



## ارزیابی صفات کمی و کیفی کلون‌های پیشرفته و ارقام تجاری سیب‌زمینی با استفاده

### از مدل‌های AMMI و GGE Bi-plot

داود حسن پناه<sup>۱\*</sup> و حسن حسن آبادی<sup>۲</sup>

#### چکیده

به منظور ارزیابی صفات کمی و کیفی و پایداری عملکرد غده قابل فروش ۱۳ کلون امیدبخش سیب‌زمینی همراه با سه رقم تجاری (آگریا، مارفونا و لیدی‌رزتا) به عنوان شاهد، آزمایشی براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرا گردید. در طی دوره رشد و پس از برداشت، صفات تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد و وزن غده در بوته، عملکرد کل غده و قابل فروش، درصد ماده خشک، تیپ پخت، حفره‌ای شدن مرکز غده، رنگ داخلی غده و تغییر رنگ گوشت غده خام پس از ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات کمی مورد ارزیابی نشان داد که بین کلون‌های امیدبخش از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، متوسط وزن غده، تعداد ساقه اصلی در بوته و درصد ماده خشک و اثر متقابل کلون × سال از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته اختلاف معنی‌دار وجود دارد. کلون‌های ۷-۳۹۶۱۵۱، ۵-۳۹۷۰۰۸، ۸-۳۹۷۰۱۵، ۲-۳۹۷۰۰۸ و ۴-۹۹۴۰۰۱ دارای عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته و متوسط وزن غده بیشتری بودند. این کلون‌ها دارای غده‌های یکنواخت متوسط تا بالا، رنگ پوست زرد، رنگ گوشت زرد و سفید، شکل غده گرد تخم‌مرغی و گرد، عمق چشم سطحی تا متوسط، بدون زنگ، حفره و شکاف داخل غده، رسیدگی متوسط دیررس و درصد ماده خشک متوسط تا بالا نسبت به ارقام (شاهد) و سایر کلون‌ها بودند. در این آزمایش، مدل‌های AMMI و GGE Bi-plot روشی مناسب برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری تشخیص داده شدند و توانستند کلون‌های ۲-۳۹۷۰۰۸، ۵-۳۹۷۰۰۸ و ۴-۹۹۴۰۰۱ را به عنوان کلون‌های پایدار با عملکرد غده قابل فروش بالا انتخاب نمایند.

واژگان کلیدی: *Solanum tuberosum*، پایداری عملکرد، روش AMMI و GGE Bi-plot.

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (نگارنده‌ی مسئول)

D.Hassanpanah@spii.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

## مقدمه

دستیابی به امنیت غذایی در کشور و ممانعت از نوسان قیمت‌ها ایجاب می‌کند تا ارقام مناسب سیب‌زمینی برای تولید مطمئن در تمام فصول و برای مصارف مختلف مشخص گردد (Upadhya *et al.*, 1996). یک رقم زراعی وقتی قابل معرفی است که حداقل از نظر یک صفت مهم بهتر از شاهد باشد و از نظر سایر صفات به‌طور معنی‌دار ضعیف‌تر از شاهد نباشد. بذر حقیقی سیب‌زمینی دارای مزایایی از نظر کاهش هزینه کاشت، نگهداری اقتصادی و عاری بودن از بسیاری بیماری‌های ویروسی می‌باشد (Kalloo and Bergh, 2000). با این حال برخلاف تعداد قابل توجهی از کشورها که علی‌رغم تولید نسبتاً ناچیز دارای ارقام متعدد سیب‌زمینی می‌باشند، کشور ما، به جز رقم ساوالان که در سال ۱۳۸۷ و رقم خاوران در سال ۱۳۹۱ معرفی و در چرخه تولید قرار گرفت، عملاً فاقد ارقام داخلی بوده و تقریباً کلیه ارقام سیب‌زمینی موجود در کشور وارداتی و توسط شرکت‌های خصوصی اروپایی اصلاح شده‌اند.

حسن‌آبادی (Hassanabadi, 2006) در بررسی مقدماتی سازگاری هیبریدهای تجاری بذر حقیقی سیب‌زمینی بر روی ۱۴ هیبرید، پنج نتاج برتر برای مطالعات سازگاری را انتخاب نمود. حسن‌پناه و همکاران (Hassanpanah *et al.*, 2008b) از تعداد پنج نتاج حاصل از بذر حقیقی سیب‌زمینی طی دو سال آزمایش در منطقه اردبیل دویست کلون انتخاب و جهت ادامه مطالعه برای معرفی ژنوتیپ‌های برتر از روش گزینش کلونی استفاده نمودند. دویست کلون انتخابی را طی سه سال آزمایش در منطقه اردبیل بررسی و در نهایت پنج کلون امیدبخش جهت بررسی نهایی انتخاب نمودند. حسن‌پناه و همکاران (Hassanpanah *et al.*, 2008a) طی ارزیابی تعداد ۱۲ کلون امیدبخش و ارقام برتر، نتیجه گرفتند که ارقام

سانته، آلمرا، بانبا و کلون ATZIMBA×TPS-67-8 دارای بیشترین عملکرد غده کل و قابل فروش، وزن غده در بوته، تعداد و وزن غده بین ۵۵-۳۵ میلی‌متر بودند. رقم سانته و آگریا دارای بیشترین درصد ماده خشک و رنگ چپس و خلال زرد خیلی روشن بودند. میزان افت انباری در ارقام کایزر، آلمرا و بانبا کمتر از شاهد (رقم آگریا) بود. حسن‌پناه و حسن‌آبادی (Hassanpanah and Hassanabadi, 2010) نتیجه گرفتند کلون‌های ۳-۳۹۷۰۰۹ و ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و رقم ساوالان نیمه‌متحمل تا متحمل و رقم آگریا حساس به تنش آبی هستند. فتحی و همکاران (Fathi *et al.*, 2010) تعداد ۱۲۰ کلون حاصل از بذر حقیقی سیب‌زمینی را با ۵ رقم تجاری آگریا، مارفونا، دراگا، آگاتا و آریندا بررسی و در نهایت ده کلون امیدبخش جهت بررسی نهایی انتخاب نمودند.

برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای اصلاح کنندگان گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لین و بینز (Lin and Binns, 1989) روش‌های پایداری را به دو گروه تک متغیره (روش‌های پارامتری و ناپارامتری) و چند متغیره (روش AMMI) تقسیم‌بندی نمودند. گوچ و زوبل (Gauch and Zobel, 1997) بیان نمودند که نتایج حاصل از روش پایداری AMMI برای کمک به تصمیم‌گیری در برنامه‌های اصلاحی مفید می‌باشد. ابدون و گوچ (Ebdon and Gauch, 2002) گزارش کردند روش پایداری چند متغیره AMMI به‌طور گسترده برای ارزیابی ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش محققین مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نموده‌اند (Gauch and Zobel, 1989; Kempton, 1984; Gauch and Zobel, 1997; Crossa *et al.*, 1990; Manrique and Hermann, 2000; Vargas and Kaya; Ebdon and Gauch, 2002; Crossa, 2000; Tarakanovas and Ruzgas, 2006; *et al.*, 2002; Mulema *et al.*, 2008; Sabaghniaa *et al.*, 2006; Hassanpanah, 2011).

plot ژنوتیپ CKP25 را به عنوان ژنوتیپ پرمحصول معرفی نمودند و پیشنهاد کردند که از این ژنوتیپ می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. پورداد و جمشید مقدم ( Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013) با بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از GGE Bi-plot، ارقام گلرنگ هارتمن، ژیلا و سینا با عملکرد زیاد و پایداری بیشتر را انتخاب نمودند و رقم گلرنگ هارتمن را نزدیک‌ترین رقم به ژنوتیپ ایده‌آل معرفی کردند.

از نظر اقتصادی سود حاصل از معرفی یک رقم سیب‌زمینی می‌تواند از جنبه‌های مختلف مانند افزایش سود ناشی از بالا رفتن عملکرد، خاصیت انبارمانی بهتر، مقاومت به بیماری‌ها و مصرف سموم کمتر، جذب روغن کمتر در امر فرآوری و یا موارد مشابه مورد توجه قرار گیرد. براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت سیب‌زمینی کشور حدود ۱۴۹ هزار هکتار با تولید حدود ۴/۰۳ میلیون تن و متوسط عملکرد غده آبی ۲۷ تن در هکتار است (Anonymous, 2011). بر این مبنای در صورتی که رقم برتر ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش عملکرد داشته باشد افزایش تولید بالقوه حاصل از جایگزینی رقم در کل کشور می‌تواند به نیم میلیون تن در سال بالغ شود.

هدف از این پروژه ارزیابی کلون‌ها از لحاظ صفات کمی و کیفی، روابط بین کلون‌ها و سال‌ها، تعیین کلون‌های ایده‌آل و توصیه بهترین کلون از نظر پایداری و عملکرد غده قابل فروش بیشتر با استفاده از مدل‌های AMMI و GGE بای‌پلات و ویژگی‌های مصرفی نسبت به ارقام تجاری آگریا، مارفونا و لیدی‌رزتا می‌باشند.

#### مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی ۱۳ کلون پیشرفته سیب‌زمینی حاصل از نتایج برنامه‌های به‌نژادی طی ۹ سال، به

در سال ۲۰۰۱، مدل GGE Bi-plot توسط یان (Yan, 2001) معرفی شد. با توجه به مزیت‌های این روش، استفاده از این مدل برای تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شد (Yan and Kang, 2003; Yan and Hunt, 2002).

در آزمایش‌های عملکرد زمانی که اثرمتقابل معنی‌دار است، ژنوتیپ نبایستی فقط براساس اثرات اصلی ژنوتیپ یا اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط انتخاب گردد، بلکه انتخاب باید براساس مجموع G+GE (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) باشد (Yan and Kang, 2003; Yan and Hunt, 2002). این روش از طریق نمایش گرافیکی اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگر کمک می‌کند تا به سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را ارزیابی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را به‌سادگی میسر می‌سازد (Mohammadi et al., 2013). روش GGE (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) بای‌پلات یکی از روش‌های جدید در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار براساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). روش GGE Bi-plot برای تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا توسط تعدادی از محققین استفاده شده است (Tonk et al., 2011; Fan et al., 2007; Zerihun, 2011; Yan and Tinker, 2005). در ذرت، 2011 در جو). بنابراین، روش GGE Bi-plot ابزار مناسبی برای گروه‌بندی محیط‌های متنوع و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار به شرایط محیطی مختلف می‌باشد (Yan and Kang, 2003). بهان و همکاران (Bhan et al., 2005) با استفاده از مدل GGE Bi-

فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، متوسط وزن غده، تعداد ساقه اصلی در بوته و درصد ماده خشک و بین اثر متقابل کلون  $\times$  سال از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۱).

کلون‌های شماره ۲ (۷-۳۹۶۱۵۱)، ۳ (۵-۳۹۷۰۰۸)، ۴ (۸-۳۹۷۰۱۵)، ۷ (۲-۳۹۷۰۰۸) و ۸ (۴-۹۹۴۰۰۱) دارای بیشترین عملکرد غده کل و قابل فروش بودند. این کلون‌ها از تعداد و وزن غده در بوته و متوسط وزن غده بیشتر و از ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته متوسط برخوردار بودند (جدول ۲). این کلون‌ها جز گروه رسیدگی متوسط‌دیورس هستند (جدول ۳). عملکرد سیب‌زمینی به رسیدگی آن بستگی دارد. یک رقم دیورس از رقم زودرس عملکرد بیشتری دارد (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به کلون‌های شماره ۱، ۱۰ و ۱۳ بود (جدول ۲). کلون‌های که عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته بیشتر داشتند، از ارتفاع بوته متوسط برخوردار بودند. ارقام و کلون‌هایی که دارای ساقه‌های قوی، ایستاده و باز بوده و در چند هفته پس از کاشت دارای سبزیکنواخت بودند، انتخاب شدند. هر چه رشد اولیه بوته‌ها سریع‌تر باشد عملکرد غده نیز بالا خواهد بود (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011).

از کلون‌های پرمحصول، کلون شماره ۸ دارای ماده خشک پایین، شماره ۳ دارای ماده خشک متوسط و بقیه دارای ماده خشک بالا بودند (جدول ۲). درصد ماده خشک مهم‌ترین فاکتور در تعیین نوع مصرف آن می‌باشد. بالا بودن میزان ماده خشک در فرآوری سیب‌زمینی اهمیت ویژه‌ای دارد (بیش از ۱۹ درصد) زیرا با افزایش ماده خشک بازدهی فرآوری بیشتر، زمان پخت کوتاه‌تر، بافت سیب‌زمینی بهتر و

همراه سه رقم شاهد (آگریا، مارفونا و لیدی‌رزتا)، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرا گردید. هر کرت شامل دو خط ۶ متری و فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. در طی دوره رشد و پس از برداشت، صفات کمی تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد و وزن غده در بوته، عملکرد غده کل و قابل فروش و صفات کیفی از جمله درصد ماده خشک (NIVAA, 2002)، تیپ پخت (Madah Arefi et al., 2007)، شدت حفره‌ای شدن مرکز غده، زنگ داخلی غده و تغییر رنگ گوشت غده خام پس از ۲۴ ساعت (CIP, 2007) اندازه‌گیری شد. بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده تجزیه واریانس صورت گرفته و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS برای تعیین اثرات بین سال، کلون و اثر متقابل کلون  $\times$  سال بر روی عملکرد غده قابل فروش انجام شد. برای انتخاب کلون‌های پایدار و پرمحصول از مدل‌های AMMI و GGE Bi-plot با استفاده از نرم‌افزار آماری GenStat استفاده شد.

### نتایج و بحث

بین کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، متوسط وزن غده، تعداد ساقه اصلی در بوته و درصد ماده خشک اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. پس از انجام آزمون یکنواختی اشتباه آزمایشی دو سال با آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی نشان داد که بین کلون‌های امیدبخش از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل

چیپس و خلال نیز در ارتباط با ماده خشک غده سیبزمینی است. چیپسی که از سیبزمینی با ماده خشک بالا تهیه شود، بافت سفتی پیدا می‌کند. حال آن که چیپسی که از غده با ماده خشک کم تهیه شود، حاوی روغن زیاد بوده، بافت گریسی و چسبناک پیدا می‌کند (Falahi, 1997). ماده خشک سیبزمینی برای تولید خلال باید بین ۲۰-۲۲ درصد باشد (Falahi, 1997). پوست سیبزمینی باید سالم، عاری از آثار صدمات بوده و رنگ گوشت آن مورد پسند مصرف کننده باشد. در اکثر کشورهای دنیا رنگ زرد گوشت برای فرآورده‌هایی چون چیپس و خلال مورد نظر است که در ارتباط با میزان کاروتنوئیدهای موجود در غده می‌باشد (Harris, 1992). رنگ گوشت و پوست غده در بازارپسندی ارقام بسیار موثر بوده و ارقام با گوشت سفید و رنگ پوست قرمز از بازارپسندی کمتری برخوردار می‌باشند (Hassanpanah et al., 2008a). موسی‌پور (Mousapour, 2005) با در نظر گرفتن فاکتورهای عملکرد، تردی چیپس، قابلیت پذیرش عمومی و فرم غده، ارقام جلی، مارلا، کلمبوس، آگریا و اسپونتا را برای مصرف فرنج فرایز و ارقام اسپریت و سانته را برای مصرف چیپس پیشنهاد نمودند. حسن‌آبادی (Hassanabadi, 2006) با بررسی ۱۷ رقم سیبزمینی از نظر صفات میزان قندهای احیا کننده، وزن مخصوص، درصد ماده خشک، درصد جذب روغن و قابلیت پذیرش کلی چیپس و خلال، رقم کوراس را برای استخراج نشاسته، ارقام سانته، آئولا، آگریا، میریام، پرمیر و کاسموس را برای استفاده در چیپس و ارقام آگریا، آئولا، دزیره، دیامانت و میریام را برای فرنج‌فرایز (خلال) معرفی نمودند. حسن‌پناه و همکاران (Hassanpanah et al., 2008b) رقم سانته را برای فرنج‌فرایز (خلال) و رقم آگریا را برای چیپس توصیه نمودند. حسن‌پناه و حسن‌آبادی (۱۳۹۰) با

در صورت استفاده برای چیپس و فرنج‌فرایز روغن کمتری مصرف می‌شود (CIP, 2007). براساس نتایج حاصله می‌توان اظهار نمود درصد ماده خشک غده تحت شرایط محیطی مختلف تغییر می‌نماید. بنابراین، باید در نظر داشت برای یک رقم خاص درصد ماده خشک همیشه ثابت نمی‌باشد (Mousapour, 2005). بعضی از ارقام به دلیل ژنتیکی دارای ماده خشک بالاتری نسبت به دیگر ارقام می‌باشند. پس باید در انتخاب رقم به خصوصیات ژنتیکی آن توجه لازم مبذول داشت. غده‌های با ماده خشک بالا به انرژی کمتری در طی سرخ یا خشک کردن جهت حذف آب نیاز دارند و بازده بالاتری در واحد وزن تر نسبت به غده‌هایی با ماده خشک پایین حاصل می‌کنند و در حین سرخ کردن روغن کمتری جذب می‌کنند. ماده خشک همچنین نمایانگر حساسیت غده به نرم‌شدگی می‌باشد. ماده خشک، خصوصیتی ژنتیکی بوده و بستگی به رقم دارد (Burton, 1989).

کلون‌های شماره ۲، ۴ و ۷ دارای بافت غده‌ای کاملاً آردی و خشک (تیپ D) بودند (جدول ۳). بافت غده‌های این گروه گاهی اوقات در اثر آب‌پز شدن سطح غده کاملاً ترک برداشته و دچار وارفتگی می‌شود. ساختمان بافت غده معمولاً به صورت دانه‌های نسبتاً درشت مشاهده می‌شود. کلون‌های این گروه برای مصارف مختلف و به خصوص چیپس مورد استفاده قرار می‌گیرند (Madah Arefi et al., 2007). کلون شماره ۳ دارای تیپ B بود (جدول ۳). غده‌های این گروه پس از پخت کمی آردی بوده و سطح آنها براق نیست. بافت این غده‌ها نسبتاً نرم و تا حدودی خشک می‌باشند و به صورت آب‌پز و سرخ کرده قابل استفاده هستند (Madah Arefi et al., 2007). ماده خشک غده معیار و شاخص مهمی برای کیفیت است و کارایی فرآیند، بازده محصول و میزان جذب روغن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Harris, 1992). بافت

(شاهد)، ۱، ۵، ۱۵ (شاهد)، ۱۱ و ۱۶ (شاهد) به عنوان کلون‌های کم‌محصول و ناپایدار انتخاب شدند (شکل ۱). محققین مختلف از جمله Kempton, Crossa *et al.*, Gauch and Zobel, 1989, 1984 Manrique and Gauch and Zobel, 1997, 1990 Kaya, Ebdon and Gauch, 2002, Hermann, 2000, Tarakanovas and Ruzgas, 2006, *et al.*, 2002, Mulema *et al.*, 2008, Sabaghniaa *et al.*, 2006 Hassanpanah and Hassanpanah, 2011 و Hassanabadi *et al.*, 2011 در گیاهان مختلف برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار از روش AMMI استفاده نموده‌اند.

نتایج حاصل از روش GGE Bi-plot نشان داد که تجزیه به مولفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۷۹/۱۹ و ۲۰/۸۱ درصد تغییرات را توجیه نمودند که بیانگر معتبر بودن نسبی بای‌پلات تغییرات GGE است (شکل ۲). در این شکل کلون‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند توسط خطوط مستقیمی به هم متصل شده‌اند و بقیه کلون‌ها در درون چندضلعی قرار دارند. بررسی نمودار چندضلعی به منظور تعیین کلون‌های برتر در سال‌های مختلف نشان داد که کلون‌های شماره ۷، ۴، ۲، ۱۰، ۱۱ و ۱۵ در رئوس چند ضلعی قرار دارند. این کلون‌ها از نظر عملکرد غده بهترین یا ضعیف‌ترین کلون در بعضی محیط‌ها و یا همه محیط‌ها هستند (Yan and Kang, 2003). یکی از جنبه‌های این روش نمایش چندضلعی اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط است که بهترین راه برای مشاهده الگوهای اثرمتقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به منظور تفسیر موثر بای‌پلات و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های بزرگ در یک منطقه (که در آن گروهی از ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی قرار می‌گیرند) است (Mohammadi *et al.*, 2013). خطوط عمودی، خطوط برابری بین ژنوتیپ‌های مجاور روی چندضلعی هستند که مقایسه آنها را تسهیل می‌کند (Yan,

بررسی ۲۹ کلون امیدبخش، کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ را چندمنظوره برای صنعت فرآوری معرفی نمودند. این کلون در سال ۱۳۹۱ به عنوان دومین رقم ملی به نام خاوران نام‌گذاری شد.

ظاهر غده تاثیر زیادی بر قابلیت عرضه محصول به بازار دارد. یکنواختی غده از نظر اندازه و شکل باید در حد قابل قبول باشد. کلون‌های پرمحصول شماره ۲، ۳، ۴ و ۸ دارای غده‌های یکنواخت و کلون پرمحصول شماره ۷ دارای یکنواختی متوسط، کلون-های پرمحصول شماره ۷ و ۳ دارای رنگ پوست زرد و رنگ گوشت سفید، شکل غده گرد تخم‌مرغی، بدون زنگ، حفره و شکاف داخل غده و کلون‌های پرمحصول شماره ۲، ۳ و ۸ دارای رنگ پوست زرد و رنگ گوشت زرد پررنگ، شکل غده گرد تخم‌مرغی و گرد، بدون زنگ، حفره و شکاف داخل غده بودند (جدول ۳). این کلون‌ها دارای عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته بیشتر داشتند (جدول ۲). از بین کلون‌های پرمحصول، کلون‌های شماره ۴ و ۷ دارای عمق چشم سطحی بودند (جدول ۳).

با توجه به این که اثر متقابل بین سال و کلون‌ها معنی‌دار بود، برای انتخاب کلون‌های پایدار از روش AMMI استفاده شد. در ناحیه I کلون‌هایی با عملکرد غده کمتر و پایداری بیشتر، در ناحیه II کلون‌هایی با عملکرد غده و پایداری بیشتر (کلون‌های ایده‌آل)، در ناحیه III کلون‌هایی با عملکرد غده بیشتر و پایداری کمتر و در ناحیه IV کلون‌هایی با عملکرد غده و پایداری کمتر قرار گرفته‌اند (شکل ۱). کلون‌های شماره ۷ (۲-۳۹۷۰۰۸)، ۳ (۵-۳۹۷۰۰۸)، ۸ (۴-۹۹۴۰۰۱)، ۱۳ (۲-۳۹۷۰۶۷)، ۴ (۸-۳۹۷۰۱۵) و ۲ (۷-۳۹۶۱۵۱) به عنوان کلون‌های پرمحصول و پایدار؛ کلون‌های شماره ۱۲ و ۱۰ به عنوان کلون‌های پرمحصول و ناپایدار؛ کلون‌های شماره ۶ و ۹ به عنوان کلون‌های کم‌محصول و پایدار، و کلون‌های شماره ۱۴

می‌کند. تصویر کلون‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد کلون‌ها می‌باشد. این محور به نام محور میانگین محیط می‌نامند. کلون‌هایی که در سمت راست خط دو سر پیکان قرار دارند از نظر عملکرد غده برتر از میانگین و کلون‌هایی که در سمت چپ خط دو سر پیکان قرار دارند عملکرد غده کمتری از میانگین دارند. براساس نتایج بای‌پلات (شکل ۳) کلون‌های شماره ۷، ۴، ۲، ۳، ۸، ۱۳، ۱۰ و ۱۲ دارای بیشترین عملکرد غده قابل فروش را بودند. محور عمودی که از مبدا مختصات می‌گذرد عمود بر محور میانگین محیط است. این محور بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری ارقام را تعیین می‌کند. هر چقدر تصویر کلون‌ها روی این محور کوتاه‌تر باشد، نشان‌دهنده پایداری بیشتر آنهاست. کلون‌های شماره ۴، ۲، ۱۲، ۱۰ و ۱۳ دارای عملکرد غده قابل فروش بیشتر و پایداری پایین (فاصله بیشتر از خط AEC)، کلون‌های شماره ۷، ۳ و ۸ دارای عملکرد غده قابل فروش بالا و پایداری بیشتر (فاصله کمتر از خط ATC)، کلون‌های شماره ۱۱، ۱۵، ۶، ۹، ۱ و ۵ دارای عملکرد غده قابل فروش پایین و پایداری کمتر (فاصله بیشتر از خط AEC) و کلون‌های شماره ۱۴ و ۱۶ دارای عملکرد غده قابل فروش کمتر و پایداری بیشتر (فاصله کمتر از خط AEC) بودند. به‌نژادگران می‌توانند ژنوتیپ‌های با متوسط عملکرد بالا اما با پایداری کم که بهترین پاسخ را به محیط‌های خاصی داشته باشند، انتخاب کنند (Mohammadi *et al.*, 2013). یک ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری در کلیه محیط‌ها بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار بگیرد (Yan, 2001). اگرچه چنین ژنوتیپ ایده‌آل در واقع ممکن است وجود نداشته باشد، اما از آن می‌توان به‌عنوان مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (Yan and Tinker, 2006).

شکل ۲ شامل پنج بخش بوده که عبارتند از: بخش ۱ شامل کلون‌های G10-G7، بخش ۲ کلون‌های G7-G4، بخش ۳ کلون‌های G4-G16، بخش ۴ کلون‌های G16- G11 و بخش ۵ کلون‌های G11-G10 بودند. محیط‌ها در دو بخش این چند ضلعی قرار داشتند (شکل ۲). از ویژگی‌های جالب GGE Bi-plot این است که ژنوتیپ‌های راس چند ضلعی هر بخش دارای عملکرد بالا نسبت به سایر بخش‌ها در تمام محیط هستند (Yan, 2002). براساس شکل ۲، سال‌ها به دو گروه و کلون‌ها به سه گروه تقسیم شدند. در سال ۱۳۹۱ کلون‌های شماره ۷ و ۱۰ و در سال ۱۳۹۰ کلون شماره ۴ به عنوان کلون برتر شناسایی گردید. در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ کلون‌های ۳، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۶ علاوه بر کلون‌های واقع در راس و در نزدیک مرکز بای‌پلات قرار داشتند، دارای عملکرد غده متوسط در دو سال بودند. این ژنوتیپ‌ها در هر بخش دارای شباهت زیادی به ژنوتیپ‌های واقع در راس بوده و با محیط‌های مربوطه سازگاری داشتند. در دو بخشی که کلون‌های شماره ۱۱ و ۱۶ در راس آنها قرار داشت هیچ محیطی قرار نگرفته بود. این امر بیانگر آن است که این دو کلون در هیچ یک از سال‌ها بیشترین عملکرد غده قابل فروش را نداشته و جز کلون‌های کم محصول در محیط‌ها بوده است. همچنین کلون‌های شماره ۱۵، ۵، ۱، ۹ و ۱۴ در این دو محیط قرار داشته و جز کلون‌های کم محصول در سال‌ها به شمار می‌آیند (شکل ۲).

تجزیه GGE Bi-plot می‌تواند به اندازه کافی ژنوتیپ و پایداری ژنوتیپ‌ها را بیان کند (Yan, 2001). برای بررسی همزمان عملکرد ژنوتیپ‌ها و پایداری از مختصات محیط متوسط (AEC)<sup>۱</sup> استفاده می‌شود (Yan and Kang, 2003). در این شکل محور افقی که دارای یک پیکان است از مبدا مختصات عبور

<sup>۱</sup> . Average environment coordinate

شدند. زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بودند (شکل ۴).

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، GGE Bi-plot و AMMI روشی مناسب برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری بوده و توانستند کلون‌های ۲-۳۹۷۰۰۸، ۵-۳۹۷۰۰۸ و ۴-۹۹۴۰۰۱ را به عنوان کلون‌های پایدار با میانگین عملکرد غده قابل فروش بالا انتخاب نمایند. همچنین، این کلون‌ها دارای صفات کمی و کیفی مطلوب نیز بودند. کلون ۲-۳۹۷۰۰۸ برای تولید چیپس و کلون ۵-۳۹۷۰۰۸ برای مصرف آب‌پز و سرخ کرده انتخاب شدند.

#### سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از پروژه شماره ۹۰۰۴۳-۰۸-۰۳-۰۳-۰۳-۰۳ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد.

اگر یک ژنوتیپ نزدیک ژنوتیپ ایده‌آل باشد به عنوان ژنوتیپ مطلوب‌تر انتخاب می‌شود (Yan, 2002). در شکل ۴ یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد غده قابل فروش کلون‌ها وجود دارد. برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات به منظور تعیین گرافیکی فاصله بین کلون‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۴). کلونی که در مرکز دایره قرار دارد کلونی با میانگین عملکرد بالا و پایداری بیشتر است. بنابراین، مقایسه کلون‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل نشان داد که کلون شماره ۷ نزدیک‌ترین کلون به ژنوتیپ ایده‌آل می‌باشد که بیشترین عملکرد غده قابل فروش را داشته و به علت قرار گرفتن در نزدیک محور میانگین محیط دارای بیشترین پایداری نیز بوده است. دو کلون شماره ۳ و ۸ نیز به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بوده و می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب انتخاب شوند. در مقابل کلون‌های شماره ۱۶، ۱۴، ۹، ۱، ۵، ۱۱ و ۱۵ به عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب تعیین



جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در کلون‌های امیدبخش و ارقام شاهد سیب‌زمینی

**Table 1-** Analysis of variance of evaluated traits in potato promising clones and control cultivars

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات Mean of squares							
			عملکرد غده کل Total tuber yield	عملکرد غده قابل فروش Marketable tuber yield	وزن غده در بوته Tuber weight per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	ارتفاع بوته Plant height	متوسط وزن غده Tuber weight average	تعداد ساقه اصلی Main stem number	درصد ماده خشک Dry matter percent
Year	سال	1	180.93	130.89	1186186.96*	8.76	187.67*	176.81	7317.02	20.89
Error	خطا	6	517.96	467.58	96072.18	12.82	56.71	0.71	2116.53**	0.43
Clone	کلون	15	506.30*	465.29*	123168.13*	19.68*	432.89*	3.48*	1473.32*	66.39*
Year × Clone	سال × کلون	15	272.99*	257.29*	54935.75*	8.79**	162.75	1.17	623.07	53.76
Error	خطا	90	63.56	58.95	32245.35	3.09	40.06	412.0	0.75	0.39
C.V. (%)	ضریب تغییرات ( )		15.96	16.76	20.43	17.82	8.96	19.92	22.15	3.82

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

\* and \*\* significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- میانگین صفات کمی مورد مطالعه در کلون‌های امیدبخش و ارقام شاهد سیب‌زمینی

Table 2- Mean of evaluated quantitative traits in potato promising clones and control cultivars

ردیف No.	کلون Clone	عملکرد غده کل Total tuber yield (t.ha <sup>-1</sup> )		عملکرد غده قابل فروش Marketable tuber yield (t.ha <sup>-1</sup> )		ارتفاع بوته Plant height (cm)		تعداد ساقه اصلی Main stem number		وزن غده در بوته Tuber weight per plant (g)		تعداد غده در بوته Tuber number per plant		درصد ماده خشک Dry matter percentage		متوسط وزن غده Tuber weight average (g)	
1	397082-11	42.29	cde	47.68	def	82.89	a	5.41	a	890.43	abc	11.00	abc	23.95	b	80.16	cde
2	396151-7	53.05	abc	55.95	ab	63.97	ef	3.81	ef	940.43	abc	10.06	bcd	21.58	ef	94.51	bcd
3	397008-5	52.52	abc	56.30	abc	53.88	g	4.23	g	1022.5	ab	10.36	bcd	19.12	h	102.1	abc
4	397015-8	54.36	ab	57.51	ab	74.11	bcde	3.38	bcd	893.32	abc	7.820	ef	24.12	b	123.9	a
5	396140-4	43.10	cde	47.26	def	65.84	ef	4.96	ef	809.77	c	9.400	cde	21.77	ef	86.09	bcde
6	397044-4	44.01	cde	47.99	cdef	65.29	ef	4.09	ef	775.20	c	8.670	def	20.51	g	93.29	bcde
7	397008-2	59.15	a	64.28	a	73.95	bcd	4.11	bcd	1096.1	a	11.83	ab	22.20	e	94.15	bcd
8	994001-4	49.68	bcd	56.15	abc	69.12	cdef	5.20	bcde	956.25	abc	10.83	abc	18.81	i	88.66	bcde
9	91Dakhli	40.67	de	45.87	ef	75.94	bc	4.79	bc	806.25	c	11.60	ab	23.86	bc	70.03	e
10	397031-1	50.06	bcd	51.99	bcd	78.54	ab	4.23	ab	944.34	abc	9.000	cdef	20.73	g	107.8	ab
11	396128-12	42.08	de	46.55	def	68.83	cdef	4.64	cdef	856.05	c	10.05	bcd	28.17	a	83.16	cde
12	396140-6	48.07	bcd	54.20	bcde	73.99	bcd	4.60	bcd	929.10	abc	12.59	a	23.30	cd	73.86	de
13	397067-2	46.80	bcd	51.56	bcde	79.30	ab	3.48	ab	947.07	abc	10.84	abc	24.40	b	89.07	bcde
14	Agria (check)	36.88	e	39.31	def	61.96	f	4.13	f	786.13	c	7.860	ef	21.49	f	102.7	abc
15	Marfona (check)	42.49	de	46.14	def	71.01	cde	5.27	cd	867.58	bc	9.080	cde	18.18	i	97.41	bcd
16	Lady Rosetta (check)	27.61	f	30.58	g	68.54	def	3.37	def	544.92	d	7.060	f	23.21	d	79.57	cde

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

Different letters in each column indicate significant differences using Duncans test at the 5% probability level.

جدول ۳- میانگین صفات کیفی مورد مطالعه در کلون‌های امیدبخش و ارقام شاهد سیب‌زمینی

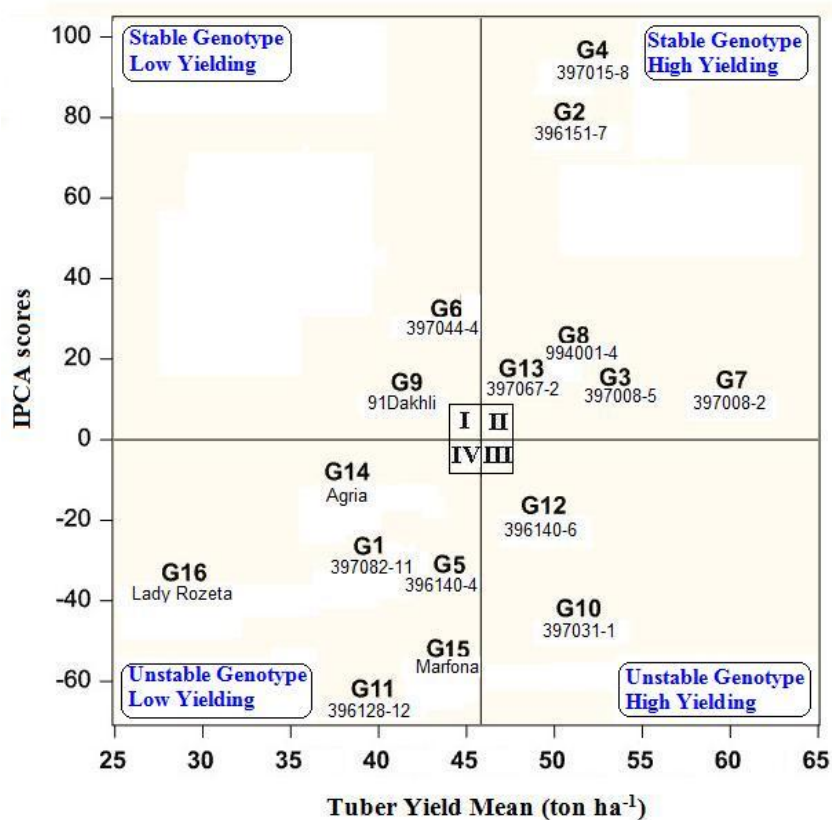
**Table 3-** Mean of evaluated qualitative traits in potato promising clones and control cultivars

شماره No.	کلون Clone	رسیدگی Maturity	عمق چشم Eye depth	رنگ داخلی غده Tuber inner ring	حفره‌ای شدن مرکز غده Hollow heart	یکنواختی غده Tuber uniformity	تغییر رنگ گوشت غده خام پس از ۲۴ ساعت Discolored of raw tuber flesh after 24 hr	تیپ پخت Baking type	رنگ پوست Skin colour	رنگ گوشت Flesh Colour	شکل غده tuber Shape
1	397082-11	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D*	Yellow	Dark yellow	oval round
2	396151-7	moderately late	middle	no	no	non-uniform	low	D	Light yellow	Dark yellow	oval round
3	397008-5	moderately late	middle	no	no	uniform	low	B	Light yellow	White	oval round
4	397015-8	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Light yellow	Dark yellow	oval
5	396140-4	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Light yellow	Dark yellow	oval round
6	397044-4	moderately late	middle	no	no	non-uniform	high	B	Light yellow	Dark yellow	oval round
7	397008-2	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Light yellow	White	oval
8	994001-4	moderately late	middle	no	no	non-uniform	low	A	Light yellow	Dark yellow	round
9	91Dakhli	moderately late	shallow	no	no	uniform	high	D	Red	Yellow	long round
10	397031-1	moderately late	middle	no	no	non-uniform	low	B	Yellow	Yellow	oval round
11	396128-12	moderately late	shallow	no	no	middle-uniform	low	D	Yellow	Yellow	long round
12	396140-6	moderately late	middle	no	no	uniform	low	D	Yellow	Dark yellow	oval round
13	397067-2	moderately late	shallow	no	no	non-uniform	low	D	Yellow	Yellow	oval round
14	Agria (check)	moderately late	shallow	no	no	non-uniform	low	D	Yellow	Yellow	oval round
15	Marfona (check)	moderately early	shallow	no	no	uniform	low	C	Yellow	Yellow	oval round
16	Lady Rosetta (check)	moderately late	shallow	no	no	uniform	high	D	Red	Dark yellow	oval round

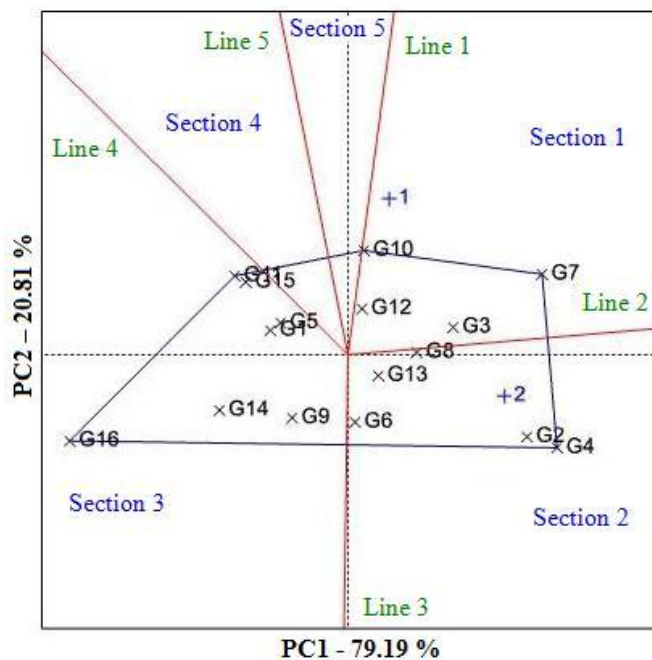
D: Very floury

C: Floury

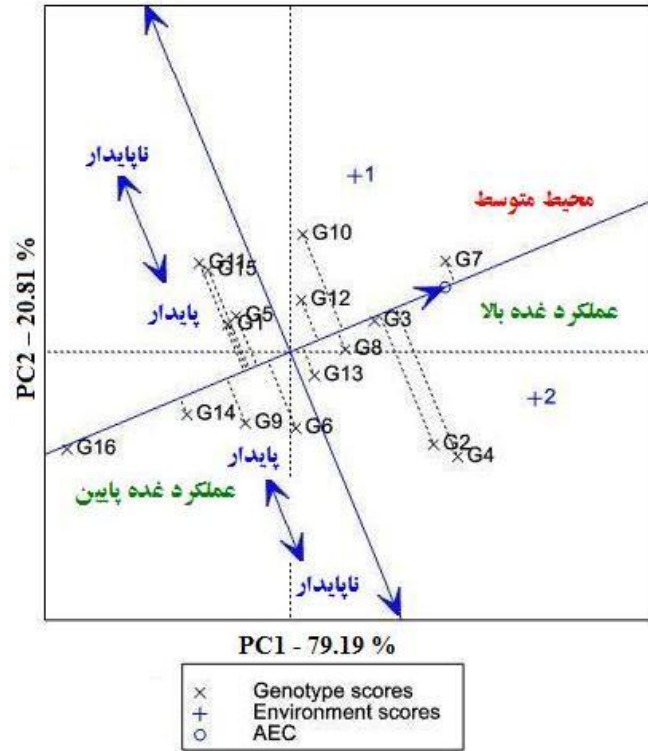
B: Fairly firm \*A: Firm



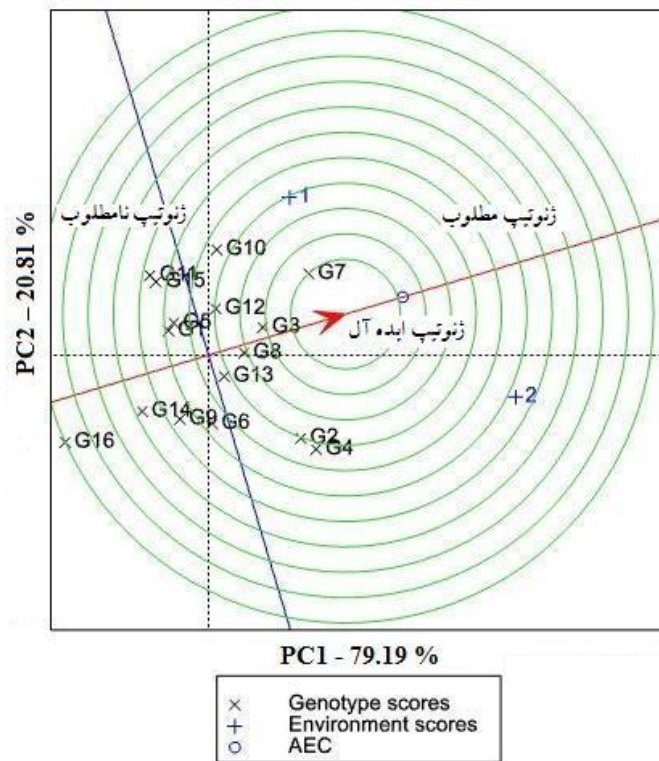
شکل ۱- گروه بندی کلون‌ها و ارقام از لحاظ عملکرد غده به روش AMMI  
**Figure 1 -** Grouping clones and cultivars in terms of tuber yield by AMMI method



شکل ۲- نمودار چند ضلعی GGE بای پلات برای تعیین کلون‌های برتر و ارقام در سال‌های مورد مطالعه  
**Figure 2 -** Polygon diagram GGE Bi-plot for determining the better clones and cultivars in studied years



شکل ۳- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری کلون‌ها و ارقام  
**Figure 3** – Bi-plot of average environment coordinate for simultaneously selection of marketable tuber yield and stable clones and cultivars



شکل ۴- بای پلات مقایسه کلون‌ها و ارقام با ژنوتیپ ایده‌آل از نظر عملکرد غده قابل فروش و پایداری  
**Figure 4** – Bi-plot of clones and cultivars comparison with ideal genotype in terms of marketable tuber yield and stability

## References

## منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2011. Statistics vegetables (potato). Ministry of Jihad-Agriculture. <http://www.maj.ir>. (In Persian).
- Bhan, M.K., S. Pal, B.L. Rao, A.K. Dhar, and M.S. Kang. 2005. GGE Biplot analysis of oil yield in Lemongrass (*Cymbopogon* spp). *Journal of New Seeds*. 7(2): 127-139.
- Burton, W.G. 1989. The potato. Longman, London, 742 pp.
- CIP. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. International Potato Center. 126 pp.
- Crossa, J., H.G. Gauch, and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*. 30: 493-500.
- Ebdon, J.S., and H.G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf-grass performance trials. II Cultivar recommendations. *Crop Science*. 42: 497-506.
- Falahi, M. 1997. Potato science and technology. Barsava Press. pp. 103-145.
- Fan, X.M., M.S. Kang, H.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.
- Fathi, M., R. Asghari, M. Valizadeh, S. Aharizad, and D. Hassanpanah. 2010. Evaluation of advanced clones from true potato seed. *Journal of Agricultural Science*. 2(19): 207-214.
- Gauch, H.G., and R.W. Zobel. 1989. Accuracy and selection success in yield trials. *Theoretical and Applied Genetics*. 77: 473-481.
- Gauch, H.G., and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*. 37: 311-326.
- Harris, P. 1992. The potato crop, the scientific basis for improvement. Chapman and Hall. 506 pp.
- Hassanabadi, H. 2006. Evaluation of quantitative and qualitative traits of potato cultivars based on the germplasm grouping. Project final report, Seed and plant Improvement Institute. Press Registration Number 85/832. 172 pp. (In Persian).
- Hassanabadi, H., D. Hassanpanah, K.H., Parvizi, M., Kazemi, and R. Hajejanfar. 2011. Investigation on qualitative and quantitative characteristics of medium early advanced potato clones in spring cultivation areas and production diseases free plantlets. Project Final Report, Seed and Plant Improvement Institute. 67 pp. (In Persian).
- Hassanpanah, D. 2011. Analysis of G×E interaction by using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) in potato cultivars. *African Journal of Biotechnology*. 2(10): 154-158.
- Hassanpanah, D., and H. Hassanabadi. 2010. Evaluation of water deficit tolerance of advanced cultivars and clones of potato in Ardabil. *Crop and Weed Eco-Physiology Journal*. 4(16): 1-18. (In Persian).
- Hassanpanah, D., and H. Hassanabadi. 2011. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of promising potato clones in Ardabil region, Iran. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal*. 7(1): 37-48. (In Persian).

- Hassanpanah, D., H. Hassanabadi, M. Yarnia, and M.B. Khorshidi. 2008a. Evaluation of quantitative and qualitative characters of advanced cultivars and clones of potato in Ardabil region. *Journal of Agricultural Science*. 2(5): 19-31. (In Persian).
- Hassanpanah, D., H. Hassanabadi, and M. Yarnia. 2008b. Evaluation of quantitative and qualitative characters of advanced cultivars and clones of potato in Ardabil. *Journal of Agricultural Science*. 2(8):23-33. (In Persian).
- Kalloo, G., and B.O. Bergh. 2000. Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon Press Ltd. 535 pp.
- Kaya, Y.K., E. Palta, and S. Taner. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 26: 275-279.
- Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *The Journal of Agricultural Science*. 103: 123-135.
- Lin, C.S., and M.R. Binns. 1989. Comparison of unpredictable environmental variation generated by year and by seeding-time factors for measuring type 4 stability. *Theoretical and Applied Genetics*. 78: 61-64.
- Madah Arefi, H., S.Y. Sadeghian Motahar, S.B. Mahmodi, H. Sabagpour, J. Mozafari, A. Khandan, S. Mobasser, K. Moslemkhani, and H. Hassanabadi. 2007. National guideline for testing value for cultivation and use in potato. Seed and Plant Certification and Registration Institute. 34 pp. (In Persian).
- Manrique, K., and M. Hermann. 2000. Effect of G×E interaction on root yield and beta-carotene content of selected sweet-potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) varieties and breeding clones. CIP, Lima, Peru. pp. 281-287.
- Mohammadi, R., M. Armiyoun, I. Zade-Hassan, M.M. Ahmadi and D. Sadeghzadeh. 2013. Genotype × environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model. *Seed and Plant Improvement Journal*. 28-1(3): 504-518.
- 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).
- Mulema, J.M.K., E. Adipala, O.M. Olanya, and W. Wagoire. 2008. Yield stability analysis of late blight resistant potato selections. *Journal of Experimental Agriculture*. 44: 145-155.
- NIVAA. 2002. On the road to potato processing. The Netherlands Consultative Potato Institute. 25 pp.
- Pourdad, S., and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot in spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Production and Processing (JCPP)*. 2(6): 99-108
- Sabaghnia, N., H. Dehghannia, and S.H. Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*. 46: 1100-1106.
- Tarakanovas, P., and V. Ruzgas. 2006. Additive main effect and multiplication interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agronomy Research*. 41(1): 91-98.
- Tonk, F.A., E. Ilker, and M. Tosun. 2011. Evaluation of genotype × environment interactions in maize hybrids using GGE biplot analysis. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 11: 1-9.

- Upadhyaya, M.D., B. Hardy, P.C. Guar, and S.G. Iiantileke. 1996. Production and utilization of the potato seed in Asia. International Potato Center. 233 pp.
- Vargas, M., and J. Crossa. 2000. The AMMI analysis and the graphing the biplot in SAS. CIMMYT, México. 42 pp.
- 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: 1111-1118.
- Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*. 94: 990-996.
- Yan, W., and L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of multi-environment trial data. In: M.S. Kang (ed.) Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K. pp. 289-303.
- Yan, W., and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan, W., and N.A. Tinker, 2005. An integrated system of biplot analysis for displaying, interpreting and exploring genotype by-environment interactions. *Crop Science*. 45: 1004-1016.
- Yan, W., and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86(3): 623-645.
- Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng, and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigations based on the GGE biplot. *Crop Science*. 40: 597-605.
- Zerihun, J. 2011. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeium vulgare* L.) genotypes in southeastern Ethiopia highlands. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 5: 59-75.