ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد میوه در لاین‌های گزینش‌شده از توده‌های بومی بادمجان میناب

جمشید مرادپور[۱]، هادی احمدی[۲،*]، محمود باقری[۳] و داریوش گودرزی[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۳- استادیار، بخش تحقیقات سبزی، صیفی و حبوبات آبی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

٤- مربی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳)

چکیده

بادمجان در ایران دارای تنوع ژنتیکی زیادی است و توده‌های بومی بسیاری از این گیاه در ایران وجود دارند. جهت انجام آزمایش‌های سازگاری و پایداری پنج توده بومی بادمجان میناب از مناطق عمده تولید این محصول جمع‌آوری و تحت برنامه اصلاحی گزینش لاین‌های خالص قرار گرفتند که در نتیجه ۱۵ لاین برتر بادمجان از این توده‌ها انتخاب شدند. پانزده ژنوتیپ بادمجان به‌همراه دو توده مادری برتر (جمعاً ۱۷ ژنوتیپ) به‌مدت ۲ سال و در ۳ منطقه کشور شامل میناب، کرج و جیرفت مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. در نهایت عملکرد کل در دو سال متوالی اندازه‌گیری و در پایان تجزیه مرکب داده‌ها صورت گرفت و با بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها به روش¬های AMMI و GGE Biplot بهترین لاین(ها) برای اقلیم‌های مختلف معرفی شدند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر منطقه از میانگین دو سال آزمایش، ژنوتیپ GHE12 در منطقه میناب، ژنوتیپ SA13 در منطقه جیرفت و ژنوتیپ‌های AM4، SA15 و SA5 در منطقه کرج از عملکرد قابل قبولی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. با این‌حال بر اساس نتایج تجزیه سازگاری و پایداری عمومی، دو ژنوتیپ Y7 و SA20 با داشتن کمترین میزان اثر متقابل، پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. در نهایت بر اساس نتایج سازگاری و پایداری خصوصی، ژنوتیپ Y برای منطقه میناب، ژنوتیپ SA13 برای منطقه جیرفت و ژنوتیپ AM4 برای منطقه کرج قابل توصیه هستند.

واژگان کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بادمجان، تجزیه پایداری، AMMI

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **ahmadi.ha@lu.ac.ir**

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

مقدمه

بادمجان، با نام علمی *Solanum melongena* L. ($2n = 2x = 24$)، گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان و متعلق به خانواده Solanaceae می‌باشد (Sekara *et al*., 2007; Kalloo and Bergh, 2012). میوه بادمجان جزء غذاهای اصلی بسیاری از کشورها است و با توجه به بافت و حجم میوه آن، گاهی به‌عنوان جایگزین گوشت در رژیم غذایی توصیه می‌گردد. همچنین میوه بادمجان منبع بسیار غنی از آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، ویتامین‌های A، B و C به‌شمار می‌رود (Naeem and Ugur, 2019; Soares *et al*., 2022).

نتایج برخی از مطالعات مورفولوژیکی و مولکولی در خصوص تنوع ژنتیکی و پراکنش جغرافیایی بادمجان بر این موضوع اشاره دارند که منطقه هندوچین احتمالاً اولین مرکز تنوع این گیاه می‌باشد (Muñoz-Falcón *et al*., 2009; Oladosu *et al*., 2021). بر اساس منابع موجود بادمجان از این منطقه به اروپا و سپس از طریق اسپانیا به دنیای جدید گسترش یافته است (Prohens *et al*., 2005).

امروزه بادمجان به‌عنوان یک محصول اقتصادی به‌طور گسترده در مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و مناطقی با هوای گرم در سرتاسر جهان کشت می‌شود. کشور ایران نیز در کمربند مناطق دارای تنوع این محصول قرار گرفته است و به نظر می‌رسد که بادمجان‌های ایران به‌دلیل خویشاوندی جغرافیایی منشأ هندی داشته باشند (Bagheri and Keshavarz, 2011). طبق آمار منتشره سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) ایران بعد از چین و هندوستان با تولید ۲/۸۵ میلیون تن در سال، مقام سوم تولید بادمجان در جهان را دارد (FAO, 2020). استان‌های مهم تولیدکننده بادمجان در کشور به‌ترتیب شامل خوزستان، هرمزگان، تهران، فارس، سیستان و بلوچستان، خراسان رضوی، بوشهر و منطقه جیرفت و کهنوج در جنوب استان کرمان می‌باشد. میناب در استان هرمزگان نیز یکی از مناطق دارای تنوع بالا از نظر توده‌های محلی بادمجان در کشور محسوب می‌گردد (Daneshvar, 2000; Mozaffarian *et al*., 2019).

تا سال ۱۳۸٤ تقریباً هیچ کار به‌نژادی قابل‌توجهی برای این گیاه در ایران انجام نشده بود و توده‌های بومی کشور در معرض فرسایش ژنتیکی قرارگرفته بودند (Bagheri *et al*., 2016). از سال ۱۳۸٤ تحقیقات هدفمند بر روی این محصول آغاز و توده‌های محلی مهم بادمجان کشور در قالب طرح‌های تحقیقاتی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر جمع‌آوری و مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند که نتیجه حاصل از این تحقیقات تاکنون خالص‌سازی توده‌های مذکور و استخراج لاین‌های خالص در این توده‌ها بوده است (Bagheri *et al*., 2016).

به‌طورکلی بادمجان‌هایی که در ایران مورد کاشت قرار می‌گیرند شامل ارقام وارداتی خارجی و توده‌های داخلی می‌باشند (Kameli *et al*., 2020). بخش زیادی از ارقام وارداتی خارجی بادمجان‌ها ارقام هیبرید هستند و بذر آن‌ها هرساله با خروج مقادیر زیادی ارز از کشور، وارد می‌شوند. علاوه‌بر این واردات بذر رقم‌های خارجی، موجب وابستگی به کشورهای دیگر می‌شود که این مسئله از اهداف کشور مبنی بر اقتصاد مقاومتی و عدم وابستگی به کشورهای بیگانه به دور است. ضمن این‌که بسیاری از این ارقام خارجی در درازمدت سازگاری مناسبی هم با شرایط آب و هوایی ایران از خود نشان نمی‌دهند. در مقابل در بسیاری از مناطق ایران جهت کاشت بادمجان از توده‌های محلی استفاده می‌شود. این توده‌های محلی به‌دلیل کاشت طی سال‌های متمادی در هر منطقه با ذائقه مردم کاملاً متناسب هستند و به‌همین دلیل بسیاری از کشاورزان ترجیح می‌دهند، برای کاشت این محصول از بادمجان‌های بازارپسند هر منطقه استفاده کنند. استفاده از این توده‌های محلی مشکلاتی همچون عدم یکنواختی و ناپایداری عملکرد را به‌همراه دارد.

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط که سبب ناپایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود، پدیده پیچیده‌ای است که در برگیرنده شرایط محیطی نظیر عوامل اگرواکولوژیکی، آب و هوایی، زراعی و همچنین عوامل ژنتیکی است که تعیین‌کننده رشد و نمو گیاهان هستند (Annicchiarico, 2002)؛ بنابراین به حداقل رساندن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (Genotype × Environment Interaction) می‌تواند از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های به‌نژادی در بررسی پایداری عملکرد میوه بادمجان باشد؛ که این مهم، خود از طریق به‌کارگیری ژنوتیپ‌ها یا توده‌های بومی با

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

پایداری عملکرد بالا محقق خواهد شد؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در محیط‌های مختلف، در مواجهه با شرایط محیطی متفاوت، عملکرد بالاتری نشان دهند و پایداری عملکرد خود را در سال‌های مختلف و در مناطق گوناگون حفظ کنند، جزء ارقام موفق خواهند بود (Amini *et al.*, 2008). محققان معیارهای متفاوتی را جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تشخیص پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها معرفی نموده‌اند (Zali *et al.*, 2012). این روش‌ها به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. در بین روش‌های چندمتغیره، اثر اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)، در بررسی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (G × E) می‌تواند کاربرد بیشتری داشته باشد. استفاده از مدل AMMI برای بررسی برهم‌کنش G × E در گیاهان مختلف از جمله برنج (Sharifi *et al.*, 2021)، لوبیا (Temesgen *et al.*, 2015) نخود زراعی (Zali *et al.*, 2012)، گندم نان (Mahdavi *et al.*, 2020) و گندم دوروم (Mohammadi and Amri, 2008) گزارش شده است.

در برنامه‌های به‌نژادی گیاه بادمجان نیز دست‌یابی به ارقام بومی با عملکرد بالا و پایدار و بازارپسندی مطلوب ضروری است. گام اول جهت رسیدن به هدف فوق، جمع‌آوری لاین‌های خالص مطلوب و بررسی تنوع ژنتیکی آن‌ها و پس از آن انجام آزمایش‌های مقدماتی و پیشرفته و در نهایت بررسی سازگاری و پایداری این لاین‌ها در مناطق مهم کشت بادمجان ضروری به نظر می‌رسد.در همین راستا، از سال ۱۳۹۲ برنامه‌ای به‌نژادی بر روی پنج توده محلی مهم این استان بر اساس گزینش لاین‌های خالص پایه‌ریزی شد. بر اساس این برنامه به‌نژادی، پس از اجرای طرح‌های انتخاب لاین‌های خالص و انجام آزمایش‌های مقدماتی و پیشرفته در نهایت ۱۵ لاین برتر از توده‌های مذکور انتخاب شدند.

بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده پژوهش حاضر با هدف بررسی سازگاری و پایداری عملکرد میوه لاین‌های انتخابی در سه منطقه مهم کشت بادمجان کشور (کرج، جیرفت و میناب) و انتخاب لاین(های) برتر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور تعیین پایدار و سازگاری ۱۹ لاین و توده بومی بادمجان، در سه منطقه با مشخصات مندرج در جدول ۱ در دو سال متوالی۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. در فروردین‌ماه سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، ۱۷ لاین پیشرفته اصلاحی (گزینش‌شده از ۵ توده بومی بادمجان میناب) به‌همراه دو توده بومی شاهد (توده‌های مادری محلی منطقه تیرور و محلی منطقه دم‌شهر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی سه منطقه مورد بررسی

Table 1- Geographical characteristics of the three regions under study

نام منطقه Location name	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	دمای حداقل (سانتی‌گراد) Minimum temperature (˚C)	دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Maximum temperature (˚C)
میناب Minab	27°.6′	57°.6′	27	24.2	34
جیرفت Jiroft	28°.35′	57°.49′	629	12.3	33.6
کرج Karaj	35°.45′	51°.55′	1312	8.7	21.1

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

قبل از انتقال نشاها به زمین، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار دی آمونیم فسفات، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم که استفاده از این کودها سبب تغذیه خاک با عنصر نیتروژن (N) به میزان ۷۳ کیلوگرم در هکتار، عنصر فسفر (P) به میزان ٦۹ کیلوگرم در هکتار، عنصر پتاسیم (K) به میزان ٤۷–۵۳ کیلوگرم در هکتار و عنصر گوگرد (S) به میزان ۱۸ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خالص داده شد. در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه و نشاهای ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر (مرحله ٤ تا ٦ برگی)، پس از آبیاری به زمین منتقل شدند. به این صورت که نشاءهای مربوط به هر ژنوتیپ در سه خط به طول ۵ متر کشت شدند. فاصله ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت ۷۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد.

مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری، وجین، سله‌شکنی، خاک‌دهی پای بوته‌ها، کوددهی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول دوره کشت اعمال گردید. برداشت اولین چین در کرج در تاریخ بیستم تیرماه شروع و به فاصله حدوداً یک هفته تا ده روز شش چین بعدی (مجموعاً هفت چین) برداشت گردید. تاریخ و تعداد برداشت‌ها در دو منطقه دیگر بر اساس متغیرهای محیطی متفاوت بودند.

جدول ۲– نام و منشأ لاین‌ها/توده‌های بومی بادمجان مورد بررسی

Table 2. Names and origins of eggplant lines/local landraces studied

کد Code	لاین/ توده محلی Line /Local landrace	منشأ Origin
G1	Y	توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G2	AM	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G4	SAwhite	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G5	AM_7	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G6	AM_6	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G7	AM_5	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G8	AM_4	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G9	AM_{17}	توده محلی منطقه دم‌شهر Selected genotype from the Dam-Shahr local landrace
G10	Y_{29}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G12	Y_7	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G13	SA_{15}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G14	SA_{13}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G15	SA_5	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G16	SA_{20}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه تیرور Selected genotype from the Tirur local landrace
G17	GHE_{26}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه گوربند Selected genotype from the Gourband local landrace
G18	GHE_{25}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه گوربند Selected genotype from the Gourband local landrace
G19	GHE_{12}	ژنوتیپ انتخاب شده از توده محلی منطقه گوربند Selected genotype from the Gourband local landrace

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

از رابطه آماری (۱) برای تجزیه و تحلیل پایداری به روش AMMI استفاده شد (Gauch and Zobel, 1996).

رابطه (۱) $$Y_{ij} - \mu - G_i - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_i$$

در رابطه (۱)، Y_{ij} میانگین i امین ژنوتیپ در j امین محیط، μ میانگین کل، β_j اثر محیط jام، G_i اثر ژنوتیپ i ام، λ_1 و λ_2 به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC_1 و PC_2)، ξ_{i1} و ξ_{i2} به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC_1 و PC_2 و $\eta 1\, j$ و $\eta 2\, j$ به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC_1 و PC_2 می‌باشند.

به‌طور خلاصه در این روش ابتدا ماتریس انحراف حاصل از اثرات جمع‌پذیر محاسبه و سپس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک‌بار بر روی ماتریس GE برای ژنوتیپ‌ها و بار دیگر بر روی ماتریس GE برای محیط‌ها انجام شد.

انجام تجزیه‌های مربوط به تحقق پیش‌فرض تجزیه مرکب، تجزیه واریانس مرکب و هم‌چنین تجزیه پایداری به روش AMMI با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و تجزیه پایداری به روش GGE Biplot با استفاده از نرم‌افزار GGE Biplot (نسخه ٦/٣) انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس آزمون بارتلت یکنواختی اشتباهات آزمایشی تأیید گردید و تجزیه مرکب با استفاده از میانگین هر ژنوتیپ و با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام گرفت. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری بین دو سال آزمایش مشاهده نشد. علاوه‌بر این، اثر منطقه نیز معنی‌دار ارزیابی نشد. عدم معنی‌داری اثر مکان (منطقه) بیانگر این موضوع بود که شرایط محیطی در مناطق مورد مطالعه با یکدیگر اختلافی نداشتند (جدول ۳).

اثر متقابل سال × منطقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد که این حاکی از نوسانات شرایط تصادفی محیط بوده و بدان معنا است که محیط‌ها در برخی مناطق از سالی به سال دیگر شرایط متفاوتی برای تولید محصول داشته‌اند. اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد که این موضوع حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بوده و نشان می‌دهد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز این صفت دارای تفاوت‌هایی بوده است.

عدم معنی‌داری اثر متقابل سال × ژنوتیپ، بیانگر واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها نسبت به سال‌های آزمایش بود و نشان داد که میانگین عملکرد از سالی به سال دیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است. اثر متقابل منطقه × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید که این موضوع نشان داد که ژنوتیپ‌های تحت مطالعه در مکان‌های مورد آزمایش دارای واکنش‌های متفاوتی می‌باشند و یا به‌عبارت دیگر بیانگر این است که میانگین صفت مذکور از مکانی به مکان دیگر فرق می‌کند.

اثر متقابل سال × منطقه × ژنوتیپ معنی‌دار ارزیابی نشد که این حاکی از عدم تفاوت اثر متقابل ژنوتیپ × سال در مناطق مختلف بود. به‌عبارت دیگر بیانگر آن است که شرایط محیطی در بین محیط‌های آزمایش دارای اثرات متفاوتی نبوده است (جدول ۳).

در اثر متقابل سال و منطقه بر عملکرد میوه، بیشترین میزان عملکرد در منطقه میناب به‌دست آمد. این منطقه در هر دو سال آزمایش، حائز بالاترین مقدار عملکرد در بین مناطق مورد بررسی گردید. برای منطقه میناب میزان عملکرد در هر دو سال فاقد اختلاف معنی‌دار بود. پس از میناب، منطقه کرج در سال دوم آزمایش (۱۳۹۸- ۱۳۹۷) دارای بیشترین مقدار عملکرد بود. پس از محیط‌های یادشده فوق، جیرفت در هر دو سال آزمایش و منطقه‌ی کرج در سال اول آزمایش دارای کمترین میزان عملکرد در بین محیط‌های مورد بررسی ن (جدول ٤).

تجزیه پایداری به روش AMMI: نمودار بای‌پلات عملکرد در مقابل مؤلفه اول مدل AMMI1 برای ژنوتیپ‌های بادمجان مورد بررسی در شکل ۱ آورده شده است. در این مدل هر چه ژنوتیپ‌ها به مرکز بای‌پلات AMMI نزدیک‌تر باشند، دارای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط کمتر و از پایداری عمومی بیشتری برخوردار هستند (Gauch and Zobel, 1996; Scavo *et al.*, 2023)، بنابراین برای اکثر مناطق قابل توصیه خواهند بود. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز قرار می‌گیرند دارای پایداری خصوصی هستند (Gauch and Zobel, 1996). با این توضیح، ژنوتیپ‌های G7 (AM_5)، G12 (Y_7)، G5 (AM_7)، G16 (SA_{20}) و G2(AM) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

شدند. در میان ژنوتیپ‌های فوق‌الذکر، دو ژنوتیپ AM_5 و AM دارای عملکردی کمتر از میانگین کل بوده و بنابراین سه ژنوتیپ (Y_7، AM_7 و SA_{20}) با عملکرد مناسب، قابل توصیه برای تمامی مناطق تحت آزمایش هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته بادمجان در سه منطقه میناب، کرج و جیرفت

Table 3. Combined analysis of variance of eggplant genotypes yields in Minab, Karaj and Jiroft

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	مجموع مربعات S.S	میانگین مربعات M.S
سال Year	1	6.6	6.6^{ns}
منطقه Location	2	948.9	474.5^{ns}
سال × منطقه Year × location	2	839.2	419.6*
خطای اول Error (1)	12	951.3	79.3
ژنوتیپ Genotype	16	2218.8	138.7**
سال × ژنوتیپ Year × genotype	16	276.4	17.3^{ns}
منطقه × ژنوتیپ Genotype × location	32	2861.8	89.4**
سال × منطقه× ژنوتیپ Genotype × location ×year	32	765.3	23.9^{ns}
خطای دوم Error (2)	192	5363.2	27.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	24.6		

^{ns}، *و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and**: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- مقایسه اثر متقابل سال و منطقه بر عملکرد

Table 4. Comparison of yield mean in different regions

منطقه Location	سال Year	
	۱۳۹۶-۱۳۹۷ 2016-2017	۱۳۹۷-۱۳۹۸ 2017-2018
میناب Minab	29.33^{a}	26.59^{a}
جیرفت Jiroft	17.31^{c}	16.03^{c}
کرج Karaj	17.30^{c}	22.20^{b}

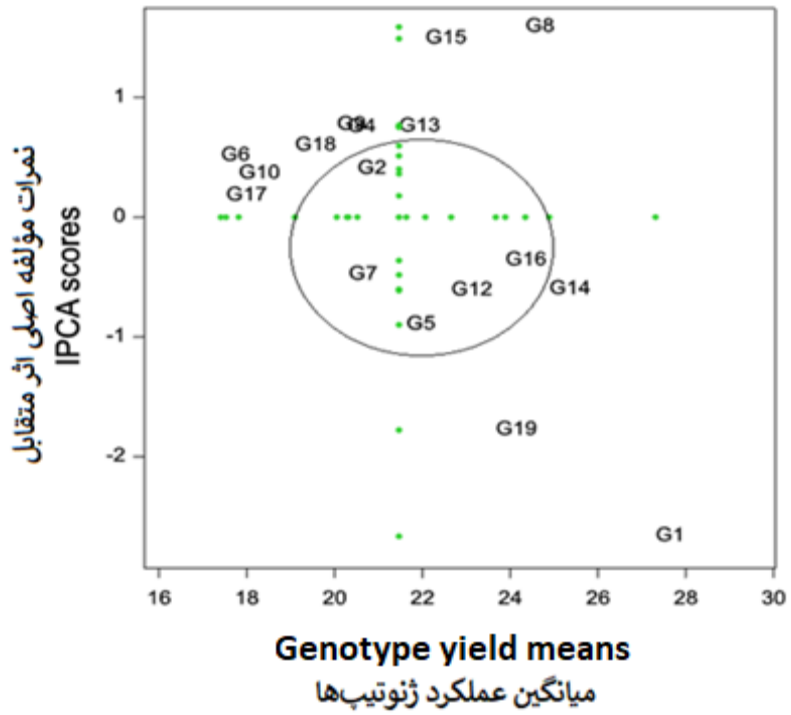
میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Means followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan´s multiple range test.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

به‌منظور بررسی سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها با مناطق مورد بررسی از مدل AMMI2 که مبتنی بر پلات کردن دو مؤلفه اصلی اول می‌باشد، استفاده شد. در این بای‌پلات ژنوتیپ G8 (AM_4) در منطقه کرج، ژنوتیپ G14 (SA_{13}) در منطقه جیرفت و ژنوتیپ G1 (Y) در منطقه میناب، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای هر منطقه شناخته شدند. به‌عبارت دیگر این ژنوتیپ‌ها بهترین پاسخ را در هر مکان مورد بررسی نشان داده و با این مکان‌ها سازگاری خصوصی داشتند (شکل ۲). کاندینیا و همکاران (Koundinya *et al.*, 2019) و باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2016) نیز در پژوهش‌های جداگانه، از روش AMMI برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌های بادمجان استفاده کرده بودند که نتایج پژوهش‌های یاد شده نیز قدرت تشخیص سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها با استفاده از این روش را تأیید نمود.

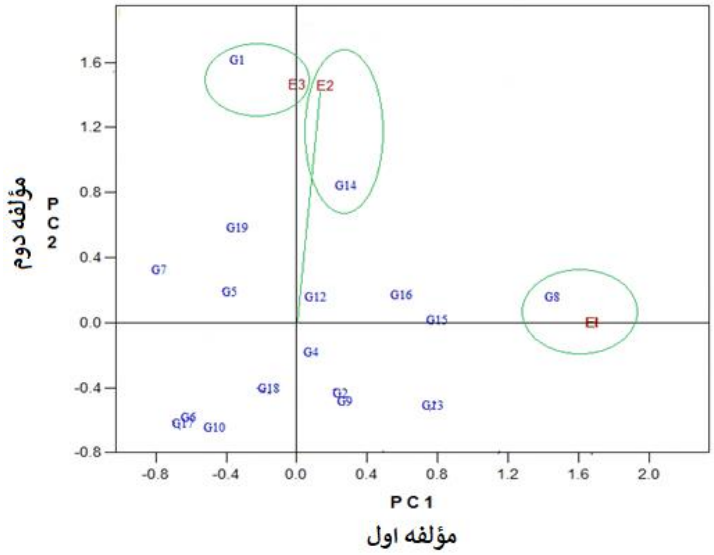
تجزیه پایداری به روش GGE Biplot: در ذیل نتایج تجزیه سازگاری ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از روش GGE Biplot نیز آورده شده است. همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، ۹۵/۷ درصد از واریانس G + GE توسط دو محور PC1 (۸۰/۱ درصد) و PC2 (۱۵/۶ درصد) توجیه شده است. با توجه به محل استقرار ژنوتیپ‌های مورد بررسی در نمودار، تنوع زیادی بین میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. لازم به توضیح است که معیار بهتر بودن عملکرد ژنوتیپ‌ها در این نمودار، بیشتر بودن مقدار PC1 در بین ژنوتیپ‌ها است (Gedif and Yigzaw, 2014). همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، مقدار PC1 در بین ژنوتیپ‌ها بسیار متغیر است. در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده، ژنوتیپG8 بیشترین میانگین عملکرد و تیمارهای G7، G17 و G16 به‌ترتیب کمترین میانگین عملکرد را به خود اختصاص دادند. سایر ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد در تمامی محیط‌ها، در حدواسط ژنوتیپ‌های یادشده فوق قرار گرفتند.



شکل ۱- بای‌پلات عملکرد در مقابل مؤلفه اول مدل AMMI1 برای ژنوتیپ‌های بادمجان مورد بررسی. E1: کرج؛ E2: جیرفت، E3: میناب و G1 تا G19: کد ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس جدول ۲ را نشان می‌دهند.

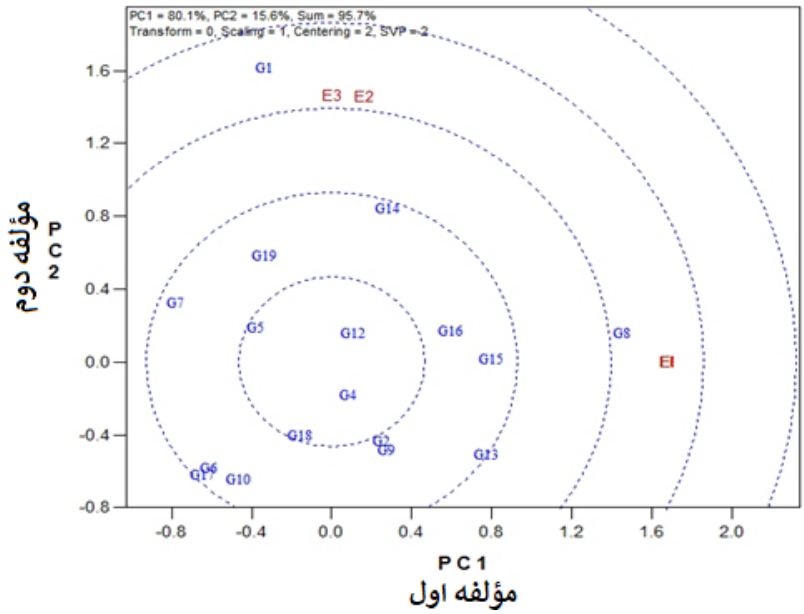
Figure 1. Biplot presentation of first component of AMMI model vs. yield of eggplant genotypes. E1: Karaj; E2: Jiroft; E3: Minab and G1 to G19: Eggplant genotypes code based on table 2.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]



شکل ۲- بای‌پلات مدل AMMI2 دو مؤلفه اول برای اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و مناطق مورد بررسی. E1: کرج؛ E2: جیرفت، E3: میناب و G1 تا G19: کد ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس جدول ۲ را نشان می‌دهند.

Figure 2. Biplot presentation of first and second components of G × E interaction. E1: Karaj; E2: Jiroft; E3: Minab and G1 to G19: Eggplant genotypes code based on table 2.



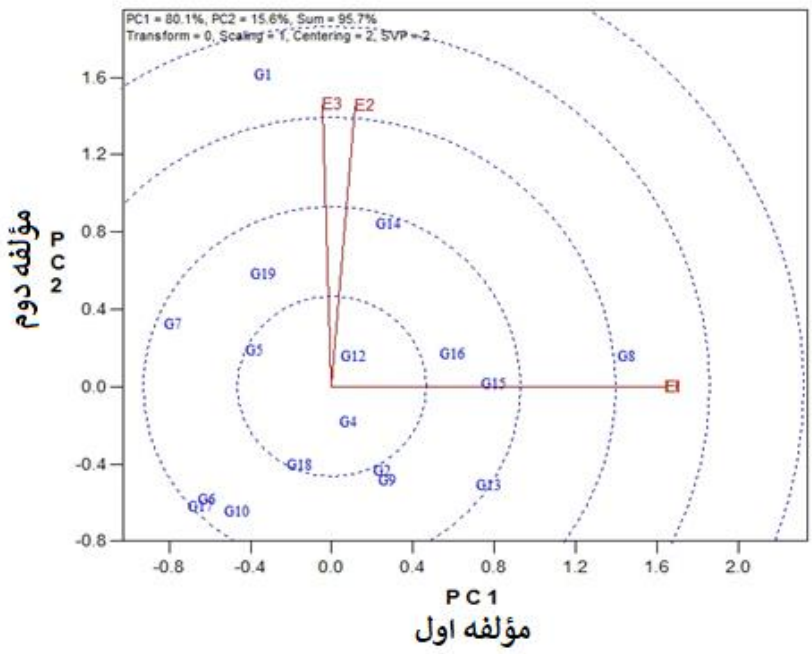
شکل ۳- اثر متقابل ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط‌های آزمایش. E1: کرج؛ E2: جیرفت، E3: میناب و G1 تا G19: کد ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس جدول ۲ را نشان می‌دهند.

Figure 3. Interaction of eggplant genotypes in experimental environments. E1: Karaj; E2: Jiroft; E3: Minab and G1 to G19: Eggplant genotypes code based on table 2.

رابطه بین محیط‌های آزمون: در شکل ٤ میزان همبستگی بین محیط‌های آزمایش نشان داده شده است. محیط‌هایی که زاویه کمتری با هم دارند، دارای همبستگی بیشتری با هم هستند (Mahdavi *et al*., 2020). کسینوس زاویه بین بردارهای دو محیط ضرایب همبستگی بین آن‌ها را به‌طور تقریبی برآورد می‌کند (Yan and Kang, 2002). زاویه حاده

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

(کمتر از ۹۰ درجه) حاکی از همبستگی بالای دو محیط است که چنانچه طی سال‌های مختلف استمرار داشته باشد، می‌توان یکی از آن دو را حذف کرد، بدون اینکه نقص قابل‌توجهی در بررسی ژنوتیپ‌ها ایجاد شود، زیرا آن محیط‌ها از نظر شرایط محیطی و آب و هوایی مشابهت بیشتری با هم دارند. با این توضیح با توجه به این‌که محیط E2 (جیرفت) با محیط E3 (میناب) دارای زاویه‌ای بسیار کم می‌باشد، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که همبستگی بین این دو محیط بسیار زیاد است. با توجه به موقعیت مکانی مناطق فوق که هر دو در جنوب کشور واقع شده‌اند و همچنین مشابهت نسبی آب و هوای هر دو مکان، وجود همبستگی بین مکان‌های بالا قابل انتظار بود. با توجه به همبستگی نسبتاً بالایی که بین مکان‌های میناب و جیرفت وجود دارد؛ می‌توان چنین نتیجه گرفت که در پژوهش‌های آینده نیاز به انجام آزمایش در هر دو مکان وجود ندارد و اطلاعات حاصل از یکی از این محیط‌ها قابل تعمیم به محیط دیگر نیز می‌باشد. کمترین همبستگی بین محیط‌ها نیز بین کرج و میناب مشاهده شد هر چند که همبستگی کرج با جیرفت نیز تفاوت زیادی با میناب نداشت. در نمودار ٤، دایره‌های هم‌مرکز نشان دهنده طول بردارها هستند که متناسب با انحراف معیار آن محیط بوده و بزرگی آن، قدرت تمایز بردار را نشان می‌دهد. قدرت تمایز محیط میزان اطلاعاتی است که آن محیط برای ژنوتیپ‌های مختلف در اختیار قرار می‌دهد. با توجه به موقعیت محیط‌ها در نمودار ٤ به نظر می‌رسد که مکان کرج از قدرت تمایز بهتری نسبت به دو محیط دیگر برخوردار بوده و محیط‌های میناب و جیرفت هر چند از این لحاظ از کرج ضعیف‌تر بودند ولیکن با یکدیگر اختلاف چندانی نداشتند. قدرت تمایز معیار مهمی برای ارزیابی محیط آزمون محسوب می‌شود. محیط آزمون فاقد قدرت تمایز، هیچ نوع اطلاعاتی را درباره ارقام فراهم نمی‌کند و در نتیجه محیط مذکور قابل استفاده نیست (Yan and Kang, 2002).



شکل ٤- بای‌پلات ارتباط بین محیط‌های مورد بررسی. E1: کرج؛ E2: جیرفت، E3: میناب و G1 تا G19: کد ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس جدول ۲ را نشان می‌دهند.

Figure 4. Biplot of the relationship between the studied environments. E1: Karaj; E2: Jiroft; E3: Minab and G1 to G19: Eggplant genotypes code based on table 2.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

رابطه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی: همانند محیط‌ها (شکل ٤)، در شکل ٥ همبستگی بین ژنوتیپ‌ها ارائه شده است. همان‌گونه که در نمودار نیز مشخص است، اغلب ژنوتیپ‌ها در قالب گروه‌های همبسته قابل طبقه‌بندی هستند. به‌عنوان مثال بالاترین همبستگی بین ژنوتیپ‌های G6 و G17 و پس از آن‌ها بین ژنوتیپ‌های G2 با G9 و G8 با G15 ملاحظه گردید. همان‌طور که در شکل هم ملاحظه می‌شود، زاویه بین بردارهای ژنوتیپ‌های بالا نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بسیار کم‌تر می‌باشد. دو ژنوتیپ G6 و G17 علاوه‌بر همبستگی بسیار بالا با یکدیگر با ژنوتیپ G10 هم ارتباط بسیار زیادی را نشان دادند. علاوه‌بر موارد ذکر شده فوق، سه ژنوتیپ G19، G5 و G7 هم همبستگی نسبتاً زیادی را با یکدیگر نشان دادند. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کمترین میزان همبستگی مربوط به ژنوتیپ‌های G1 با G4 و همچنین G7 با G13 بود. زاویه بین این ژنوتیپ‌ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در حداکثر مقدار ممکنه بود و بنابراین نتیجه‌گیری شد که ژنوتیپ‌های فوق‌الذکر یا دارای همبستگی بسیار کم و یا فاقد هیچ‌گونه ارتباطی با یکدیگر می‌باشند.

در ارتباط با دو ژنوتیپ G2(AM) و G9(AM_{17}) که همبستگی بالایی را در بین تیمارهای مورد بررسی به خود اختصاص دادند قابل‌ذکر است که منشأ هر دوی این تیمارها از توده بادمجان منطقه دم‌شهر بودند به‌طوری که ژنوتیپ AM توده مادری منطقه دم‌شهر و AM_{17} یک لاین انتخابی از همین توده بوده است بنابراین همبستگی بالا بین این دو ژنوتیپ قابل انتظار می‌باشد. در مورد AM_6 و GHE_{26} و همچنین AM_4 و SA_5که همبستگی بسیار بالایی را با هم نشان دادند نیز قابل ذکر است که هر چند ژنوتیپ‌های بالا دارای منشأ یکسانی نبودند و لیکن از لحاظ خصوصیات گیاه‌شناسی بسیار شبیه به هم بودند. ژنوتیپ‌های مذکور از لحاظ شکل میوه، رنگ گوشت میوه و سایر خصوصیات تقریباً مشابه یکدیگر بوده و بنابراین ارتباط بالا بین این لاین‌ها منطقی و قابل توجیه می‌باشد.

عدم همبستگی بین ژنوتیپ‌های G7 و G13 که در بالا به آن‌ها اشاره شد می‌تواند به این دلیل باشد که منشأ ژنوتیپ‌های فوق یا یکدیگر متفاوت می‌باشد. ژنوتیپ G13 مربوط به منطقه تیرور بوده در حالی‌که لاین G7 از توده مادری منطقه دم‌شهر استخراج شده بود. با این توضیح عدم همبستگی بین ژنوتیپ‌های یاد شده می‌تواند کاملاً توجیه داشته باشد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر منطقه از میانگین دو سال آزمایش، ژنوتیپ GHE_{12} در منطقه میناب، ژنوتیپ SA_{13} در منطقه جیرفت و ژنوتیپ‌های AM_4، SA_{15} و SA_5 در منطقه کرج از عملکرد قابل قبولی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری کلی حاصل از تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های بادمجان با استفاده از دو روش GGE Biplot و AMMI حاکی از پایداری عمومی ژنوتیپ‌های SA_{20} وY_7 بود. این ژنوتیپ‌ها با داشتن میانگین عملکرد مطلوب، برای هر سه مکان مورد مطالعه این تحقیق قابل توصیه می‌باشند. بر اساس نتایج تجزیه سازگاری و پایداری خصوصی ژنوتیپ‌ها، لاینY برای منطقه میناب، ژنوتیپSA_{13} برای منطقه جیرفت و ژنوتیپAM_4 برای منطقه کرج قابل توصیه هستند.

References

Amini, A., Vahabzadeh, M., Afiuni, D., Saberi, M.H. and Tabatabaei, M.T. (2008). Study of adaptation and grain yield stability of wheat genotypes in salt effected regions of Iran. *18th EUCARPIA General Congress*, Valencia, Spain.

Annicchiarico, P. (2002). *Genotype × Environment Interactions: Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 174, FAO, Rome, IT.

Annicchiarico, P. (2002). *Genotype × Environment Interactions: Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations*. Instituto Sperimentale per le Colture ForaggereLody, IT.

Bagheri, M. and Keshavarz, S. (2011). Pure line selection from five Iranian eggplant (*Solanum melongena* L.) landraces. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, **12(1):** 77-84 (In Persian).

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

Bagheri, M., Keshavarz, S. and Khakhki, A. (2016). Evaluation of selected lines from eggplant (*Solanum melongena* L.) landraces. *Seed and Plant Improvement Journal*, **32(2):** 165-180 (In Persian).

Daneshvar, M.H. (2000). *Vegetable Growing*. Shahid Chamran University Press, Ahwaz, IR (In Persian).

FAO. (2020). FAO Statistical Database (FAOSTAT), Web site at URL: http://www.faostat.fao.org.

Gauch, H.G. and Zobel, R.W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S. and Gauch, H.G., (eds.), *Genotype by Environment Interaction*. CRC Press: Boca Raton, FL, USA.

Gedif, M. and Yigzaw, D. (2014). Genotype by environment interaction analysis for tuber yield of potato (Solanum tuberosum L.) using a GGE Biplot method in Amhara region, Ethiopia. *Agricultural Sciences*, **5:** 239-249.

Kalloo, G. and Bergh, B.O. (2012). *Genetic Improvement of Vegetable Crops. Newnes*. Elsevier Science, Amsterdam, NL.

Kameli, A.M., Kiani, G. and Kazemitabar, S.K. (2020). The evaluation of phenotypic diversity in eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes. *Journal of Vegetables Sciences*, **3(2):** 31-41 (In Persian).

Koundinya, A.V.V., Manas, K.P., Ramesh, D. and Pradeep, M. (2019). Phenotypic stability of eggplant for yield and quality through AMMI, GGE and cluster analyses. *Scientia Horticulturae*, **247:** 216-223.

Mahdavi, A.M., Babaeian Jelodar, N., Farshadfar, E. and Bagheri, N. (2020). Evaluation of stability and adaption of bread wheat genotypes using univariate statistics parameters and AMMI. *Plant Genetic Researches*, **7(1):** 19-32 (In Persian).

Mohammadi, R. and Amri, A. (2008). Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, **159(3):** 419-432.

Mozaffarian, S., Charehgani, H., Abdollahi, M. and Rezaei, R. (2019). Effect of some macronutrients on the root-knot nematode, meloidogyne javanica activities in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Plant Protection*, **33(4):** 397-408 (In Persian).

Muñoz-Falcón, J.E., Prohens, J., Vilanova, S., Ribas, F., Castro, A. and Nuez, F. (2009). Distinguishing a protected geographical indication vegetable (*Almagro eggplant*) from closely related varieties with selected morphological traits and molecular markers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **89:** 320-328.

Naeem, M.Y. and Ugur, S. (2019). Nutritional content and health benefits of eggplant. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, **7:** 31-36.

Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Arolu, F., Chukwu, S.C., Salisu, M.A., Olaniyan, B.A., Fagbohun, I.K. and Muftaudeen, T.K. (2021). Genetic diversity and utilization of cultivated eggplant germplasm in varietal improvement. *Plants*, **10(8):** 1714.

Prohens, J., Blanca, J. and Nuez, F. (2005). Morphological and molecular variation in a collection of eggplant from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **130:** 54-63.

Scavo, A., Mauromicale, G. and Ierna, A. (2023). Genotype× environment interactions of potato tuber quality characteristics by AMMI and GGE biplot analysis. *Scientia Horticulturae*, **15:** 111750.

Sekara, A., Cebula, S. and Kunicki, E. (2007). Cultivated eggplants – origin, breeding objectives and genetic resources, a review. *Folia Horticulture*, **19:** 97-114.

Sharifi, P., Abbasian, A. and Mohaddesi, A. (2021). Evaluation the mean performance and stability of rice genotypes by combining features of AMMI and BLUP techniques and selection based on multiple traits. *Plant Genetic Researches*, **7(2):** 163-180 (In Persian).

Soares, J.M., Teixeira, F., Oliveira, M.L.D., Amaral, L.A.D., Almeida, T.D.S.F.D., Souza, G.H.O.D., Hokama, L.M., Menegassi, B., Santos, E.F.D. and Novello, D. (2022). Eggplant flour addition in cookie: nutritional enrichment alternative for children. *Foods*, **11(12):** 1667.

Temesgen, T., Keneni, G., Sefera, T. and Jarso, M. (2015). Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal*, **3:** 258-268.

Yan, W. and Kang, M.S. (2002). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA

Zali, H., Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H. and Karimizadeh, R. (2012). Evaluation of genotype × environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. *Annals of Biological Research*, **3(7):** 3126-3136.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]

[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]

Evaluation of Stability and Adaptability in the Selected Lines of Some Iranian Eggplant (*Solanum melongena* L.) by AMMI and GGE Biplot Methods

Jamshid Moradpour[1], Hadi Ahmadi[2,*], Mahmoud Bagheri[3] and Daryoush Goudarzi[4]

1- Former M.Sc. Student, Production Engineering and Plant Genetics Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2- Associate Professor, Production Engineering and plant Genetics Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
3- Assistant Professor, Vegetables and Irrigated Pulses Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Instructor, Production Engineering and plant Genetics Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: May 29, 2022 – Accepted: September 14, 2022)

Abstract

Eggplant (*Solanum melongena* L.) has a high genetic variation in Iran and there are many landraces of this crop in Iran. In the present study, 15 superior genotypes of eggplant which were selected from Minab landraces accompanying two superior mother landraces (totally 17 lines) were studied for two successive years in three regions of Iran including Minab, Karaj and Jiroft. The experiment was conducted in Randomized complete block design with three replications. Finally, total yield of both years was measured and the combined analysis was done and the best line(s) for different climates were introduced using evaluation the stability of the lines via AMMI and GGE biplot procedures. Based on the results of means comparison of yield in the studied lines in each region from average of two years, GHE12 line in Minab region, SA13 line in Jiroft region and AM4, SA15 and SA5 lines in Karaj region have higher fruit yield than the other lines. Based on the results of yield comparison of the examined genotypes in each region from the average of two years of testing, GHE12 genotype in Minab region, SA13 genotype in Jiroft region and AM4, SA15 and SA5 genotypes in Karaj region had acceptable yield compared to other genotypes. However, according to the results of special adaptability and stability analysis, Y genotype for Minab region, SA13 genotype for Jiroft region and AM4 genotype for Karaj region are recommended.

Keywords: Genotype × environment interaction effect, Eggplant, Stability analysis, AMMI

* **Corresponding Author, E-mail: ahmadi.ha@lu.ac.ir**

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-12-27]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.10.1]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.10]