



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی پایداری عملکرد و سازگاری ژنوتیپ‌های جدید سیب‌زمینی با استفاده از روش GGE Biplot

فرشید حسنی^۱، کبری مسلم‌خانی^۲، زهرا طاهرزاد^۳ و محمدرضا جزائری نوش‌آبادی^۴

۱- استادیارمؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(نویسنده مسوول: farshid.shz@gmail.com)

۲، ۳ و ۴- دانشیار، کارشناس ارشد و مربی‌مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۱۶

صفحه: ۹۱ تا ۱۰۱

چکیده

در راستای دست‌یابی به امنیت غذایی بیشتر، گیاه سیب‌زمینی نقش زیادی را در زنجیره غذایی انسان‌ها ایفا نموده است و حصول حداکثر عملکرد این گیاه در کنار سایر مولفه‌های مطلوب، می‌تواند از طریق ارزیابی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌های متنوع در مناطق مختلف کشور، به دست آید. در این مطالعه با هدف ارزیابی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌های جدید سیب‌زمینی، تعداد ۱۰ ژنوتیپ جدید متوسط رس و زودرس به نام‌های آنابلا، تاروس، کررا، لیستا، ولومیا، کلومبا، کریسپ فور آل، اینوویتور، لئوناردو و سیلوانا به همراه یک ژنوتیپ متوسط رس رایج مورد کشت و کار در کشور به‌عنوان شاهد و به‌نام سانه در سه منطقه مختلف (مشهد، زنجان و همدان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در اراضی بخش خصوصی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌های ژنوتیپ‌های متوسط‌رس و زودرس در مکان‌های مختلف آزمایش نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار برای ژنوتیپ و ژنوتیپ در سال برای تمامی صفات مورد ارزیابی بود. همچنین اثر سال، مکان در سال و ژنوتیپ در مکان تنها برای صفات عملکرد کل غده، عملکرد قابل فروش، تعداد غده بذری در بوته و تعداد کل غده هر بوته تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. در بین ژنوتیپ‌های متوسط رس و زودرس، ژنوتیپ‌های لیستا، لئوناردو، سیلوانا، کلومبا و کررا با توجه به بالابودن عملکرد (۴/۶۶ تا ۵/۰۳ کیلوگرم بر مترمربع) معرفی شدند اما به‌طور اختصاصی در مکان‌های ارزیابی‌شده، ژنوتیپ‌های کلومبا، لیستا و کررا با بیشترین عملکرد غده (به ترتیب با ۵/۰۳، ۴/۹۰ و ۴/۷۴ کیلوگرم در متر مربع)، برای منطقه زنجان و ژنوتیپ آنابلا با عملکرد غده ۴/۲۵ کیلوگرم در متر مربع برای مشهد و ژنوتیپ سانه با عملکرد غده ۴/۵۳ کیلوگرم در متر مربع برای همدان جزء سازگارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های کریسپ فور آل، اینوویتور و تاروس به‌طور خاص با هدف مصرف در بخش صنعت (چیپس و سیب‌زمینی سرخ‌کرده) با توجه به درصد بالای ماده خشک آنها (به ترتیب ۲۳/۸۸، ۲۱/۹۱ و ۲۱/۲۴ درصد)، پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پایداری، ژنوتیپ، سازگاری، سیب‌زمینی

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از گیاهان مهم زراعی در دنیا بوده و پس از ذرت، برنج و گندم از نظر تولید در سطح جهان در رتبه چهارم قرار دارد (۳). براساس آمار سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، از ۱۴۶۳۵۰ هکتار مجموع سطح زیر کشت آبی و دیم کشور، تقریباً پنج میلیون تن غده سیب‌زمینی به‌دست آمده است و بالاترین میزان تولید غده سیب‌زمینی به‌ترتیب در استان‌های همدان با سطح زیر کشت ۲۴۲۴۸ هکتار، اردبیل با سطح زیر کشت ۱۹۷۴۵ هکتار و اصفهان با سطح زیر کشت ۱۵۰۰۲ هکتار گزارش شده است (۲).

گام نخست برای افزایش عملکرد بالقوه گیاهان زراعی، مشخص‌نمودن عواملی است که بیشترین نقش را در تعیین عملکرد به‌عهده دارند و در این میان، رقم و میزان انطباق آن با شرایط اقلیمی منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۲). ارقام سیب‌زمینی موجود در کشور به‌طور قابل توجهی منشاء وارداتی دارند که هر ساله، بر حسب نیاز با نظارت به کشور وارد می‌شوند. معرفی ارقام مناسب کشت در هر منطقه با ویژگی عملکرد بالا و بازپسندی مطلوب، دسترسی آسان‌تر و

با هزینه کمتر برای خانواده‌های ساکن در آن استان را فراهم می‌کند. امروزه مشخص شده است که عملکرد غده سیب‌زمینی علاوه بر تأثیر از ژنتیک (۱۹)، به میزان زیادی از شرایط محیطی تأثیر می‌پذیرد، لذا بایستی سازگاری و پایداری ارقام مختلف سیب‌زمینی، در مناطق و سال‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۳). گاوچ (۱۳) بیان داشت که از نظر به‌نژادگران گیاهی، دامنه سازگاری ژنوتیپ وسیع‌تر از اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. ارزیابی در مناطق مختلف به این دلیل است که مشخص شده است که ارقام مختلف سیب‌زمینی از الگوی رشد متنوع و متفاوتی پیروی می‌کنند (۲۷). لیو و همکاران (۲۶) گزارش کردند که تمامی صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی از رقم، شرایط منطقه کشت، چگونگی مدیریت مزرعه و سایر نهاده‌ها تأثیر می‌پذیرد.

در راستای ارزیابی ارقام مختلف سیب‌زمینی، شاخص‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که از جمله می‌توان به عملکرد کل غده، عملکرد قابل فروش، تعداد غده بذری در بوته، تعداد کل غده هر بوته و درصد ماده خشک اشاره کرد (۳۷،۲۰). واکنش صفات مختلف سیب‌زمینی به تغییرات شرایط محیطی در مطالعه‌های مختلفی ارزیابی شده است

ژنوتیپ‌های جدید سازگار و پایدار سیب‌زمینی متوسط رس و یا زودرس جهت کشت بهاره، در سه منطقه مشهد، زنجان و همدان، انجام شد تا بتوان براساس شرایط محیطی منطقه با هدف افزایش امنیت غذایی کشور، ژنوتیپ‌های مناسب و سازگار را برای کشت در مناطق مختلف کشور پیشنهاد نمود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۰ ژنوتیپ جدید وارداتی متوسط رس و یا زودرس (جدول ۱) به‌همراه یک ژنوتیپ متوسط رس رایج مورد کشت و کار در کشور به‌عنوان شاهد و به نام سانته در سه منطقه مهم کشت و کار سیب زمینی (از نظر شرایط آب و هوایی)، مشهد (ترتیب حیدریه)، زنجان (زرین‌آباد) و همدان (رزن) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) مورد کشت و ارزیابی قرار گرفتند. منشا تمامی ژنوتیپ‌ها، کشور هلند بود. طول دوره رشد ژنوتیپ‌های مختلف از ۸۹ تا ۱۲۵ روز متغیر بود (جدول ۱). اطلاعات هواشناسی طی بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ در دو شکل ۱ و ۲ برای سه مکان مورد بررسی ارائه شده است. بالاترین مقدار مجموع بارندگی سالانه به‌ترتیب در زنجان، مشهد و سپس همدان قابل مشاهده بود. بیشترین میزان بارندگی در مشهد در ماه‌های آخر سال، در زنجان در فصل پاییز و بهمن و اسفندماه و در همدان در فصل پاییز طی بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ به وقوع پیوسته است (شکل ۱). از نظر میانگین دمای ماهیانه نیز، به‌ترتیب مشهد، همدان و زنجان، مقادیر بالاتری را نشان دادند اما الگوی تغییرات دما برای هر سه مکان تقریباً مشابه مشاهده شد، اگرچه مکان زنجان در برخی از ماه‌ها (دی و بهمن ماه) دماهای زیر صفر درجه را طی بازه زمانی مربوطه تجربه کرده است (شکل ۲).

هر ژنوتیپ در هر کرت در چهار ردیف به طول هشت متر کشت شد. فاصله بوته‌ها در روی هر ردیف ۲۵ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین میزان کوددهی بر اساس توصیه‌های کارشناسان در هر منطقه انجام و سایر عملیات به زراعی در مرحله داشت و برداشت مطابق شرایط کشت رعایت شد. یادداشت‌برداری‌های مورد لزوم بر اساس دستورالعمل مربوط به آزمون ارزش زراعی (VCU) سیب‌زمینی در مراحل مختلف انجام گرفت. در طول اجرای پروژه صفاتی نظیر عملکرد کل غده، عملکرد قابل فروش غده، تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد غده بذری در بوته، تعداد کل غده در هر بوته و درصد ماده خشک، یادداشت‌برداری و اندازه‌گیری شد. تعیین عملکرد کل غده نیز بعد از پایان‌یافتن رسیدگی کامل تمامی غده‌ها بدین‌صورت انجام شد که محصول بوته‌های یک ردیف میانی از وسط هر کرت به‌طور کامل برداشت شد. در راستای تعیین عملکرد قابل فروش، غده‌های به قطر ۳۵ تا ۶۰ میلی‌متر به‌عنوان عملکرد قابل فروش تعیین گردیدند (۲۰). جهت ارزیابی درصد ماده خشک، شش عدد غده سیب‌زمینی از هر ژنوتیپ پس از خلال کردن، به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و سپس درصد ماده خشک محاسبه گردید (۱۵). قبل از تجزیه واریانس، آزمون نرمال

(۴۱،۳۳). در گزارش هاینز و همکاران (۱۸) اشاره شده است که ارقام سیب‌زمینی با رنگ گوشت زرد برای مصارف تازه‌خوری مناسب‌ترند. آنها شدت رنگ زرد را در ۲۵ کلون توسط دستگاه رفلکتانس کالریمتر^۱ اندازه‌گیری کرده و اعلام نمودند که در داخل هر کلون بین اندازه غده و شدت رنگ رابطه معکوس وجود دارد.

یکی از فاکتورهای مهم در تعیین نوع مصرف، درصد ماده خشک است. بالا بودن میزان ماده خشک (بیش از ۱۹ درصد) در فرآوری سیب‌زمینی اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا با افزایش ماده خشک بازدهی فرآوری بیشتر، زمان پخت کوتاه‌تر، بافت سیب‌زمینی بهتر و در صورت استفاده برای چیپس و سیب‌زمینی سرخ‌کرده، روغن کمتری مصرف می‌شود (۲۱، ۳۸).

ارزیابی ارقام مختلف سیب‌زمینی وارداتی با کشت در مناطق مختلف آب و هوایی کشور ایران انجام شده است. نتایج به‌دست‌آمده در مطالعات مختلف می‌تواند در تعیین مناطق پیشنهادی برای کشت و همچنین نوع مصرف کمک شایانی را بنماید. موسی‌پور گرجی (۲۹) با بررسی ۳۳ رقم جدید سیب‌زمینی در شش منطقه، پنج رقم را برای مصرف سیب‌زمینی سرخ‌کرده و دو رقم را برای مصرف چیپس و چهار رقم را نیز برای مصرف فرآوری معرفی کردند. در مطالعه دیگری ارقام پیکاسو، رومانو، دراگا، کوزیما و ایلونا برای مصرف کنسروی، ارقام آنزویوتا، آئولا، هرتا و آگریا برای تولید چیپس و سیب‌زمینی سرخ‌کرده معرفی شدند (۱۷).

نتایج دیگر مطالعات انجام‌شده در طی سال‌های گذشته نشان داد که ارقام سیب‌زمینی سانته، مرفونا، آرنیدا، ادسا و کاسموس از نظر عملکرد برتر از رقم آگریا (شاهد) بودند. ارقام ادسا و مرفونا مناسب فرآوری نبوده ولی رقم سانته و کاسموس قابل رقابت با آگریا بودند. در این آزمایش رقم کوراس نیز برای تهیه نشاسته معرفی شد (۱۴).

حسن‌آبادی و حسن‌پناه (۱۶) با تحقیق بر روی ۱۸ کلون امیدبخش سیب‌زمینی در منطقه اردبیل مشاهده کردند که کلون‌های ۷-۳۹۷۰۰۳، ۷-۳۹۷۰۴۵، ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵ و ۲۷-۳۹۶۱۵۱-۳۹۶۱۵۱ و رقم ساوالان دارای عملکرد کل غده و عملکرد غده قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته و همچنین پایداری بالاتری برخوردار بودند.

در پژوهش دیگری که موسی‌پور گرجی (۲۹) طی دو سال بر روی تعداد نه رقم شامل، ناتاشا، کارسو، اپال، ورونا، آندانتا، ارکونا، میراندا، BSS-296 و مقایسه با دو رقم شاهد آگریا و سانته انجام دادند، مشخص شد که رقم اپال در ارزیابی‌های کمی و کیفی به‌عنوان یک رقم متوسط رس و مناسب فرآوری و رقم میراندا به‌عنوان یک رقم زودرس برای کشت بهاره در مناطق سیب‌زمینی کاری کشور مناسب بودند.

در گذشته مطالعات زیادی بر روی سیب‌زمینی محلی مورد کشت و کار در ایران به نام پشندی انجام شده است (۹). این رقم از نظر قابلیت انبارداری، مقاومت به ویروس‌های مهم سیب‌زمینی و حجم محصول در سطح بالایی قرار داشته است که متأسفانه امروزه با عدم استقبال کشاورزان مواجه شده است. این مطالعه در راستای نیاز کشور به تعیین و شناسایی

نتایج و بحث

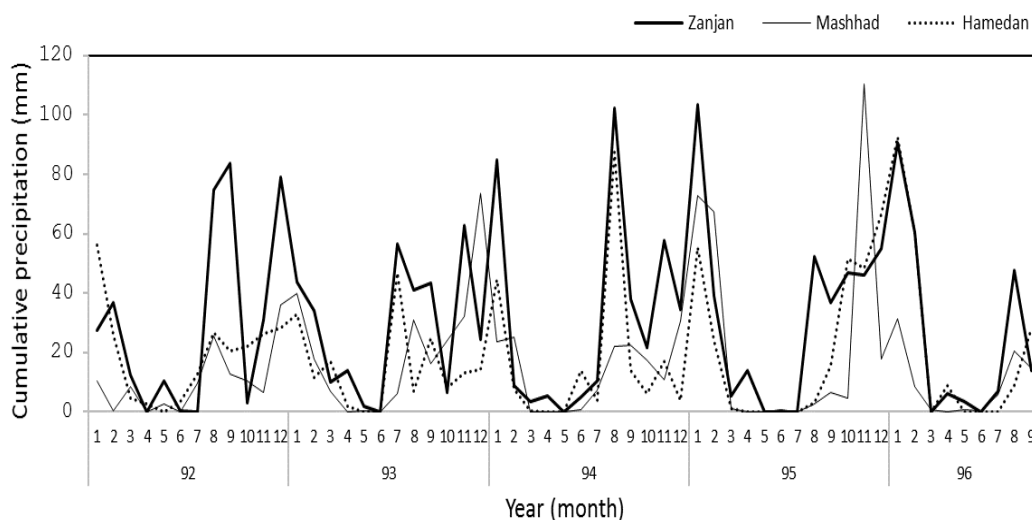
نتایج آزمون بارتلت در جدول ۲ نشان داده شده است و بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سال‌ها و مکان‌های مختلف بررسی است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین مکان‌های مختلف آزمایش، ژنوتیپ و ژنوتیپ در سال برای تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح یک درصد بود. اختلاف شرایط آب و هوایی مکان‌های اجرای آزمایش، عامل مؤثر در بروز اختلاف معنی‌دار بوده است که این نتایج با نتایج لیو و همکاران (۲۶) مطابقت داشت.

بودن خطاهای آزمایشی و متجانس بودن واریانس‌ها (آزمون بارتلت)، انجام شد. تجزیه واریانس مرکب برای کلیه صفات با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر سال و مکان و نیز مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS V.9.1 انجام شد. در راستای ارزیابی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا از روش گرافیکی GGE بای‌پلات نسخه ۴ استفاده شد (۳۴).

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی متوسط رس و با زودرس (G1 تا G11)

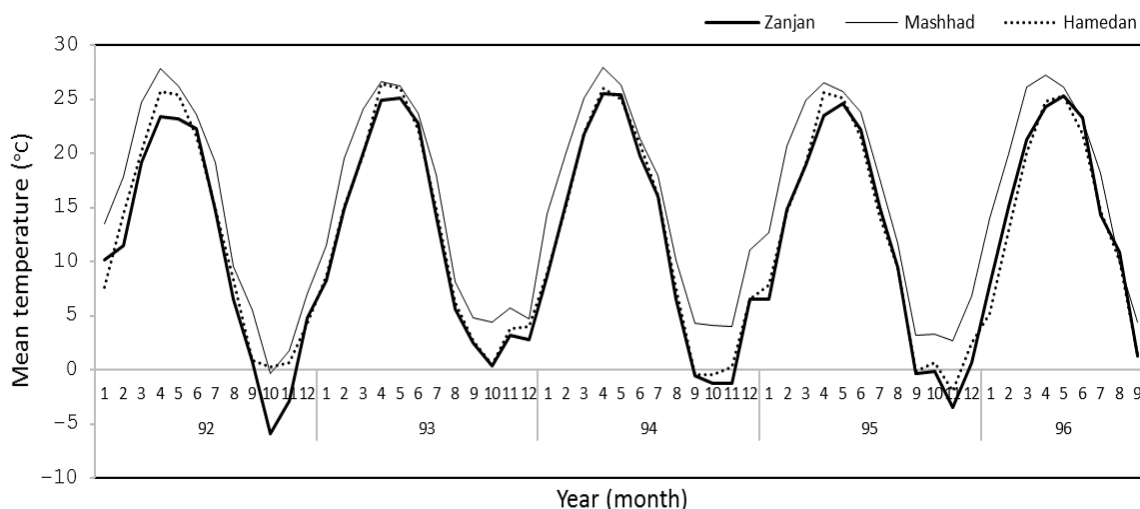
Table 1. Early and medium maturity potato cultivars properties (G1 to G11)

نام ژنوتیپ	رنگ پوست	رنگ گوشت	شکل غده	نوع مصرف	طول دوره رشد (روز)	حاصل از تلاقی	منشا (کشور)
آنابلا ^۱ (G1)	زرد	زردپررنگ	بیضی	بسته‌بندی سوپرمارکت	۸۹	NICOLA × MONALISA	هلند
تاروس ^۲ (G2)	زرد	زرد	گرد	چیپس	۱۱۵	PANDA × RZ-87-44	هلند
کرا ^۳ (G3)	زرد	زردپررنگ	گرد-بیضی	تازه خوری	۹۳	ALLARD × CONCURRENT	هلند
لیستا ^۴ (G4)	زرد	زرد	کشیده	تازه خوری	۹۰	SPUNTA × VE66-295	هلند
ولومیا ^۵ (G5)	زرد	زرد	بیضی کشیده	تازه خوری	۸۹	MONDIAL × ADORA	هلند
کولومبا ^۶ (G6)	زرد	زردپررنگ	گرد	تازه خوری	۹۱	CARRERA × AGATA	هلند
کریسپ فور آل ^۷ (G7)	زرد	زرد	گرد	صنعتی-چیپس	۱۲۵	RZ-85-238 × RZ-87-44	هلند
اینووتور ^۸ (G8)	زردپررنگ	زرد	بیضی کشیده	سیب‌زمینی سرخ کرده خوراکی-	۱۰۰	SHEPODY × RZ-84-2580	هلند
لئوناردو ^۹ (G9)	زرد	زردپررنگ	بیضی کشیده	صنعتی	۱۲۵	TRA89-462 × BOLESTA	هلند
سیلوانا ^{۱۰} (G10)	زرد	زردپررنگ	گرد-بیضی	چندمنظوره	۱۱۰	FABULA × XANTIA	هلند
سانته ^{۱۱} (G11) (شاهد)	زرد	زردروشن	گرد	چندمنظوره	۱۱۵	WY66-13-636 × AM 66-42	هلند



شکل ۱- میزان بارندگی ماهیانه تجمعی سه مکان (زنجان، مشهد و همدان) طی سال ۱۳۹۲-۱۳۹۶
Figure 1. Cumulative precipitation (monthly) of three locations (Zanjan, Mashhad and Hamedan) during 2013-2018

1- Anabelle	2- Taurus	3- Carrera	4- Liseta	5- Volumia	6- Colomba
7- Crisps4all	8- Innovator	9- Leonardo	10- Sylvana	11- Sante	



شکل ۲- میانگین دمای ماهیانه سه مکان (زنجان، مشهد و همدان) طی سال ۱۳۹۲ - ۱۳۹۶
 Figure 2. Mean temperature (°C, monthly) of three locations (Zanjan, Mashhad and Hamedan) during 2013-2018

گردید (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های حسن‌آبادی و حسن‌پناه (۱۶) مطابقت داشت و ژنوتیپ‌های با تعداد بیشتر ساقه اصلی در بوته، همواره از عملکرد بالاتری به دلیل بیشتربودن فعالیت‌های فتوسنتزی در سبزینه گیاه، برخوردار بودند.

ژنوتیپ تاروس (G2) از سایر ژنوتیپ‌های ارتفاع بیشتری (۷۴/۲ سانتی‌متر) را نشان داد. از حیث تعداد غده بذری در بوته به‌ترتیب ژنوتیپ‌های کریسپ فور آل (G7) (۱۳/۰۷)، کلومبا (G6) (۱۲/۵۲) و آنابلا (G1) (۱۳/۲۸) و از نظر تعداد کل غده هر بوته نیز به‌ترتیب ژنوتیپ‌های کلومبا (G6) (۱۵/۸۴)، آنابلا (G1) (۱۵/۰۱)، کریسپ فور آل (G7) (۱۴/۹) بیشترین مقادیر را داشتند (جدول ۴). این نتایج مغایر با یافته‌های به‌دست‌آمده توسط موسی‌پور گرجی (۳۹) بود زیرا آنها گزارش کردند که با افزایش تعداد غده بذری، عملکرد سیب‌زمینی‌های مورد مطالعه افزایش یافت اما در این مطالعه به‌جز در ژنوتیپ کلومبا، ارتباط هم‌افزایی بین تعداد غده بذری و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گیاه سیب‌زمینی مشاهده نشد. بالا بودن میزان ماده خشک در فرآوری سیب‌زمینی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا با افزایش ماده خشک، بازدهی فرآوری بیشتر و زمان پخت کوتاه‌تر می‌شود (۸) و بالا بودن درصد ماده خشک در صنایع فرآوری و تبدیلی اهمیت بسیار زیادی را دارد و سبب کاهش مصرف روغن در طی پخت و پر می‌شود (۲۱).

همچنین اثر سال، مکان در سال و ژنوتیپ در مکان برای صفات عملکرد کل غده، عملکرد قابل فروش، تعداد غده بذری در بوته و تعداد کل غده هر بوته در سطح یک درصد معنی‌داری بودند. اثر متقابل سه‌گانه مکان در سال در ژنوتیپ برای دو صفت عملکرد کل غده و عملکرد قابل فروش در سطح یک درصد و برای تعداد غده بذری هر بوته در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در مکان و ژنوتیپ در سال نشان‌دهنده متفاوت بودن ژنوتیپ‌های از مکانی به مکان دیگر و نیز از سالی به سال دیگر بود. تمامی صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی از رقم، شرایط منطقه کشت، چگونگی مدیریت مزرعه و سایر نهاده‌ها تاثیر می‌پذیرد (۲۶).

پس از مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف در ژنوتیپ‌های مختلف مشخص گردید که ژنوتیپ‌های کلومبا (G6) و لیستا (G4) به‌ترتیب با عملکرد کل ۵/۰۳ و ۴/۹۰ کیلوگرم بر مترمربع و نیز با عملکرد قابل فروش ۴/۵۳ و ۴/۴۱ کیلوگرم بر مترمربع بالاترین مقادیر را نشان دادند (جدول ۴). در مطالعه دیگری در اردبیل بر روی نه رقم به‌همراه رقم سانتیه به‌عنوان شاهد مشاهده گردید که شرایط محیطی و انتخاب ارقام زودرس در کسب محصول با عملکرد بالا تاثیر بسزایی دارد (۲۹).

مشخص شد که بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته در ژنوتیپ لیستا (G4) (با ۵/۶۷ ساقه اصلی در بوته) مشاهده

جدول ۲- جدول آزمون بارتلت (p-value) برای صفات در مکان‌ها و سال‌های مختلف

Table 2. Bartlett's table analysis (p-value) for traits under different locations and years						
	درصد ماده خشک	تعداد کل غده هر بوته	تعداد غده بذری در بوته	ارتفاع بوته	عملکرد قابل فروش	عملکرد کل غده
مکان	۰/۸۰۵	۰/۳۳۱	۰/۱۴۹	۰/۲۶۴	۰/۷۴۹	۰/۱۹۲
سال	۰/۷۹۹	۰/۸۰۴	۰/۵۰۶	۰/۸۹۷	۰/۸۶۱	۰/۶۳۹

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس صفات مختلف ۱۱ ژنوتیپ سیب‌زمینی در سه مکان تحت بررسی
Table 3. Analysis of variance of different traits for 11 potato genotypes in three assessed locations

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل غده	عملکرد قابل فروش	تعداد ساقه اصلی در بوته	ارتفاع بوته	تعداد گل غده بذری در بوته	تعداد گل غده هر بوته	درصد ماده خشک
مکان	۲	۲۸/۴۷ ^{ns}	۲۳/۰۶ ^{ns}	۱۱/۲۳ ^{ns}	۱۱۸۷۴/۵۶ ^{ns}	۱۷۲/۰۲ ^{ns}	۷۹/۷۳ ^{ns}	۳۷۴/۰۴ ^{ns}
سال	۱	۳۰۷/۶۰ ^{ns}	۲۴۹/۱۵ ^{ns}	۲/۲۱ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۳۴۶۲/۲ ^{ns}	۱۶۶۶/۹۴ ^{ns}	۰/۷۳ ^{ns}
مکان × سال	۲	۲۵/۲۶ ^{ns}	۲۰/۴۶ ^{ns}	۲/۲۱ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۲۳۴/۵۹ ^{ns}	۴۶۱/۴۴ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}
تکرار × سال و مکان	۱۸	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۵۰/۹۸ ^{ns}	۵/۵۲ ^{ns}	۷/۹۷ ^{ns}	۹/۱۹ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۰	۱/۵۵ ^{ns}	۱/۲۵ ^{ns}	۱۳/۳۰ ^{ns}	۹۷۱/۳۳ ^{ns}	۳۵/۳۹ ^{ns}	۴۱/۲۶ ^{ns}	۹۱/۶۴ ^{ns}
ژنوتیپ × سال	۲۰	۳/۵۵ ^{ns}	۲/۸۷ ^{ns}	۳/۴۱ ^{ns}	۲۸۱/۷۴ ^{ns}	۱۴/۳۸ ^{ns}	۱۴/۱۷ ^{ns}	۲۵/۱۷ ^{ns}
ژنوتیپ × مکان	۱۰	۳/۸۴ ^{ns}	۳/۱۱ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۱۹/۶۸ ^{ns}	۱۱/۱۸ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}
مکان × سال × ژنوتیپ	۲۰	۱/۳۳ ^{ns}	۱/۰۸ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۷/۷۵ ^{ns}	۷/۱۸ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}
خطا	۱۸۰	۰/۵۹	۰/۴۸	۰/۷۳	۲۰/۰۰	۴/۴۴	۶/۴۴	۸/۱۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۶.۸۸	۱۶.۸۸	۲۰/۶۸	۷/۰۰	۱۸/۴۹	۱۸/۵۲	۱۴/۱۶

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی (G1 تا G11) در سه مکان تحت بررسی
Table 4. Mean comparison of different traits of potato genotypes in three assessed locations

ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی	عملکرد کل غده (کیلوگرم / مترمربع)	عملکرد قابل فروش (کیلوگرم / مترمربع)	تعداد ساقه اصلی در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد گل غده بذری در بوته	تعداد گل غده هر بوته	درصد ماده خشک
آناپلا (G1)	۴/۲۵ ^c	۳/۸۳ ^c	۴/۵۴ ^d	۵۷/۶۸ ^c	۱۳/۲۸ ^a	۱۵/۰۱ ^{ab}	۱۹/۴ ^{efg}
تاروس (G2)	۴/۳۵ ^c	۳/۹۳ ^c	۳/۴۶ ^d	۷۴/۲۰ ^a	۱۰/۷۱ ^{cd}	۱۲/۵۳ ^{cd}	۲۱/۲۳ ^{bcd}
کررا (G3)	۴/۷۳ ^{abc}	۴/۲۶ ^{abc}	۳/۶۳ ^d	۵۹/۸۶ ^{de}	۹/۶۳ ^{cd}	۱۱/۷۴ ^{cd}	۱۷/۸۰ ^{gh}
لیستا (G4)	۴/۹۰ ^{ab}	۴/۴۱ ^{ab}	۵/۶۸ ^a	۵۹/۸۸ ^{de}	۱۲/۳۶ ^{ab}	۱۴/۹۴ ^{ab}	۱۸/۳۶ ^{efgh}
ولومیا (G5)	۴/۴۸ ^{bc}	۴/۰۳ ^{bc}	۳/۶۱ ^d	۵۳/۰۸ ^f	۱۱/۰۹ ^c	۱۲/۸۸ ^{cd}	۲۰/۰۷ ^{c-f}
کلومبا (G6)	۵/۰۳ ^a	۴/۵۳ ^a	۳/۶۶ ^d	۶۴/۶۱ ^c	۱۲/۵۳ ^a	۱۵/۸۵ ^a	۱۷/۳۸ ^h
کریسپ فور آل (G7)	۴/۲۵ ^c	۳/۸۳ ^c	۵/۱۳ ^b	۶۹/۸۰ ^b	۱۳/۰۸ ^a	۱۴/۹۱ ^{ab}	۲۳/۸۸ ^a
اینوویتور (G8)	۴/۵۱ ^{bc}	۴/۰۶ ^{bc}	۳/۹۰ ^d	۶۲/۰۵ ^{cd}	۱۰/۴۶ ^{cd}	۱۳/۳۹ ^{cd}	۲۱/۹۱ ^b
لئوناردو (G9)	۴/۷۳ ^{abc}	۴/۲۶ ^{abc}	۴/۶۶ ^{bc}	۷۰/۷۳ ^b	۱۰/۷۱ ^{cd}	۱۳/۴۷ ^{bc}	۲۰/۴۴ ^{b-e}
سیلوانا (G10)	۴/۶۶ ^{abc}	۴/۱۹ ^{abc}	۳/۶۶ ^d	۶۸/۶۰ ^b	۱۰/۳۶ ^{cd}	۱۲/۴۴ ^{cd}	۱۹/۴۸ ^{d-g}
سانته (شاهد) (G11)	۴/۵۳ ^{abc}	۴/۰۸ ^{abc}	۳/۵۷ ^d	۶۲/۱۷ ^{cd}	۱۱/۲۱ ^{bc}	۱۴/۰۷ ^{bc}	۲۱/۷۱ ^{bc}
	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۴۸	۲/۵۴	۱/۲	۱/۴۴	۱/۶۲

- اعدادی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند. حداقل تفاوت معنی‌دار نیز براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ارائه شده است.

نتایج حاصل از روش GGE (اثر ژنوتیپ + اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) بر اساس میانگین دو سال بیانگر این موضوع بود که مولفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۶ و ۲۷ درصد (در مجموع ۸۳ درصد) از کل تغییرات را توجیه کردند (شکل ۳). اگر مجموع مولفه‌های اول و دوم نتواند تمامی تغییرات را توجیه کند بیانگر پیچیدگی ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است (۴۱). چند ضلعی به دست آمده به چهار بخش توسط شعاع‌ها تقسیم شده است و مناطق مورد بررسی در سه بخش قرار گرفته‌اند. عمرانی و همکاران (۳۴) نیز با استفاده از GGE بای‌پلات، ۳۰ ژنوتیپ و دو رقم گندم (شاهد) را در دو سال و شش ایستگاه تحقیقاتی ارزیابی کردند و نتایج حاصل از نمودار چندضلعی نشان داد محیط‌ها به چهار ابر محیط تقسیم شدند. در مطالعه دیگری بر روی هشت ژنوتیپ سیب زمینی در دو مکان و دو سال، نتایج در چهار محیط تقسیم شدند (۱).

ژنوتیپ‌هایی که در راس‌های چندضلعی قرار می‌گیرند، بالاترین مقدار عملکرد را در آن محیط دارند (۳۳). پس از بررسی نمودار چندضلعی در راستای تعیین بهترین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در محیط‌های مختلف مشاهده گردید که ژنوتیپ‌های G1 (آناپلا)، G9 (لئوناردو)، G6 (کلومبا)، G3 (کررا) و G11 (سانته (شاهد)) در راس‌های نمودار چندضلعی قرار گرفتند. ژنوتیپ G1 (آناپلا) در محیط مشهد، دو ژنوتیپ

مشخص شده است که تحت شرایط محیطی مختلف، درصد ماده خشک می‌تواند حتی برای یک رقم خاص، تغییر نماید و بنابراین همیشه ثابت باقی نمی‌ماند (۳۰). در این تحقیق بالاترین میزان درصد ماده خشک نیز در ژنوتیپ کریسپ فور آل (G7) (۲۳/۸۸ درصد) مشاهده گردید (جدول ۴).

ارزیابی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در محیط‌های مختلف

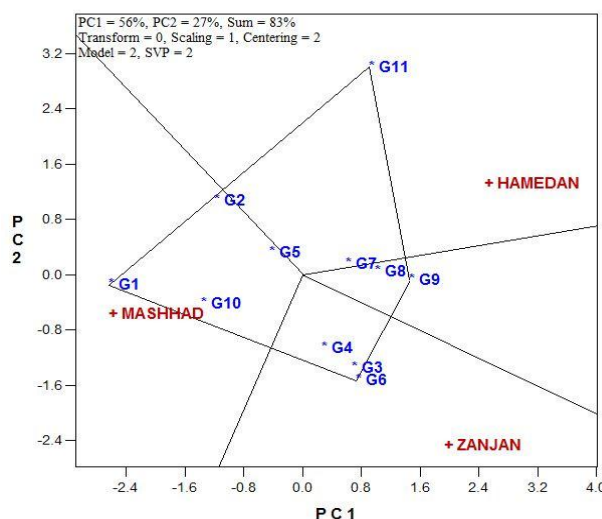
در نواحی نیمه خشک، کمبود آب‌های زیرزمینی و باران کافی بزرگ‌ترین عامل محدودکننده عملکرد و کیفیت غده‌های سیب زمینی است (۲۵). انتخاب ارقام براساس مولفه‌های اقلیمی در هر منطقه ضروری است (۳۳) که امروزه با استفاده از روش‌های مختلف آماری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. روش‌های مختلف و متنوعی برای ارزیابی اثر ژنوتیپ و محیط وجود دارد که از جمله می‌توان به روش‌های آماری تک‌متغیره، چندمتغیره و ناپارامتری اشاره کرد (۱۰). یکی از روش‌های چندمتغیره پرکاربرد در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، روش GGE بای‌پلات است که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام می‌گیرد (۲۴).

در آزمایش‌های چندمحیطی بهترین راه برای ارزیابی و مشاهده اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، نمایش چندضلعی^۱ GGE بای‌پلات است (۴۲). در این تحقیق،

مشهد بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان از همبستگی بسیار منفی بین محیط‌ها بود. با مقایسه دو محیط همدان و زنجان این گونه برداشت می‌شود که این دو محیط مستقل از یکدیگر عمل کرده زیرا زاویه بین آنها تقریباً ۹۰ درجه است. همبستگی بین دو محیط زنجان و مشهد نیز (بزرگتر از ۹۰ درجه) منفی بود (شکل ۴). عمرانی و همکاران (۳۴) چهار لاین گندم را به‌عنوان لاین‌های مطلوب با استفاده از روش GGE بای‌پلات پیشنهاد و معرفی نمود.

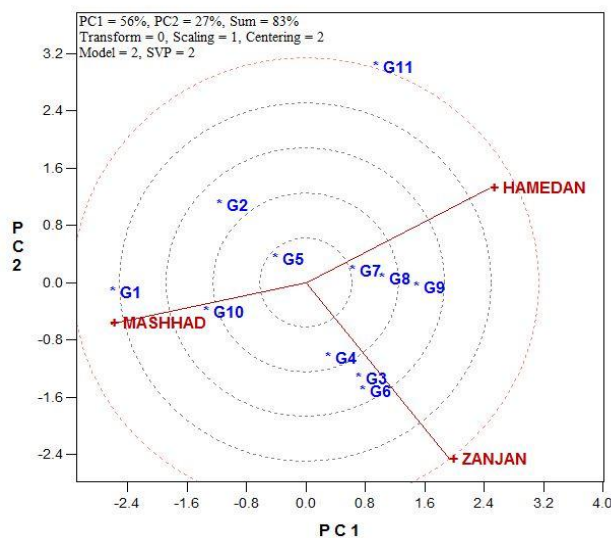
در هنگامی که هدف بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها باشد از نمودار مختصات محیط متوسط^۱ (AEC) یا بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری استفاده می‌شود. همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، محور افقی با یک فلش، از مبدا مختصات عبور کرده است (۴۴) که تقریبی از عملکرد کل غده ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی، با استفاده از تصویر ژنوتیپ‌های روی این محور قابل حصول است که می‌توان آن را به‌عنوان محور محیط متوسط در نظر داشت.

G6 (کلومبا)، G3 (کررا) در محیط زنجان و ژنوتیپ G11 (ساته) در همدان بهترین ژنوتیپ‌های بودند. همچنین در منطقه زنجان، ژنوتیپ G4 (لیستا) دارای تشابهات زیادی با ژنوتیپ‌های کلومبا و کررا بود. ژنوتیپ‌های G10 (سیلوانا) و G2 (تاروس) نیز به‌دلیل قرارگرفتن در محیط مشهد با ژنوتیپ آنابلا مشابه بودند (شکل ۳). مشخص شده است که ارزیابی ژنوتیپ‌های جدید در محیط‌های مختلف به‌دلیل وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، یک موضوع ضروری و مهم است (۴۷) و از این رو بهترین ژنوتیپ در هر محیط، الزاماً ژنوتیپ برتر در محیط دیگر نیست (۱۲). مشاهده شده است که استفاده از GGE biplot می‌تواند ژنوتیپ‌های با بالاترین عملکرد را در هر محیط و شرایط آب و هوایی نشان دهد (۲۶). ارزیابی همبستگی بین محیط‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. همبستگی بین محیط‌ها از طریق تعیین زاویه بین بردارهای محیطی در نمودار GGE بای‌پلات به‌دست می‌آید (۴۵). با توجه به بای‌پلات نقشه همبستگی بین محیط‌ها مشاهده گردید که زاویه بین بردارهای دو محیط همدان و



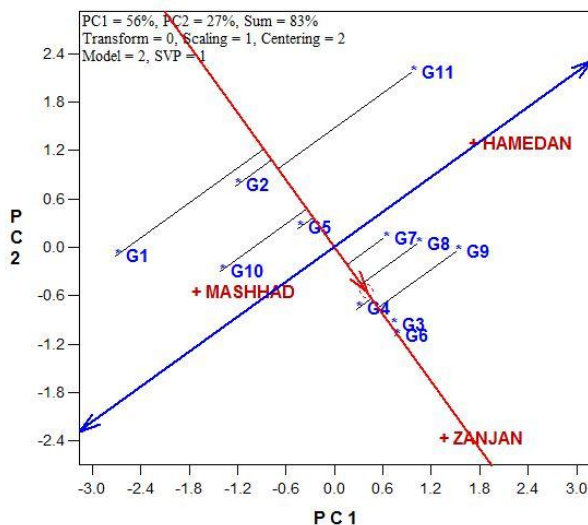
شکل ۳- چندضلعی GGE بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر سیب‌زمینی در سه مکان (زنجان، همدان و مشهد). یازده ژنوتیپ به‌صورت G1 تا G11 نشان داده شده است.

Figure 3. Polygon of GGE biplot to determine the superior potato genotypes in different locations (Zanjan, Hamedan and Mashhad). Eleven genotypes are shown as G1 to G11.



شکل ۴- بای پلات GGE نقشه همبستگی بین محیطها برای ژنوتیپهای سیب زمینی G1 تا G11 در سه مکان (زنجان، همدان و مشهد) طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)

Figure 4. GGE biplot of correlation map among environments for G1 to G11 potato genotypes in three locations (Zanjan, Hamedan and Mashhad) during two years (2016 and 2017)



شکل ۵- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش هم زمان عملکرد غده و پایداری ژنوتیپهای G1 تا G11 در سه مکان (زنجان، همدان و مشهد) طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)

Figure 5. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of G1 to G11 tuber yield and stability in three locations (Zanjan, Hamedan and Mashhad) during two years (2016 and 2017)

براساس شکل ۵، ژنوتیپهای G6 (کلومبا)، G3 (کررا)، G9 (لئوناردو)، G4 (لیستا)، G8 (اینوویتور) و G7 (کریسپ فور ال) بالاترین و سایر ژنوتیپهای پایین ترین میزان عملکرد را نسبت به میانگین کل داشتند. همانگونه که در نمودار مذکور قابل مشاهده است، خطی به صورت عمود بر محور افقی میانگین محیط عبور کرده است که نشان دهنده اثرمتقابل محیط در ژنوتیپ بوده است که در نتیجه براساس نتایج ارائه شده، از بین تمامی ژنوتیپهای با عملکرد بالا، ژنوتیپهای G6 (کلومبا)، G3 (کررا) و G4

(لیستا) بالاترین پایداری را نشان دادند و به طور کلی ژنوتیپهای آنابلا و سانه دارای کمترین پایداری بودند. همچنین با توجه فاصله کم منطقه زنجان از محور افقی، این منطقه دارای کمترین انحراف محیطی و در نهایت کمترین تنوع در بین ژنوتیپها و بر عکس، منطقه همدان دارای بیشترین تنوع بین ژنوتیپها بودند. در مجموع بهترین و ایده آل ترین ژنوتیپ علاوه بر بیشترین میزان عملکرد، باید پایداری بالایی نیز داشته باشد. همانگونه که در شکل ۶ نشان داده شده است دایره کوچکی روی محور

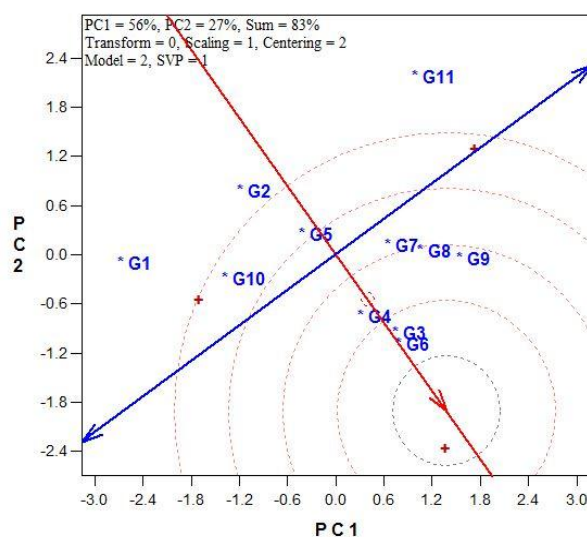
داشت که محیط به‌میزان زیادی بر شاخص‌های رشد و نمو گیاه سیب‌زمینی و به‌ویژه عملکرد تاثیر داشته است. صفات مختلف ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق، بسته به ژنوتیپ و محیط، پاسخ متفاوتی را حاصل کردند. درصد بالای ماده خشک، شاخص مفیدی در صنعت فرآوری سیب‌زمینی است، ژنوتیپ‌های کریسپ فور آل، تاروس و اینوویتور نیز از حیث این شاخص میزان بالایی را نشان دادند، بنابراین به تولیدکنندگان در راستای افزایش بهره‌وری در زمینه صنعت فرآوری پیشنهاد شدند.

در این مطالعه از بین ۱۱ ژنوتیپ متوسط‌ترس و یا زودرس سیب‌زمینی، پنج ژنوتیپ لیستا، لئوناردو، سیلوانا، کلومبا و کررا با توجه به بالابودن عملکرد قابل معرفی بودند اما به‌طور اختصاصی، ژنوتیپ‌های کلومبا، کررا و لیستا با بیشترین عملکرد غده، سازگارترین ژنوتیپ‌های برای منطقه زنجان و ژنوتیپ آنابلا سازگارترین ژنوتیپ برای مشهد مناسب و قابل معرفی هستند و نیز برای همدان، فقط ژنوتیپ شاهد بیشترین عملکرد را داشته و سایر ژنوتیپ‌های وارداتی در این منطقه از عملکرد بالایی برخوردار نبودند.

میانگین رسم شده است که مرجع ارزیابی ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ‌های ایده‌آل به این دایره بر روی محور، نزدیکتر هستند (۴۱). بر این اساس، ژنوتیپ‌های G6 (کلومبا)، G3 (کررا) و G4 (لیستا) به دایره روی محور فرضی نزدیکتر بودند، بنابراین بیشترین پایداری عملکرد غده سیب‌زمینی را داشتند و به‌عنوان ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ‌ها مشخص شدند. کمترین پایداری عملکرد نیز در ژنوتیپ‌های G2 (تاروس)، G11 (سانته) و G1 (آنابلا) مشاهده گردید. انتخاب ارقام براساس منطقه به‌میزان زیادی می‌تواند مفید باشد، زیرا مشاهده شده است که عملکرد طی استفاده از ارقامی که سازگاری بالایی را با یک منطقه دارند بیشتر از ارقامی است که سازگاری وسیعی را در مناطق مختلف از خود نشان می‌دهند (۳۱).

روش GGE بای‌پلات به میزان گسترده‌ای در ارزیابی کارایی عملکرد گیاهان مهم زراعی از جمله گندم (۳۷، ۲۸)، برنج (۳۹)، ذرت (۱۱، ۴۰)، سیب‌زمینی (۱، ۵، ۶) و کلزا (۳۶)، در سرتاسر جهان استفاده شده است.

در این مطالعه صفات مختلفی در راستای تعیین ارزش زراعی و همچنین پایداری عملکرد غده سیب‌زمینی مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان



شکل ۶- بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل برای میانگین عملکرد غده سیب‌زمینی در مکان‌های مختلف (زنجان، همدان و مشهد). یازده ژنوتیپ بصورت G1 تا G11 نشان داده شده است.

Figure 6. Biplot of potato genotypes in comparison with ideal genotype based on tuber yield in different locations (Zanjan, Hamedan and Mashhad). Eleven genotypes are shown as G1 to G11.

منابع

1. Affleck, I., J.A. Sullivan, R. Tarn and R.Yada. 2012. Stability of eight potato genotypes for sugar content and French fry quality at harvest and after storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 92: 87-96.
2. Ahmadi, A., H.R. Ebadzadeh, H. Abdeshah, A. Kazemiyani and M. Rafiei. 2018. *Agricultural Statistics*. Crop year. 2016-2017. First volume: Crops, 67 pp (In Persian).
3. Anonymous. 2017. The potato sector". *Potato Pro*. 2014. Retrieved 31 December 2017. <https://www.potatopro.com/world/potato-statistics>.
4. Arshi, Y. 2000. Genetic improvement of vegetable crops. Publications University Jihad Mashhad, 725p.
5. Bach, S., R. Yada, B. Bizimungu and J.A. Sullivan. 2012. Genotype by environment interaction effects on fibre components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 187: 77-86.
6. Bai, J., F. Zhao, J. He, C. Wang, H. Chang, J. Zhang and D. Wang. 2014. GGE biplot analysis of genetic variations of 26 potato genotypes in semi-arid regions of Northwest China. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42(3): 161-169.
7. Beukema, H.P. and D.E. Vander Zaag. 1990. Introduction to potato production, Pudoc, the Netherlands. ISBN, 90-220-0963-7. P 1-206.
8. CIP. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. International Potato Center, 126 pp.
9. Danesh, D. 1986. Virus-free seed potatoes production. *Agriculture and natural resources*, Isfahan (In Persian).
10. Elias, A.A., K.R. Robbins, R. Doerge and M.R. Tuinstra. 2016. Half a century of studying genotype \times environment interactions in plant breeding experiments. *Crop Science*, 56(5): 2090-2105.
11. Fan, X-M., M.S.Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*, 99: 220-228.
12. Farshadfar, E., S.H. Sabaghpour and H. Zali. 2012. Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*, 6: 514-524.
13. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46: 1488-1500.
14. Hasanabadi, H. 2004. Investigation and evaluation of quantitative and qualitative traits of different cultivars of potato processing. Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj (In Persian).
15. Hasanabadi, H. 2009. Assessment of adaptation and yield comparison of potato clones in spring sowing areas. Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj. (In Persian).
16. Hasanabadi, H. and D. Hasanpanah. 2012. Investigation of quantitative, qualitative and tuber yield stability of 18 potato clones in Ardabil region. *Ecophysiology of crops*, 2(22): 219-233.
17. Hassanpanah, D., R. Shahriari and M.B. Khorshidi. 2006. Evaluation of qualitative characteristics of potato cultivars suitable for processing. *Acta Horticulturae*, 699(1): 213-218.
18. Haynes, K.G., W.E. Potts, J.L. Chittams and D.L. Fleck. 1994. Determination yellow-flesh intensity in potatoes. *American Society for horticulture Science*, 119(5): 1057-1059.
19. Hirut, B., H. Shimelis, M. Fentahun, M. Bonierbale, M. Gastelo and A. Asfaw. 2017. Combining ability of highland tropic adapted potato for tuber yield and yield components under drought. *Plus One, PLoS ONE*, 12(7): e0181541.
20. Hoseinzadeh, A.A. 2013. Investigation and selection of single plants of HPH-II/67 population and preliminary evaluation of selected potato clones. Final report of the research project. Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil Province (In Persian).
21. Jansky, S.H. 2010. Potato flavour. *American Journal of Potato Research*, 87: 209-217.
22. Kang, M.S. 2002. Genotype-Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Kang, M.S (ed.) *Quantitative genetics, genomics, and plant breeding*. UK, CABI International, pp. 221-243.
23. Kivuva, B.M., S.M. Githiri, G.C. Yencho and J. Sibiya. 2014. Genotype \times Environment interaction for storage root yield in sweet potato under managed drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science*, 6(10): 41-56.
24. Kolech, S.A., D. Halseth, W. De Jong, K. Perry, D. Wolfe and F.M. Tiruneh. 2015. Potato variety diversity, determinants and implications for potato breeding strategy in Ethiopia. *American Journal of Potato Research*, 92(5): 551-66.
25. Krasensky, J. and C. Jonak. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*, 63: 1593-608.

26. Liu, Q., R. Tarn, D. Lynch and N.M. Skjodt. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry*, 105: 897-907.
27. Love, S., J. Stark and B. King. 2003. Irrigation tips for new varieties. Idaho Potato Conference.
28. Ma, B.L., W. Yan, L.M. Dwyer, J. Frégeau-Reid, H.D. Voldeng and Y. Dion. 2004. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy Journal*, 96: 169-180.
29. Mousapour Gorji, A. 2009. Adaptation assessment of new potato cultivars in spring sowing areas. Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj. (In Persian).
30. Mousapour, Y. 2005. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of potato new cultivars in spring cultivation. Project final report, Seed and plant Improvement Institute. (In Persian).
31. Mulema, J.M.K., E. Adipala, O.M. Olanya and E. Wagoire. 2008. Yield stability analysis of late blight resistant potato selections. *Experimental Agriculture*, 44: 145-155.
32. Mwololo, J.K., P.W. Muturi, M.W.K. Mburu, R.W. Njeru, N. Kiarie and J. Munyua. 2009. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of genotype \times environmental interaction among sweetpotato genotypes. *Journal of Animal and Plant Science*, 2(3): 148-155.
33. Nasserri, A. and R. Bahramloo. 2009. Potato cultivar Marfuna yield and water use efficiency responses to earlyseason water stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11: 201-204.
34. Omrani, S., A. Mohammad Naji and M. Esmailzadeh Moghaddam. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. *Journal of Crop Breeding*, 23(9): 157-165 (In Persian).
35. Pandita, M.L., A.S. Sidhu and T.A. Skarora. 1980. Variability and interaction ships between yield and yield component in potato. Haryana. *Journal of agricultural research*, 424-426.
36. Pourdad, S.S, and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on Genotype \times Environment Interaction Through GGE Biplot for Seed Yield in Spring Rapeseed (*Brassica Napus* L.) in Rain-Fed Condition. *Journal of Crop Breeding*, 5: 12 (In Persian).
37. Roozeboom, K.L., W.T. Schapaugh, M.R. Tuinstra, R.L. Vanderlip and G.A. Milliken. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects and Grouping Test Locations. *Crop Science*, 48: 317-330.
38. Salazar, L.F. 1996. Potato viruses and their control. International Potato Center, 214 p.
39. Samonte, S.O.P., L.T. Wilson, A.M. McClung and J.C. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. *Crop Science*, 45: 2414-2424.
40. Shahryari Nasab M., R. Chogan, M. Khodarahmi, A. Masomi and S. Khavari khorasani. 2015. Genotype \times Environment Interaction for Grain Yield of Maize Hybrids Using the GGE Biplot. *Journal of Crop Breeding*, 7: 16.
41. Tatarowska, B., B. Flis and E. Zimnoch-Guzowska. 2012. Biological stability to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in 22 Polish potato cultivars evaluation in field experiments. *American Journal of Potato Research*, 89: 73-81.
42. Yan, W. 2001. GGE biplot-A windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93: 1-11.
43. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
44. Yan, W. and M.S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists: CRC press, USA. 288 pp.
45. Yan, W. and N.A. Tinker. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting and exploring genotype \times environment interaction. *Crop Science*, 45: 1004-1016.
46. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3): 597-605.
47. Zali, H., E. Farshadfar, S.H. Sabaghpour and R. Karimizadeh. 2012. Evaluation of genotype \times environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. *Annals of Biological Research*, 3(7): 3126-3136.

Adaptation and Yield Stability Evaluation of New Potato Genotypes using GGE Biplot Method

Farshid Hasani¹, Cobra Moslemkhany², Zahra Tahernezhad³ and Mohammad Reza Jazayeri NooshAbadi⁴

1- Assistant Professor, of Seed and Plant Certification and Registration Institute Agricultural Research, education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding Author: farshid.shz@gmail.com)
2, 3 and 4- Associate professor, M.Sc. and lecturer of Seed and Plant Certification and Registration Institute Agricultural Research, education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: September 2, 2019 Accepted: April 4, 2020

Abstract

In order to achieve greater food security, potato has played a major role in human food chains and achieving maximum yield along with other desirable components can be evaluated by stability and adaptation of diverse genotypes in different regions of our country. In this study, stability and adaptation of new genotypes of potato were evaluated that comprise 10 new early and medium maturity genotypes (Anabella, Taurus, Carrera, Liseta, Volumia, Colomba, crisps4all, Innovator, Leonardo and Sylvana) plus one control of medium maturity genotypes (Sante) and then they were planted in three different regions (Mashhad, Hamedan and Zanjan). All experiments were done in RCBD with three replications in two years (2016-2017). Moreover, they were planted in the fields of private section. Analysis of variance (ANOVA) results of early - medium maturity genotypes were investigated in different locations, genotype and genotype in year were significant for every single trait. The effects of year, location in year, and genotype in location were revealed by the results of combined analysis that only showed significant difference for traits of total tube yield, marketable tuber yield, and tuber seed number in plant. Among the medium and early maturity genotypes, the Liseta, Leonardo, Sylvana, Colomba and Carrera genotypes according to high tuber yield (4.66 to 5.03 kg.m⁻²) are introduced but Colomba, Liseta, and Carrera genotypes (5.03, 4.90 and 4.74 kg.m⁻²) with highest tuber yield and Anabella genotype with 4.25 kg.m⁻² yield had highest adaptation for Zanjan and Mashhad regions respectively and also Sante genotype with 4.53 kg.m⁻² yield for Hamedan. The Crisp4all, Innovator, and Taurus genotypes with the aim of consuming in the industrial sector (Chips and French fries) are introduced in particular with respect to high dry matter percentage (23.88, 21.91 and 21.24 % respectively).

Keywords: Adaptation, Genotype, Genotypes × environment interaction, Potato, Stability