بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد برگ خشک ژنوتیپ‌های توتون ویرجینیا با استفاده از رگرسیون تای (Tai) و AMMI

س. شادپور[۱]، س. ع. پیغمبری[۲]، ع. محمدی[۳]، م. شعاعی دیلمی[۴]، م. ح. م. جهرمی[۵] و ع. ر. مهدوی[۶]

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات مرکز تحقیقات توتون رشت (نویسنده مسوول)
۲- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۴- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات توتون رشت
۵- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۶- کارشناس ارشد زراعت، مرکز تحقیقات توتون تیرتاش

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۴

چکیده

در این تحقیق به منظور تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های توتون، پنج ژنوتیپ توتون ویرجینیا در دو منطقه رشت و تیرتاش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۸۹-۱۳۸۷) کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در روش AMMI و Tai در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند. در روش رگرسیون Tai ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۵ در ناحیه پایداری قرار گرفتند، اما از بین آنها ژنوتیپ شماره ۳ (Caspian z1) به علت دارا بودن مقدار λ نزدیک به ۱ و مقدار α نزدیک به صفر و همچنین میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل، از پایداری بسیار بالایی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. درمدل $AMMI_1$ ژنوتیپ ۳ به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی گردید و همچنین در مدل $AMMI_2$ نیز دو مولفه اصلی اول در سطح ۱٪ معنی دار شدند، مولفه اصلی اول۸۷٪ و مولفه اصلی دوم ۱۲٪ و در مجموع این دو مولفه ۹۹٪ از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند. لذا در این مدل دو مولفه اصلی اثر متقابل در مدل نگه داشته شد ($AMMI_2$) و بقیه مولفه ها به عنوان نویز در نظر گرفته شدند. براساس نمودار بای‌پلات مدل $AMMI_2$ ژنوتیپ ۳ (Caspian z1) به عنوان بهترین ژنوتیپ برای مکان تیرتاش (S2) و رشت (S1) شناخته شد. به طورکلی در این تحقیق ژنوتیپ ۳ بر اساس روش Tai و AMMIبه عنوان برترین ژنوتیپ شناخته شد.

واژه های کلیدی: سازگاری، پایداری، AMMI، رگرسیون Tai، توتون

مقدمه

سازگاری یک رقم ظرفیت ژنتیکی آن واریته برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت می‌باشد. اما پایداری عملکرد بستگی به ظرفیت رقم از نظر عکس العمل درشرایط محیطی متفاوت دارد. پایداری موضوع اثر متقابل ژنوتیپ و عوامل محیطی است و برآیند این عکس العمل بستگی به

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

ساختمان ژنتیکی واریته و شدت عوامل محیطی دارد.

در روش، Tai از دو آماره پایداری α و λ که بسیار مشابه ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون هستند استفاده می شود. به عبارت دیگر روش رگرسیون Tai همان روش رگرسیونی ابرهارت و راسل می‌باشد با این تفاوت که از یک وزنی که بر مبنای امید ریاضی داده‌هاست پارامترهای ابرهارت و راسل تصحیح گردیده و پارامترهای Tai بدست می‌آیند. در روش Tai بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از طریق اثرات ژنوتیپی انجام می‌گیرد ولی در روش رگرسیون ابرهارت و راسل اثرات فنوتیپی استفاده گردیده است (۱۴). در این روش تفکیک اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به مجموع مربعات رگرسیون و انحراف از رگرسیون در صورتی عملی است که اثرات محیطی بدون اشتباه برآورد شوند. با توجه به این مورد تای اظهار داشت که نمی‌توان اثرات محیطی را بدون اشتباه برآورد کرد. براساس این فرضیه‌ها که اثرات محیطی (e_j) و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط (ge_{ij}) توزیع نرمال دارند، Tai از روش رابطه ساختاری برای یافتن آماره‌های α و λ با حداکثر درست‌نمایی استفاده کرد. بر اساس روش تجزیه رابطه ساختاری، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط یک واریته از دو جز تشکیل شده است: ۱- پاسخ خطی به اثرات محیطی که با استفاده از آماره α محاسبه می‌شود و ۲- انحراف از پاسخ خطی که به وسیله آماره λ محاسبه می‌شود (۱۱). برای محاسبه این دو آماره از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

$$\alpha_i = \frac{(\sum_j \varepsilon(ge)_{ij}/(q-1))}{(msl)-(msb)/(pr)}$$

$$\lambda_i = \frac{(\sum_j ge_{ij}^2/(q-1)) - \alpha_i(\sum_j \varepsilon_j ge_{ij})/(q-1)}{(p-1)MSE/pr}$$

در فر مول‌های فوق:

$$g_i = \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..}$$

$$\varepsilon_i = \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}$$

$$(ge)_{ij} = \bar{X}_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..}$$

همچنین msl=واریانس اثرات محیطی، msb=واریانس تکرار درون محیط‌ها و mse=واریانس اشتباه می‌باشد.

پارامتر α بیانگر ضریب رگرسیون می‌باشد و مقدار بهینه این پارامتر برای بررسی اثر متقابل بایستی ۱- و متوسط آن صفر باشد و پارامتر λ که بیانگر انحراف از خط رگرسیون می‌باشد، مقدار بهینه آن بایستی ۱ باشد. چنانچه ژنوتیپی دارای ضریب رگرسیون ۱- و انحراف از رگرسیون ۱ باشد پایداری آن ژنوتیپ کامل است. همچنین اگر ژنوتیپی ضریب رگرسیون صفر و انحراف ۱ داشته باشد پایداری متوسطی از خود نشان خواهد داد. با استفاده از روش رگرسیون Tai یک نمودار هذلولی شکل ترسیم می‌گردد که قابلیت تفکیک ژنوتیپ‌های با پایداری بالا و پایین را دارد (۱۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

در مدل AMMI ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمولی آثار اصلی ژنوتیپ ها و محیط ها برآورد می‌شود که به آنها اثرات اصلی جمع‌پذیر یا افزایشی گفته می‌شود. سپس با استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط که به اثرات متقابل ضرب‌پذیر معروف است مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (۶). روش AMMI در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس (ANOVA) و تجزیه به مولفه‌های اصلی (P.C.A) است و مدل آن به صورت زیر است:

$$X_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

در این فرمول X_{ger} عملکرد ژنوتیپ g ام در محیط e ام در تکرار r ام است. μ میانگین کل آزمایش، α_g و β_e به ترتیب اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، λ_n مقدار منفرد برای محور مولفه اصلی n ام، γ_{gn} بردار ویژه ژنوتیپ برای محور n ام، δ_{en} بردار ویژه محیط برای محور n ام و ρ_{ge} مقدار نویز و ε_{ger} عبارت مربوط به خطا است. بخش اول مدل AMMI یعنی بخش جمع پذیر از تجزیه واریانس معمولی استفاده می‌کند. میانگین کل با اثر ژنوتیپی(α_g) بصورت انحراف ژنوتیپ از میانگین کل و اثر محیطی(β_e) به صورت انحراف محیطی برآورد می‌شود (۶). بخش دوم، قسمت ضرب پذیر مدل AMMI است که از روش تجزیه به مولفه های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به یک تا N مولفه اصلی استفاده می‌کند، اما باید توجه داشت که در روش AMMI محاسبات روی مقادیر اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط صورت می‌گیرد، اما در مولفه‌های اصلی محاسبات روی تفاضل داده‌های اصلی از میانگین کل انجام می شود (۵). نویز (ρ_{ge}) باقیمانده از اثرات متقابل است، در صورتی که از تمام مولفه ها استفاده نشود. لی و همکاران در تجزیه پایداری و صفات اقتصادی مهم ۷ رقم توتون در ۱۲ منطقه در ۳ سال گزارش کردند ۴ رقم کا ۳۲۶، کا ۳۴۶، یون یان ۸۷ و آر جی ۱۷ از نظر خصوصیات اقتصادی بهتر از بقیه بودند. اما دو رقم ۳۱۵ و کا ۳۵۸ در عملکرد و متوسط قیمت در مناطق مورد بررسی پایداری داشتند (۱۲). حاجی و همکاران (۷) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد ژنوتیپ های امید بخش گندم دوروم از روش Tai و AMMI استفاده کردند و در نهایت یک ژنوتیپ را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی نمودند. هدف از این تحقیق بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد پنج ژنوتیپ توتون در مناطق رشت و تیرتاش می‌باشد. حسین زاده و همکاران (۹) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام نر عقیم توتون تیپ بارلی در دو منطقه توتونکاری مازندران و گلستان با مقایسه ۲ رقم نرعقیم HB4105P، 03FZ13 به همراه شاهد بارلی ۲۱ اجرا نموده و در نهایت رقم HB4105P را به عنوان رقم سازگار و پایدار از نظر صفات مورد بررسی معرفی نمودند. صلواتی و همکاران (۱۳) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین های اصلاح شده توتون در استان های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

مازندران و گلستان با مقایسه چهار لاین به نژادی شده به نامهای توتم ۳۲۱، توتم ۳۲۲، توتم ۳۲۳، توتم ۳۴۱ و رقم K326 را به عنوان شاهد در ۶ منطقه توتونکاری مورد ارزیابی قرار دادند. و در نهایت رقم های توتم ۳۲۲ و توتم ۳۲۳ را از نظر صفات مورد بررسی عملکرد و تست ذائقه ای به عنوان ارقام برتر معرفی نمودند.

حسین زاده و همکاران (۸) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام نر عقیم توتون تیپ ویرجینیا در دو منطقه توتونکاری مازندران و گلستان با مقایسه ۳ رقم نرعقیم ULT103، NC100، PVH03 به همراه شاهد K326 اجرا نموده و در نهایت رقم NC100 را به عنوان رقم سازگار و پایدار از نظر صفات مورد بررسی معرفی نمودند.

مواد و روشها

در این تحقیق پنج ژنوتیپ توتون (Caspian p1) و (Caspian p2) و (Caspian z1) و (Caspian z2) و (Coker 347) که به ترتیب ژنوتیپ های ۱ تا ۵ نامبرده می شوند در مناطق رشت و تیرتاش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۸۹-۱۳۸۷) مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات فنی و زراعی اجرای طرح در کلیه مناطق یکسان و مشابه بود. ابتدا خزانه های نشاء توتون آماده سازی شدند و بذور ارقام مورد نظر به میزان ۰/۱-۰/۱۸ گرم در هر متر مربع خزانه پاشیده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک بود و علف کش ارادیکان به میزان ۴ لیتر در هکتار و قبل از کاشت مصرف و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. پس از آماده سازی زمین اصلی و قبل از انتقال نشاء مقدار کود لازم براساس آزمون خاک و توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب هر منطقه به زمین داده شد. پس از انتقال نشاء ها از خزانه به زمین اصلی و پس از آبیاری فاروها، نشاء کاری به فاصله ۵۰ سانتیمتر روی ردیف انجام و بعد از استقرار نشاءها مجدداً آبیاری انجام شد. عملیات داشت از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها طبق عرف منطقه و اصول علمی انجام گردید. در هر سال عملکرد برگ خشک هر چین مشخص گردید و در نهایت مجموع عملکرد برگ خشک چین های مختلف به عنوان عملکرد برگ خشک هر کرت (kg/plot) تعیین گردید. پس از انجام تجزیه واریانس ساده در هر سال و هر مکان، آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس خطاها انجام شد. سپس با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر سال و مکان، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. برای بررسی پایداری ژنوتیپ ها و تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، روش رگرسیون Tai و روش AMMI مورد استفاده قرار گرفت. برای ارتباط دادن ژنوتیپ‌های مختلف به محیط‌های متفاوت، از نمودار بای‌پلات استفاده شد. در این تحقیق برای تجزیه AMMI، Tai و نرم افزار SAS مورد استفاده قرار گرفت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

نتایج و بحث

در روش رگرسیون Tai دو پارامتر α و λ که نشان‌دهنده ضریب رگرسیون و انحراف از آن می‌باشد برآورد گردید. نتایج برآورد شده این پارامترها برای هر ژنوتیپ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج روش رگرسیون تای و مقادیر میانگین، آلفا و لامبدا

شماره ژنوتیپ	میانگین	لامبدا (λ)	الفا (α)
۱	۱۲/۹۴۰	۳/۳۲۱^{ns}	-۰/۱۰۱۸^{ns}
۲	۱۶/۶۹۹	۰/۳۸۱^{ns}	۰/۰۸۲۹*
۳	۱۹/۷۷۶	۰/۸۹۱^{ns}	-۰/۰۲۷۷^{ns}
۴	۱۲/۹۶۵	۰/۳۵۲^{ns}	-۰/۱۱۶۷*
۵	۱۳/۸۳۷	۰/۸۹۵^{ns}	-۰/۰۵۱۹^{ns}

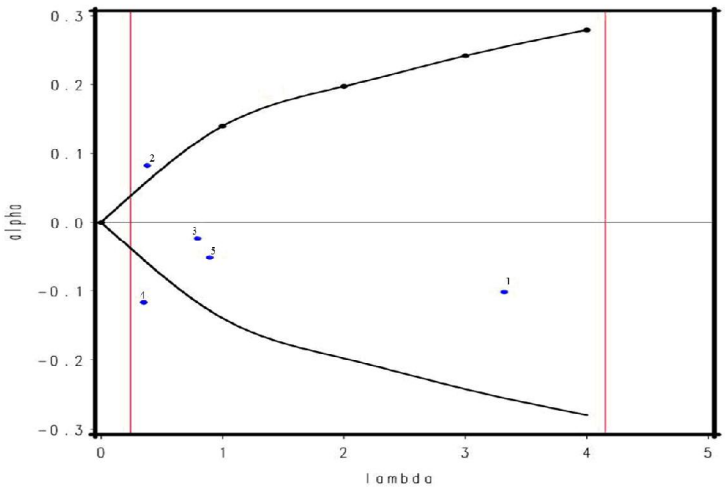
*: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ns: غیر معنی دار.

از نظر پارامتر α به غیر از ژنوتیپ ۴ و ۲ که اختلاف معنی‌دار (با α=۰) در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان دادند، سایر ژنوتیپ‌ها به دلیل داشتن مقدار α غیرمعنی‌دار، دارای پایداری متوسطی بودند. از نظر پارامتر λ تمامی ژنوتیپ‌ها به علت نداشتن انحراف از خط رگرسیون، غیرمعنی‌دار و در وضعیت مناسبی قرارگرفتند.

در تجزیه واریانس با روش رگرسیون Tai اثر معنی داری را برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد. در روش Tai (شکل ۱) ژنوتیپ‌هایی که در درون نمودار هذلولی قرار گرفته‌اند پایداری متوسطی دارند اما هرچه از مرکز نمودار به طرف مثبت محور λ پیش برویم، از قابلیت اطمینان پایداری این ژنوتیپ‌ها کاسته می‌شود، همچنین اگر ژنوتیپی دارای ضریب رگرسیون (α) ۱- و انحراف از رگرسیون (λ) ۱ باشد پایداری آن ژنوتیپ کامل است، اما اگر ضریب رگرسیون صفر باشد پایداری ژنوتیپ متوسط است. در این نمودار ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۵ داخل هذلولی قرار گرفتند، اما ژنوتیپ‌های ۳ و ۵ در وضعیت مناسب‌تری قرار گرفته‌اند که در بین آنها ژنوتیپ ۵ با اینکه در ناحیه بسیار مناسبی از نظر پایدار عمومی قرار گرفته‌است، اما میانگین عملکرد این ژنوتیپ کمتر از میانگین عملکرد کل می‌باشد. بنابراین، ژنوتیپ ۳ به علت دارا بودن میانگین عملکرد بالاتر از متوسط و ضریب رگرسیون نزدیک به صفر و انحراف از رگرسیون ۱، از پایداری بسیار بالایی نسبت به ژنوتیپ‌ها برخوردار می‌باشد. تجزیه واریانس مدل AMMI اثرمعنی داری را برای محیط و اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد (جدول ۲). ژنوتیپ و محیط و اثرمتقابل به ترتیب ۹/۱۳۷، ۸۹/۱۲۶، ۱/۷۳۷ ازکل مجموع مربعات را توجیه نمودند. به منظور تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه به مولفه های اصلی روی ماتریس باقی مانده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

صورت گرفت که ۲ مولفه اصلی در سطح ۱٪ ($p <$ ۰/۰۱) معنی دارشدند. اولین مولفه اصلی ۸۷/۱۱۷٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص داد و این مقدار برای $IPCA_2$ برابر ۱۲/۸۳۴٪ بود. مولفه اصلی باقی مانده در مدل تنها ۰/۰۴۹٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کرد. بنابراین مدل AMMI با ۲ مولفه اصلی ($AMMI_2$) که ۹۹/۹۵۱٪ از تغییرات اثر متقابل را توجیه کرد در نظر قرارگرفت (جدول ۲). همچنین برای ارزیابی پایداری ارقام از آماره جدید ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۱- پارامترهای برآورد شده با استفاده از رگرسیون تای.

جدول ۲- تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد برگ خشک ژنوتیپ های توتون در محیط‌های مختلف در سال‌های زراعی (۱۳۸۸-۱۳۸۶)

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	SS (%)	میانگین مربعات (MS)
کل	۵۹	۴۶۷۸/۲۶۰۹۶		
تیمار	۲۱	۴۶۲۲/۱۰۲۷۷		۲۲۰/۱۰۰۱**
ژنوتیپ	۴	۴۲۱/۷۰۶۹۶	۹/۱۳۷	۱۰۵/۴۲۶۷**
محیط	۳	۴۱۱۳/۴۵۲۶۲	۸۹/۱۲۶	۱۳۷۱/۱۵۰۹**
اثر متقابل ژنوتیپ × محیط	۱۲	۸۰/۱۸۲۲۳	۱/۷۳۷	۶/۶۸۱۹**
$IPCA_1$	۶	۶۹/۸۵۱۹	۸۷/۱۱۷	۱۱/۶۴۲۰**
$IPCA_2$	۴	۱۰/۲۹۰۵	۱۲/۸۳۴	۲/۵۷۲۶**
باقیمانده (نویز)	۲	۰/۰۳۹۸	۰/۰۴۹	۰/۰۱۹۹ ns
خطای ادغام شده	۳۸	۵۶/۱۵۸۱۹		۱/۴۷۷۸۴

** و ns: به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و غیر معنی دار.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- ارزش پایداری AMMI (ASV) و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها

شماره ژنوتیپ	میانگین	$IPCA_1$	$IPCA_2$	ASV
۱	۱۲/۹۴۰	۱/۰۵۸۵۲	-۰/۹۲۰۵۰	۲/۹۰۷
۲	۱۶/۶۹۹	-۰/۲۵۴۵۱	-۱/۵۲۷۲۶	۱/۶۶۵
۳	۱۹/۷۷۶	۰/۲۵۹۸۴	۰/۹۰۷۴۱	۱/۱۳۲
۴	۱۲/۹۶۵	۰/۹۰۵۳۹	۰/۳۳۴۷۸	۲/۳۸۲
۵	۸۳۷/۱۳	-۰/۰۶۷۱۸	-۰/۶۹۶۴۹	۰/۷۱۸

در روش ارزش پایداری AMMI ژنوتیپی پایدار است که دارای ASV کمتری باشد. در این روش ژنوتیپ ۵ کمترین ASV را به خود اختصاص داد، اما عملکرد این ژنوتیپ کمتر از میانگین کل می‌باشد، بنابراین در این روش ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ با داشتن ASV پایین (به ترتیب) و عملکرد بالاتر از میانگین کل، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ ۱ و ۵ با داشتن بالاترین ASV، ناپایدارترین ژنوتیپ ها شناخته شدند. کریمی زاده و همکاران برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش AMMI برای ۱۰ ژنوتیپ ذرت، از چهار پارامتر SIPC4، AMGE4، ASV و EV4 استفاده کردند، آنها از بین پارامترهای مدل AMMI، پارامتر ASV را به علت صحت نتایج مربوط به آن به عنوان بهترین پارامتر معرفی کردند. همچنین آنها اظهار داشتند به نظر می‌رسد پارامتر ASV مدل AMMI دارای مفهوم زراعی پایداری می‌باشد. در مطالعات آنها پارامتر ASV همبستگی مثبت و معنی‌داری با اکووالانس ریک و همچنین آماره ناپارامتری S_2 وجود داشت (۱۰). در تحقیق دیگری روی کتان، پارامتر ASV و واریانس پایداری شوکلا همبستگی مثبت و بالایی را با یکدیگر نشان دادند (۱).

به منظور ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها و نیز ارتباط دادن ژنوتیپ‌های مختلف به مناطق گوناگون از تجزیه واکنش ژنوتیپی یا نمودار بای‌پلات استفاده شد. در نمودار بای‌پلات محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر یا میانگین و محور قائم اثرات متقابل ضربی یا مقادیر اولین مولفه‌های اصلی می‌باشد. در بای پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محور نمایش داده شده‌اند.

اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد. عملکرد برگ خشک توتون و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد مطالعه در جداول (۴ و ۵) ارائه شده است.

در بای پلات (شکل ۲) مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های ۱ و ۴ و همچنین محیط S_2 دارای IPCA1 بالا و به عبارتی بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند. خط عمود در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

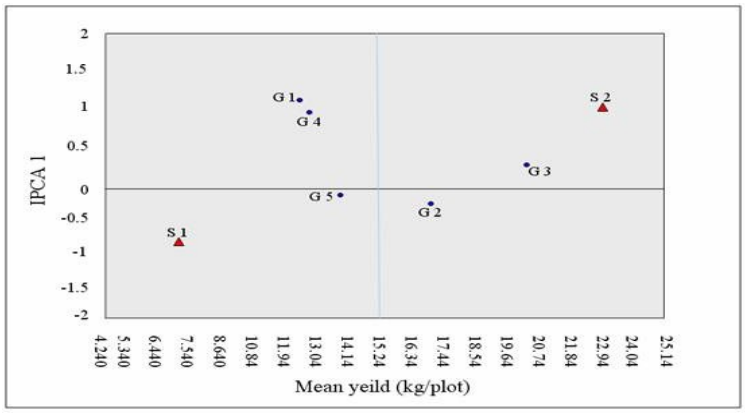
میانه بای‌پلات (شکل ۲) از میانگین کل دو سال آزمایش می‌گذرد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌های سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌باشند، بنابراین ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به ترتیب بیشترین تا کمترین میانگین عملکرد بالاتر از متوسط را به خود اختصاص دادند و در سمت راست خط عمود در میانه بای‌پلات قرار گرفتند. ژنوتیپ ۱ کمترین میزان عملکرد را داشت که در بای پلات مذکور مشاهده می‌شود.

جدول ۴- عملکردبرگ خشک و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌های توتون

شماره ژنوتیپ	میانگین	$IPCA_1$	$IPCA_2$
۱	۱۲/۹۴۰	۱/۰۵۸۵۲	-۰/۹۲۰۵۰
۲	۱۶/۶۹۹	-۰/۲۵۴۵۱	-۱/۵۲۷۲۶
۳	۱۹/۷۷۶	۰/۲۵۹۸۴	۰/۹۰۷۴۱
۴	۱۲/۹۶۵	۰/۹۰۵۳۹	۰/۳۳۴۷۸
۵	۱۳/۸۳۷	-۰/۰۶۷۱۸۰	-۰/۶۹۶۴۹

جدول ۵- عملکردبرگ خشک و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم برای محیط‌های ۱ و ۲

کد محیط	میانگین	$IPCA_1$	PCA_2
S_1	۷/۱۳۳	-۰/۸۶۰۱	-۰/۲۶۴۳
S_2	۲۳/۳۵	۰/۸۶۶۵	۰/۲۶۸۸



شکل ۲- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آنها (مدل $AMMI_1$) (S_1 و S_2 به ترتیب رشت و تیرتاش می باشند) و (G_1 تا G_2 ژنوتیپ ها از شماره ۱ تا ۵ می باشند).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

همچنین در مکان‌ها، تیرتاش (S_2) عملکرد بالایی نشان داد. مکان رشت (S_1) پایین‌ترین عملکرد را داشت. همچنین محور افقی در میانه نمودار نشان‌دهنده IPCA1=0 (AMMI=0) می‌باشد، که نشان می‌دهد هیچ گونه اثر متقابلی وجود ندارد. از اینرو ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای پلات قرار گیرند اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند، بنابراین ژنوتیپ‌های ۵ دارای اثر متقابل پایینی می‌باشد، ولی ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب مورد توجه قرار بگیرند. شکل ۳ بای‌پلات مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها براساس مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شده‌اند. ژنوتیپ‌ها به صورت شماره و دایره و محیط‌ها به صورت S نشان داده شده‌اند.

این بای‌پلات جمعا ۹۹/۹۴٪ تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند و سهم مولفه اصلی اول (۸۷/۱۱) در تفکیک ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها بیشتر و سهم مولفه اصلی دوم (۱۲/۸۳) کمتر است (جدول ۲).

در بای پلات شکل ۲ ژنوتیپ شماره ۱ دارای اثر متقابل بزرگ و ناپایداری بود. ژنوتیپ شماره ۴ نیز دارای اثر متقابل مثبت، بزرگ و ناپایداری بوده و ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۵ از کمترین اثر متقابل برخوردار بودند که از بین آنها ژنوتیپ‌های ۳، ۲ و ۳ نیز به علت داشتن میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل، ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب شناخته شدند. در بررسی سازگاری خصوصی و تعیین مناسبترین ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مورد آزمایش با توجه به بای‌پلات شکل ۳، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ ژنوتیپ‌هایی هستند که در رئوس چند ضلعی تشکیل شده در این بای پلات قرار دارند. این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین پاسخ‌دهی در مکان‌های مناسب خود هستند (به عبارتی بیشترین سازگاری اختصاصی با مکان‌های مناسب خود را دارند) بخش‌هایی توسط خطوط عمود بر این اضلاع به وجود آمده که ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مناسب آنها درون هر بخش قرار گرفته است. ژنوتیپ‌هایی که در راس قرار گرفته‌اند، ژنوتیپ‌های برتر و مناسب برای مکان یا مکانهایی می‌باشند که در آن بخش قرار دارند. در این بای‌پلات مکان S_2 در داخل بخش اول قرار گرفته‌اند و ژنوتیپ برتر در این دو مکان ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ می‌باشند و به عبارتی از واکنش اثر متقابل مشابه با این دو مکان برخوردارند. از میان این دو ژنوتیپ، ژنوتیپ ۳ با میانگین عملکرد بیشتر از ژنوتیپ ۲ برای مکان S_2 مناسب‌تر می‌باشند.

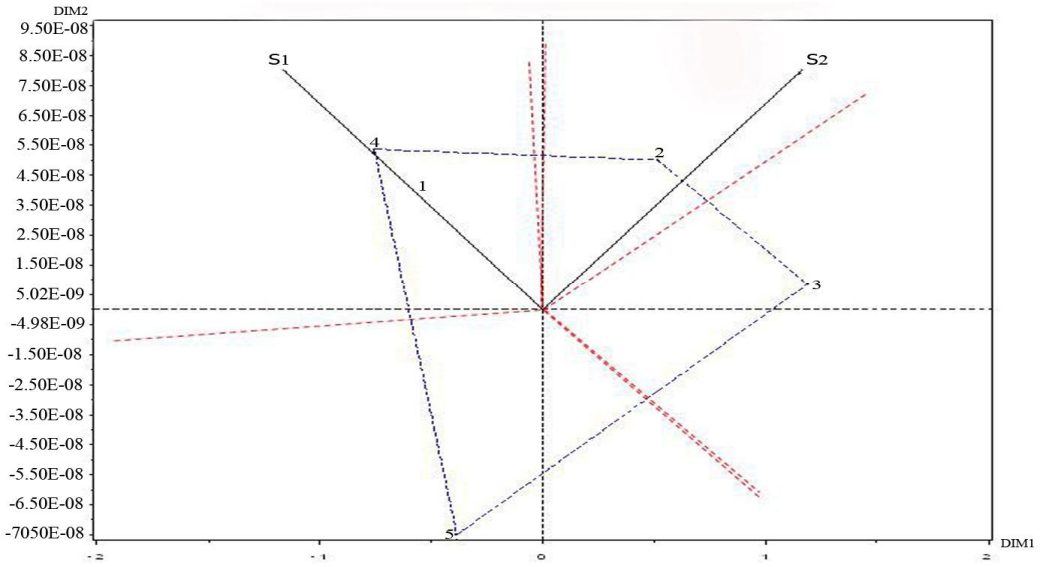
در بخش دوم این بای پلات ژنوتیپ‌های برتر و مناسب ژنو تیپ ۴ قرار دارد که ژنوتیپ برتر برای مکان S_1 می‌باشد. البته به علت همبستگی نزدیکی که مکان S_2 با مکان S_1 دارد، ژنوتیپ ۲ برای این دو مکان مناسب شناخته شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

در تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای دو مولفه اصلی اول توجه به زاویه بین بردارهای محیطی در تفسیر مشابهت‌های محیطی سودمند است. زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص کننده همبستگی بالای دو محیط است. زاویه قائم بین دو بردار محیطی نشان دهنده عدم وجود همبستگی در ایجاد اثر متقابل می‌باشد و زاویه منفرجه بین دو بردار محیطی بیانگر همبستگی منفی دو محیط از لحاظ ایجاد اثر متقابل می‌باشد (۴). در این بای پلات مکان‌های S_1 و S_2 به علت داشتن بردارهایی با زاویه حاده دارای همبستگی بالا و مثبتی می‌باشند.

روش AMMI با قابلیت تفسیر گرافیکی براساس یک و دو مولفه اصلی اول و قابلیت تفسیر توسط پارامترهای آن یک روش کار آمد محسوب می‌شود. از آنجایی که در مدل $AMMI_1$ ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب و عملکرد بالا شناخته شدند و در مدل $AMMI_2$ ژنوتیپ‌های ۳ و ۲، به عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا شناخته شدند، همچنین بر اساس پارامتر ارزش پایداری AMMI (ASV) ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند و همچنین در روش تجزیه رگرسیون Tai ژنوتیپ ۳ به عنوان ژنوتیپ برتر معرفی گردید، به طور کل می‌توان ژنوتیپ ۳ را به عنوان بهترین ژنوتیپ معرفی کرد.

البرت، در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در هیبرید های ذرت روش‌های مختلف تجزیه پایداری را با هم مقایسه نمود، ولی در نهایت مدل AMMI را مناسب ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد (۲).



شکل۳- بای پلات براساس مدل $AMMI_2$ (S_1 و S_2 به ترتیب رشت و تیرتاش می باشند.)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

بورجنو و همکاران در تجزیه گرافیکی بای پلات $AMMI_2$، به منظور تفسیر بای‌پلات و معرفی ژنوتیپ‌های برتر برای هر مکان، ژنوتیپ‌هایی را که در هر بخش در رئوس چند ضلعی قرار داشتند، به عنوان ژنوتیپ برنده معرفی کردند (۳).

روش AMMI با قابلیت تفسیر گرافیکی براساس یک و دو مولفه اصلی اول و قابلیت تفسیر توسط پارامترهای آن یک روش کارآمد محسوب می‌شود. در مدل $AMMI_2$ ژنوتیپ ۳ به عنوان ژنو تیپی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا شناخته شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مرکز تحقیقات توتون رشت و مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش که در اجرای مراحل مختلف این طرح پژوهشی نهایت همکاری را داشتند تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

منابع:

1. Adugna, W. and M.T. Lebuschagne. 2002. Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. Plant Breeding. 121: 66-71.
2. 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. Thesis. Department of Plant Sci., The University of the Free State, Bloemfontein. 96 p.
3. Burgue?o, J., J. Crossa and M. Vargas. 2000. SAS programs for graphing GE and GGE biplots. CIMMYT, Int. México. 21 p.
4. Chapman, S.C., J. Crossa and G.O. Edmeodes. 1997. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize .I. Two mode pattern analysis of yield. Euphytica 95:1-9.
5. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics 44: 705-715.
6. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Pub. Amsterdam, Netherlands. 278 p.
7. Haji, M.A., M. jahromi, M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2010. Study of genotype × environment interaction and yield stability of durum wheat genotype using AMMI and Tai analysis. Abstracts proceeding of the 11th Iranian crop production and breeding congress. 2: 75
8. Hosseinzadeh Fashalami, N., A.R. Mahdavi and A.Gh. Gholizadeh. 1386. Investigation of adaptability and yield stability of Virginia tobacco male-sterile cultivars in mazandaran and golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. 1-13.
9. Hosseinzadeh Fashalami, N., A.R. Mahdavi and A.Gh. Gholizadeh. 2007. Investigation of adaptability and yield stability of burley tobacco male-sterile cultivars in mazandaran and golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. 13-24.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

10. Karimizadeh, R., H. Dehghani and Z. Dehghanpour. 2007. Use of AMMI method for estimating genotype -environment interaction in early maturing corn hybrids. Seed and Plant Production Journal. 23(4): 531-546
11. Kendall, M. and A. Stuart. 1979. The advanced theory of statistics, vol. 2., Charles Griffin, London. 484 pp.
12. Li, G., H. Xiao and H. Fang. 2001. Analysis on stability of the main economic characters of flue-cured tobacco cultivars. Acta Tabacaria Sinica, 2001, 7-1, pp: 13-8.
13. Salavati, M.R., N. Hosseinzadeh Fashalami, H. Abbasi Rostami and M.T. Shamel Rostami.2010. Study of yield stability and adaptability of breeding flue-cured tobacco lines in golestan and mazandaran provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center: 89-104.
14. Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and application to potato regional triats. Crop Science, 11: 184-190.
15. Thillainathan, M. and G.C.J. Fernandez. 2001. SAS application for Tai's stability analysis and AMMI model in genotype × environmental interaction (GEI) effects. Journal of Heredity 92(4): 367-371.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

Study of Genotype × Environment Interaction and Yield Stability of Tobacco Genotypes Using AMMI and Tai analysis

S. Shadpour[1], S.A. Peyghambari[2], A. Mohammadi[3], M. Shoaie deylami[4], M.H.M. Jahromi[5] and R. Mahdavi[6]

1- M.Sc. of Plant Breeding, Tobacco Research Center, Rasht (Corresponding author)
2- Associate Professor, Agriculture and Natural Resources University of Tehran
3- Assistant Professor, Islamic Azad University, Karadj Branch
4- M.Sc. of Plant Breeding, Tobacco Researcher Center, Rasht
5- M.Sc. of Plant Breeding, Islamic Azad University, Karadj Branch
6- M.Sc. of Agronomy, Tobacco Researcher Center, Tirtash

Abstract

To determine the yield stability and adaptability of the genotype of tobacco, 5 genotypes of flue-cured tobacco were evaluated in experiment using a randomized completely block design (RCBD) with three replications at two locations including Rasht and Tirtash tobacco Research Centers (IRAN), during the growing season of 2008-2010 (four environment). The interaction of genotype × environment in AMMI and Tai analysis method was significant ($p \leq 0.01$). In Tai regression analysis method of genotype 1, 3, 5 were in part stability. But genotype (G3) had a high stability comparing the others because of having λ near to 1 and α near to zero and also because of a higher average yield than the total average yield. In $AMMI_1$ model, genotype 3 was introduced as a stable genotype, and also in $AMMI_2$ model, the first two principle component axes (PCA 1 and 2) were significant ($p \leq 0.01$) and the first Interaction Principal Component Axis (IPCA1) of the interaction captured 87% of the interaction sum of squares. The Second Interaction Principal Component Axis (IPCA2) explained a further 12% of GEI sum of squares. And cumulatively contributed 99% of the total GEI. Thus, in this model $AMMI_2$, the first two principle components were considered. And the other PCA were considered as noise. The biplot technique was used to identify appropriate genotype for special locations. Result show that genotype 3 (Caspian z_1) with the highest interaction were the most stable genotype. Furthermore, genotype 3 was known as more suitable for Tirtash (S2) and Rasht (S1) locations. In general, in this study, genotype 3 was known as the most suitable genotype on the base of Tai regression analysis and AMMI method.

Keywords: Adaptability, Stability, AMMI, Tai regression, Tobacco

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]