ یونجه

Table 4. Mean, principal components, AMMI stability value, C.V. and superiority measure of dry forage yield and plant height for 17 alfalfa ecotypes.

	Dry forage yield عملکرد علوفه خشک						Plant height ارتفاع بوته					
اکوتیپ Ecotype	میانگین Mean	ضرایب مؤلفه اول IPCA1	ضرایب مؤلفه دوم IPCA2	مقدار پایداری AMMI ASV	ضریب تغییرات $CV_{i(\%)}$	معیار برتری Superiority	میانگین Mean	ضرایب مؤلفه اول IPCA1	ضرایب مؤلفه دوم IPCA2	مقدار پایداری AMMI ASV	ضریب تغییرات $CV_{i(\%)}$	معیار برتری Superiority
1	16.97	-0.103	0.423-	0.475	31.8	11.01	69.81	1.485-	0.341-	4.611	17.4	23.45
2	17.21	0.122	0.818-	0.857	27.5	11.02	69.95	0.603-	0.294-	1.891	16.8	20.83
3	18.03	-3.643	0.302	7.572	51.7	4.37	70.59	0.630-	0.315-	1.975	16.4	15.93
4	17.15	0.351	0.299-	0.789	29.9	11.21	70.35	0.898	0.260-	2.794	15.0	16.56
5	17.18	-0.182	0.845-	0.927	28.9	9.7	70.86	0.244-	1.678-	1.841	14.6	13.61
6	17.32	-0.006	0.761	0.761	32.1	10.03	73.26	0.227-	0.982-	1.208	15.9	6.32
7	16.7	0.881	1.787	2.558	35.3	14.75	69.78	1.329	1.758	4.473	15.6	23.56
8	17.34	0.358	0.238-	0.781	28.8	11.28	70.48	0.651-	0.858	2.192	15.0	17.61
9	17.35	0.491	0.942-	1.388	29.0	11.47	68.29	1.647	1.612	5.346	16.5	35.75
10	16.96	-0.490	0.695	1.234	29.4	10.07	70.29	0.194	0.149-	0.621	14.9	16.67
11	16.76	0.721	0.564-	1.601	30.1	13.57	68.53	2.256-	1.124	7.071	17.7	34.9
12	17.31	0.390	0.687-	1.063	27.4	11.64	69.62	0.397-	0.578-	1.359	14.2	21.51
13	16.75	-0.195	0.19	0.449	28.9	11.6	69.04	1.529-	0.437-	4.754	16.5	25.26
14	17.67	0.444	1.332	1.621	36.6	9.96	71.03	0.461-	1.197	1.863	15.7	15.16
15	16.97	0.424	0.132	0.891	30.5	12.57	71.1	0.577-	1.698-	2.466	15.1	13.57
16	17.9	0.538	0.710	1.326	34.7	9.75	70.79	0.423	1.208	1.783	15.6	15.97
17	18.01	-0.101	1.093-	1.114	30.1	8.07	71.38	4.082	1.021-	12.673	18.5	25.14

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

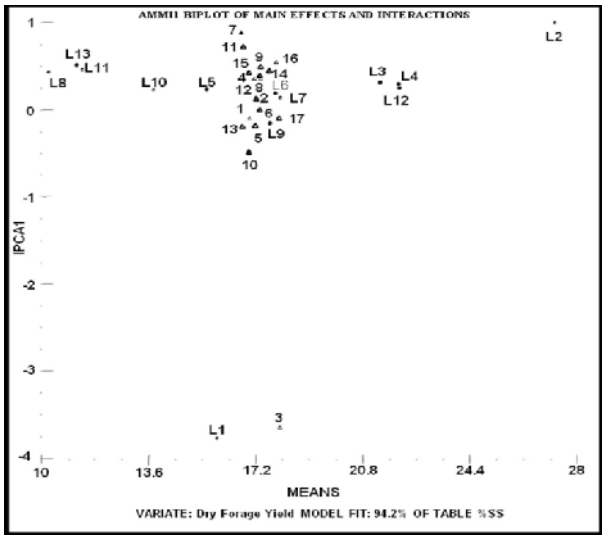
نمودارهای AMMI 2 (شکل‌های ۳ و۴) مورد تایید قرار می‌گیرد. اکوتیپ‌ها هر چه به سمت مرکز بای پلات تمایل داشته باشند، دارای اثر متقابل کمتری با مکان‌های آزمایش می‌باشند. بنابراین اکوتیپ با مقادیر ASV کمتر دارای سازگاری عمومی به مکان‌های آزمایش بوده، در حالی که اکوتیپ‌های دورتر از مرکز بای پلات، دارای سازگاری خصوصی بیشتر می‌باشند. آماره ضریب تغییرات محیطی (CV_i) نشان می‌دهد که جدا از مقدار میانگین، کدام اکوتیپ کمترین تغییرات را در بین مکان ها دارد. از این نظر اکوتیپ‌های ۱۲، ۲ و ۸ با مقادیر ۲۷/۴، ۲۷/۵ و ۲۸/۸ درصد کمترین تغییرات عملکرد علوفه خشک را در بین مکان‌ها داشتند، ولی واجد بالاترین مقادیر میانگین عملکرد نبودند و میانگین‌هایی در حدود میانگین کل (۱۷/۲۹ تن در هکتار) به خود اختصاص دادند. به عبارت دیگر این اکوتیپ‌ها از پایداری بیولوژیکی نسبتاً خوب با نوسان عملکرد پایین برخوردار هستند. کمترین ضریب تغییرات محیطی ارتفاع بوته نیز مربوط به اکوتیپ‌های ۱۲، ۵ و ۱۰ به ترتیب با مقادیر ۱۴/۲، ۱۴/۶ و ۱۴/۹ درصد بود. معیار برتری (Superiority measure) به عنوان آماره‌ای که ازمجموع تفاضل عملکرد هر اکوتیپ از بالاترین عملکرد هر مکان حاصل می‌شود و معرف پایدارترین اکوتیپ با عملکرد نسبی بالا است، نسبت به آماره AMMI که بیشتر بر جنبه نظری پایداری تکیه دارد، کاربردی‌تر و جامع‌تر به نظر می‌رسد. بر این اساس اکوتیپ‌های ۳ ، ۱۷، ۵ و ۱۶ برای صفت عملکرد علوفه خشک به ترتیب با ۴/۳۷ ، ۸/۰۷، ۹/۷ و ۹/۷۵ و اکوتیپ های ۶، ۱۵، ۵ و ۱۴ از نظر ارتفاع بوته به ترتیب با ۶/۳۲، ۱۳/۵۷، ۱۳/۶۱ و ۱۵/۱۶ برتر بودند.

در شکل‌های ۱ و ۲ نمودار AMMI 1 بر اساس میانگین اکوتیپ‌ها یا مکان‌ها و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول برای صفات عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته ارائه شده است. بر این اساس اکوتیپ‌ها یا مکان‌هایی که مقدار IPCA بالاتری دارند (مثبت یا منفی)، اثر متقابل بالایی دارند، در حالی که مقدار کم IPCA اثر متقابل کمتر و پایداری بیشتری را نشان می‌دهد (Crossa *et al.,* 1990 ; Gauch and Zobel, 1996). در این آزمایش اکوتیپ‌های ۲، ۸، ۶، ۱۷، ۱۴ برای عملکرد علوفه خشک با سازگاری بالا در مکان‌های L6, L7, L9, L5 و اکوتیپ‌های ۲، ۶، ۸، ۱۴، ۱۵برای ارتفاع گیاه با سازگاری بالا در مکان‌های L2, L9, L11 از اثر متقابل کمی برخوردار بوده و پایداری بیشتری نشان دادند. از آنجا که مؤلفه اصلی دوم نیز برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته به ترتیب ۲۱/۳ و ۱۶/۵ درصد از اثر متقابل را توجیه کرد. برای رسیدن به نتایج مطمئن، از دومین مؤلفه اصلی نیز استفاده شد و بای پلات مقادیر مؤلفه‌های اول و دوم اکوتیپ‌ها و مکان ترسیم گردید (شکل‌های ۳ و ۴). آکورا و همکاران (Akcura *et al.,* 2005) استفاده از دو مؤلفه اول معنی‌دار در مدل AMMI را بهترین حالت برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در مکان قلمداد کردند. در بای پلات، اکوتیپ‌ها به صورت نقطه و مکان‌ها به شکل بردار نشان داده شده‌اند.

زاویه بین دو بردار مکانی، میزان همبستگی دو مکان را نشان می‌دهد. هر چه زاویه بین دو مکان کمتر باشد، دو مکان همبستگی بیشتری داشته و نقش مشابهی در گزینش اکوتیپ‌ها دارند. زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار مکانی عدم همبستگی دو مکان و زاویه بیشتر از آن نقش متضاد دو مکان در تعیین اکوتیپ سازگار را نشان می‌دهد (Yan and Kang, 2003) . همچنین برای انتخاب مکان های مناسب که اکوتیپ‌ها را بهتر از یکدیگر تفکیک کنند، مکان‌ها باید مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 کم داشته باشند (Yan Yan and Rajcan, 2002; Yan, 1999 *et al.,* 2000;). بر این اساس مکان‌های L1 و L2 بیشترین نقش را در تفکیک اکوتیپ های با عملکرد علوفه خشک بالا از یکدیگر داشتند. همانطورکه در شکل ۳ مشخص است مکان‌های L5 و L10 نقش یکسانی در تفکیک اکوتیپ‌های ۲ و ۹

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

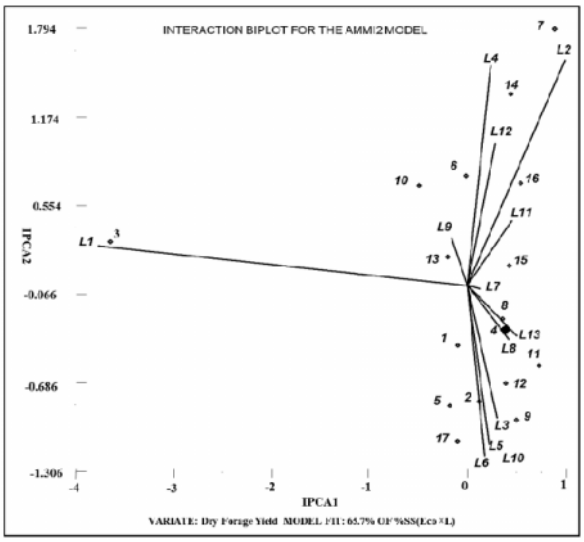


شکل ۱- بای پلات مدل AMMI 1 اثر متقابل اکوتیپ×مکان برای عملکرد علوفه خشک ۱۷ اکوتیپ یونجه در ۱۳ مکان

Fig. 1. AMMI 1 biplot of interaction of ecotype×location for dry forage yield of 17 alfalfa ecotypes in 13 locations

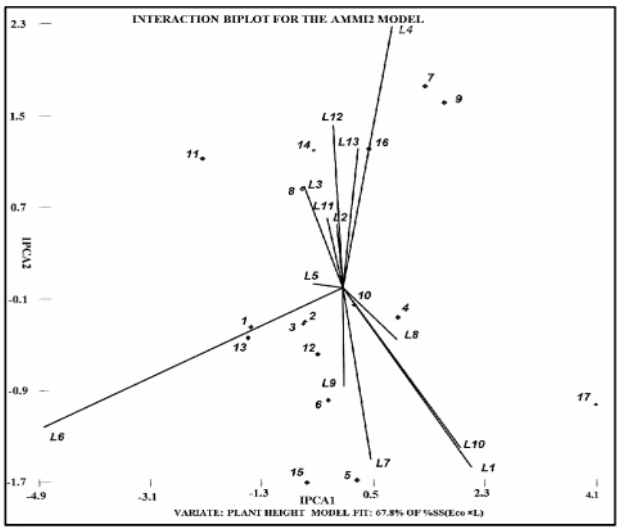
شکل ۲- بای پلات مدل AMMI 1 اثر متقابل اکوتیپ×مکان برای ارتفاع بوته ۱۷ اکوتیپ یونجه در ۱۳ مکان

Fig. 2. AMMI 1 biplot of interaction of ecotype×location for plant height of 17 alfalfa ecotypes in 13 locations



شکل ۳- بای پلات دو مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل اکوتیپ× مکان در مدل AMMI 2 برای عملکرد علوفه خشک ۱۷ اکوتیپ یونجه در ۱۳ مکان

Fig. 3. Biplot of 17 alfalfa ecotypes and 13 locations in the space of the first two ecotype×location interaction principal component (PC) axes for dry forage yield



شکل ۴- بای پلات دو مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل اکوتیپ× مکان در مدل AMMI 2 برای ارتفاع بوته ۱۷ اکوتیپ یونجه در ۱۳ مکان

Fig. 4. Biplot of 17 alfalfa ecotypes and 13 locations in the space of the first two ecotype×location interaction principal component (PC) axes for plant height

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

جدول ۵- چهار اکوتیپ یونجه برتر انتخاب شده توسط مدل AMMI در هر مکان برای صفات عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته

Table 5. Four superior alfalfa ecotypes in each tested location by AMMI model for dry forage yield and plant height

	Dry forage yield عملکرد علوفه خشک					Plant height ارتفاع بوته				
مکان Location	نمره Score	اکوتیپ اول 1st Eco.	اکوتیپ دوم Eco. 2th	اکوتیپ سوم Eco. 3th	اکوتیپ چهارم Eco. 4th	نمره Score	اکوتیپ اول 1st Eco.	اکوتیپ دوم Eco. 2th	اکوتیپ سوم Eco. 3th	اکوتیپ چهارم Eco. 4th
L1	-3.7716	3	10	17	5	-2.0907	17	6	5	4
L2	0.9901	7	14	16	6	0.0952	6	14	16	8
L3	0.3025	17	9	12	2	0.626	6	14	8	16
L4	0.2406	14	7	16	6	-0.8062	7	16	14	9
L5	0.2179	17	9	12	2	0.4775	6	15	14	3
L6	0.1768	17	9	2	12	4.8361	11	1	13	15
L7	0.1291	17	16	14	3	-0.4663	17	6	5	15
L8	0.4242	17	9	16	12	-0.8747	17	6	5	15
L9	-0.1612	3	16	14	17	-0.0247	6	15	17	5
L10	0.2161	17	9	12	2	-1.9088	17	6	5	4
L11	0.4528	14	16	7	6	0.2376	6	14	16	8
L12	0.2825	14	16	7	6	0.1509	14	16	7	6
L13	0.5003	17	9	16	12	-0.2518	14	16	7	6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

و مکـــان‌هـــای L13 و L8 نقـــش مشـــابهی در تعیـــین اکوتیپ‌های مناسب ۴، ۸ و ۱۱ داشته‌اند. زاویـه بـاز ایـن مکان‌ها با مکان L1 که اکوتیپ ۳ را تفکیک کرد، نشان دهنده واکنش متفاوت مکان L1 در اثر متقابل اکوتیپ× مکان است. برترین اکوتیپ‌ها برای مکان‌هـای L3, L5, L6, L10 شامل ۲،۱، ۵، ۹ و۱۷ و اکوتیپ‌های مناسـب و سازگار در مکـان‌هـای L2, L4, L11, L12 عبـارت از ۷، ۱۰ و۶ بودند. مکان‌های بـا تنـوع بـالا شـامل L1 و L2 و مکان دارای کمترین تنوع L7 بودند.

نمـودار بـای پـلات دو مؤلفـه اصـلی اول و دوم اثـر متقابل اکوتیپ در مکان (AMMI 2)، برای ارتفاع بوتـه (شکل ۴) نشان داد که مکان‌های L1 و L10 با کمتـرین زاویه نسبت بـه هـم، نقـش یکسـانی در تعیـین اکوتیـپ مناسـب ۱۷ دارنـد. همچنـین مکـان‌هـای L2 و L12 نیـز واکنش یکسانی در برابر اثـر متقابـل اکوتیـپ در مکـان داشتند که اکوتیپ ۱۴ برای این دو مکـان مناسـب‌تـرین اکوتیـپ تشـخیص داده شـد. بیشـترین تنـوع مکـانی در مکان‌های L1 و L6 وکمترین تنوع مربوط بـه مکـان L5 بود. در جدول ۵، چهار اکوتیـپ برتـر انتخـاب شـده در هر مکان آزمایشی بـر اسـاس بـالاترین مقـادیر میـانگین معرفی شده است. بر ایـن مبنـا اکوتیـپ ۱۷ و ۱۴ از نظـر عملکرد علوفه خشک و اکوتیپ ۶ و ۱۷ از نظـر ارتفـاع بوته، بیشترین مقدار را به عنوان برتـرین اکوتیـپ یونجـه در تمام مکان‌ها داشت. در مجموع نتـایج نشـان داد کـه مدل AMMI با بررسی اثر متقابل اکوتیپ در مکان برای گیـاه یونجـه قـادر بـه تفکیـک مکـان‌هـا بـه گـروه‌هـای متفاوت بوده به طوری که هـر گـروه قـادر بـه شناسـایی اکوتیپ‌های برتر خـود بـود. شـرایط مکـانی نقـش‌هـای مختلفـی در تخصـیص اکوتیـپ مناسـب آن مکـان ایفـا می‌کند و انتخاب مناسـب بـر مبنـای اکوتیـپ پایـدار در مکان‌های مختلف با عملکرد بالا نقش مهمی در پیشـبرد اهداف اصلاحی یونجه در آینده دارند.

منابع مورد استفاده

References

Akcura, M., Y. Kaya and S. Taner. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central Anatolian region. J. Agric. 20: 369-375.

Annicchiarico, P. 1997. Additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) analysis of genotype location interaction in variety trails repeated over years. Theor. Appl. Genet. 94: 1072-1077.

Basford, K. E. and M. Cooper. 1998. Genotype × environmental interaction and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. Aust. J. Agric. Res. 49: 153-74.

Campbell, L. G. and H. N. Lafever. 1977. Cultivar × environment interaction of soft red winter wheat yield. Crop Sci. 22: 932-935.

Chapman, S. C., J. Crossa and G. O. Edmeodes. 1997. Genotype by environment effect and selection for drought tolerance in tropical maize. I. Two mode pattern analysis of yield. Euphytica, 95: 1-9.

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

Ebdon, J. S. and H. G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national. Turfgrass performance trials: I. Interpretation of genotype - environment interaction. Crop Sci. 42: 489-496.

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

Fattahi, F., M. Moghaddam, A. Gerami and A. Yousefi. 1998. Stability of barley varieties through Wrick

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

equivalence parameter and pattern analysis by AMMI model. Proc. 5th Iranian Crop Sciences Congress, Aug. 31-Sep.4. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, IR. Iran. (In Persian).

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. Can. J. Plant Sci. 58: 1025-1034.

Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1996. AMMI analyses of yield trials. In Kang, M. S. and H. G. Gauch (Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC. Boca Raton, Florida, pp. 85-122.

Grausgruber, H., M. Oberforster, M. Werteker, P. Ruckenbauer and J. Vollmann. 2000. Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. Field Crops Res. 66: 257–267.

Kempton, R. A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interaction. Agric. Sci. 103: 123-135.

Liang, C. H. L. and E. G. Walter. 1966. Estimation of variety × environment interaction on yield tests of three small grains and their significance of the breeding programs. Crop Sci. 6: 135-139.

Lin, C. S. and M. R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Can. J. Plant Sci. 68: 193-198.

Lin, C. S., M. R. Binns and L. P. Lefcovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.

Lin, C. S. 1982. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. Theor. Appl. Genet. 62: 277-280.

Mofidian, M. A., Z. Movahedi and H. Dehghani. 2009. Yield stability analysis for superior alfalfa ecotypes from cold-regions in Iran using univariate methods. Iran J. Crop Sci. 2(42): 162-173. (In Persian with English abstract).

Perkins, J. M. 1972. The principal component analysis of genotype environmental interaction and physical measure of the environment. Heredity, 29: 51-70.

Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability.III. Multiple lines and crosses. Heredity, 23: 339-356.

Purchase, J. L. 1997. Parametric analysis to describe G E interaction and yield stability in winter wheat. PhD. Thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, university of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.

Richard, M. J., R. W. Zobel and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80: 388-393.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.

Tai, G. C. C. 1979. Analysis of genotype environment interaction of potato yield. Crop Sci. 19: 434-438.

Wrick, G. 1962. Uber eine methode zur refassung der okologischen streubreite in feldversuchen. Flazenzuecht,

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

47: 92-96.

Yan, W. 1999. A study on the methodology of yield trial data analysis with special reference to winter wheat in Ontario. PhD. Thesis, University of Guelph, Ontario, Canada.

Yates, F. and W. G. Cochran. 1956. The analysis of experiments. J. Agric. Sci. 14: 742-754.

Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40: 597–605.

Yan, W. and L. A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Sci. 41: 19-25.

Yan, W. and M. S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci. 42: 11–20.

Zobel, R. W. and H. G. Gauch. 1996. AMMI analysis of yield trials. PP. 88-122.In: Kang, M. S. and H. G. Gauch (Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC Pub., Boca Raton, FL, USA.

Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical of a yield trial. Agron. J. 80: 388-393.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

Analysis of ecotype × location interaction in cold-region alfalfa ecotypes

Mofidian S. M. A.[1] and A. Moghaddam[2]

ABSTRACT

Mofidian S. M. A. and A. Moghaddam. 2013. Analysis of ecotype × location interaction in cold-region alfalfa ecotypes**.**
Iranian Journal of Crop Sciences. 15(2):181 - 195. (In Persian).

To study the yield stability and to select superior cold-region alfalfa ecotypes, this study was conducted with 17 ecotypes at 13 research stations in 2005-2008 growing seasons. For each location, a randomized complete block design with three replications was used. For further analysis and undesrtanding an AMMI analysis (additive main effects and the multiplicative interaction effects) was employed. The ecotype×location interaction was significant. Based on dry forage yield (65.6%) and plant height (67.7%) of the sum of squares of ecotype×location interaction were explained by the first two interaction principal components. Biplot of the two first principal components and AMMI stability value on 17 ecotypes and 13 locations showed that Sadaghian ecotype was the most stable ecotype and Malekandi and Mohajeran had the highest dry forage yield. For plant height, Gharehaghaj ecotype was the most stable and Galebani had the tallest plant height. Ecotypes with high and stable dry forage yield were identified in each location.

Key Words: Alfalfa, AMMI analysis, Forage yield, Forage yield stability and Plant height.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-26]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.7.7]

Received: November 2012 Accepted: May 2013,
1-Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: alimofidian@yahoo.com)
2- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran