نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۳(۳۹)، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۷۴۸-۷۳۱

تجزیه به عامل‌ها، پارامتر ارزش پایداری AMMI و روش گرافیکی GGE Bi-plot صفات کمّی و کیفی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

داود حسن‌پناه[1*]، حسن حسن‌آبادی[2]، امیراصلان حسین‌زاده[3]، بیتا سهیلی[4] و رئوف محمدی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳

چکیده

صفات کمّی و کیفی و پایداری عملکرد غده قابل فروش ۱۴ کلون امیدبخش سیب‌زمینی همراه با سه رقم تجاری (آگریا، مارفونا و ساوالان) به عنوان شاهد طی آزمایشی براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ ارزیابی شدند. در طی دوره رشد و پس از برداشت، صفاتی مثل 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، زنگ داخلی غده و تغییر رنگ گوشت غده خام پس از ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات کمّی 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 بین برهم‌کنش کلون × سال از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. کلون ۹ (۳-۳۹۷۰۷۸) با کمترین مقدار عملکرد غده قابل فروش با کلون‌های ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱)، ۶ (۸-۳۹۷۰۰۹) و ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) در سال ۱۳۹۲ و با کلون ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و رقم آگریا در سال ۱۳۹۳ اختلاف معنی‌دار نشان داد. کلون‌های ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) دارای غده‌های یکنواخت، رنگ پوست زرد تا زرد تیره، رنگ گوشت زرد روشن تا زرد، شکل غده گرد تخم‌مرغی و گرد، عمق چشم سطحی تا متوسط، بدون زنگ، حفره و شکاف داخل غده، رسیدگی متوسط دیررس بودند و برای مصارف چیپس، خلال و سرخ کردنی انتخاب شدند. براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، "عملکرد غده"، "تعداد غده" و "ساختار بوته و صفات کیفی" به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اول، دوم و سوم نامگذاری شدند. در این آزمایش، مدل GGE Bi-plot و پارامتر ارزش پایداری AMMI (ASV)، روش‌های مناسب برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری بودند و توانستند کلون‌های ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱)، ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) را به عنوان کلون‌های پایدار با عملکرد غده قابل فروش بالا انتخاب نماید.

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

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) D.Hassanpanah@spii.ir

۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- عضو هیات علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران .

۴- محقق بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

۵- کارشناس بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از محصولات غده‌ای است که نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد. در شرایط مختلف آب و هوایی کشت می‌شود و بعد از گندم، برنج و ذرت مقام چهارم تولید را به خود اختصاص داده و از نظر تعداد کشورهای تولید کننده بعد از ذرت در مقام دوم قرار دارد (Fathi *et al.*, 2010).

تکنیک‌های آماری چندمتغیره از جمله تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها به طور گسترده‌ای در ارزیابی تنوع ژنتیکی مورد استفاده قرار گرفته است (Brown-Guedira *et al.*, 2002). محققین متعددی در گیاه سیب‌زمینی، از این روش استفاده نموده‌اند (Rabiei *et al.*, 2008; Khedmati *et al.*, 2013; Nickmanesh and Hassanpanah, 2014; Jouyandeh Kelashemi and Hassanpanah, 2014; Hassanpanah, 2014; Zakerhamidi and Hassanpanah, 2014).

برآورد برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط برای اصلاح کنندگان گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لین و بینز (Lin and Binns, 1989) روش‌های پایداری را به دو گروه تک‌متغیره (روش‌های پارامتری و ناپارامتری) و چندمتغیره (روش AMMI) تقسیم‌بندی نمودند. ابدون و گوچ (Ebdon and Gauch, 2002) 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 به طور گسترده برای ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش، محققین مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نموده‌اند (Manrique and Hermann, 2000; Vargas and Crossa, 2000; Ebdon and Gauch, 2002; Tarakanovas and Ruzgas, 2006; Kaya *et al.*, 2002; Sabaghniaa *et al.*, 2006; Mulema *et al.*, 2008; Hassanpanah, 2011; Hassanpanah, 2014). 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 برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده است (Yan and Kang, 2003; Yan and Hunt, 2002).

در آزمایش‌های عملکرد زمانی که برهم‌کنش معنی‌دار است، ژنوتیپ نبایستی فقط براساس اثرات اصلی ژنوتیپ یا برهم‌کنش 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 برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط به اصلاح‌گر 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 برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). برای تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا روش GGE Bi-plot، در ذرت (Tonk *et al.*, 2011; Fan *et al.*, 2007; Yan and Tinker, 2005) و جو (Zerihun, 2011) استفاده شده است. 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 (*et al.*, Bhan 2005) با استفاده از مدل GGE Bi-plot ژنوتیپ CKP25 را به‌عنوان ژنوتیپ پرمحصول معرفی 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. رقم گلرنگ هارتمن را نزدیک‌ترین رقم به ژنوتیپ ایده‌آل معرفی کردند.

هدف از این تحقیق ارزیابی صفات کمّی و کیفی کلون‌های امیدبخش، 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 تجزیه به عامل‌ها و ویژگی‌های مصرفی نسبت به ارقام تجاری ساوالان، آگریا و مارفونا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی ۱۴ کلون پیشرفته سیب‌زمینی حاصل از نتایج برنامه‌های به‌نژادی طی ۸ سال، به همراه سه رقم شاهد (آگریا، مارفونا و ساوالان)، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا گردید. هر کرت شامل دو خط ۶ متری و فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. پس از انتخاب تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت، در طی دوره رشد صفات کمی تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد و وزن غده در بوته و پس از برداشت کلیه کرت‌ها، عملکرد غده کل و قابل فروش اندازه‌گیری شدند. صفات کیفی از جمله درصد ماده خشک (Hassanabadi, 2006)، 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 گردید. 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 میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 برای تعیین اثرات بین سال، کلون و برهم‌کنش کلون و سال 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 12 استفاده گردید. مدل AMMI به صورت زیر محاسبه شد (Zobel *et al.*, 1988).

$$Y_{ijK} = \mu + g_i + e_j + \sum_{n=1}^{N} \delta_n \zeta_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Yijk عملکرد ژنوتیپ i ام در محیط j ام و در تکرار k ام، μ میانگین کل، gi اثر اصلی ژنوتیپ i ام (اختلاف میانگین ژنوتیپ i ام از میانگین کل ژنوتیپ‌ها)، ej اثر اصلی محیط j ام (اختلاف میانگین محیط j ام از میانگین کل محیط‌ها)، δn مقدار منفرد[1] مربوط به n امین مؤلفه اصلی باقی‌مانده در مدل که برابر با جذر ریشه مشخصه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، N تعداد مؤلفه‌های اصلی برهم کنش (I.P.C.) در مدل امی است که برابر فرمول زیر است:

$$N \leq (\min(g-1), (e-1))$$

ζ_{in} بردار مشخصه برای i امین ژنوتیپ از nامین مؤلفه اصلی اثرمتقابل (IPC)، η_{in} بردار مشخصه jامین محیط از nامین مؤلفه اصلی اثرمتقابل (IPC)، θij مقدار باقی‌مانده (نویز)، ε_{ijk} خطا

1- Singular value

در تجزیه واریانس مدل امی درجه آزادی مؤلفه اصلی k ام برهم‌کنش از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

(g-1) + (e-1) - (2k-1) یا g+e-1-2k

که در آن g تعداد ژنوتیپ‌ها، e تعداد محیط‌ها و k تعداد مؤلفه اصلی است (Zobel *et al.*, 1988).

به منظور مطالعه پارامتر ارزش پایداری AMMI[1] رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفت (Purchase *et al.*, 2000).

$$ASV_i = \sqrt{\left[\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}}(IPCA_1 score)\right]^2 + (IPCA_2 score)^2}$$

SS_{IPCA1} و SS_{IPCA2} مجموع مربعات مؤلفه‌های اصلی برهم‌کنش اول و دوم، IPCA1 و IPCA2 مقدار مؤلفه اصلی اول و دوم برهم‌کنش برای هر یک از ژنوتیپ‌ها می‌باشند. تفکیک واریانس فنوتیپی به اجزای آن شامل P=G+GE+E است که P واریانس فنوتیپی، G واریانس ژنوتیپی، G×E واریانس برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط و E واریانس محیطی است. اگر به جای اجزای واریانس از اثرات عامل‌های فوق که دارای واحد داده‌های اندازه‌گیری شده اصلی هستند، استفاده شود خواهیم داشت:

$$\hat{y}ij = \mu + \alpha i + \beta j + \phi ij$$
$$\hat{y}ij - \mu - \beta j = \alpha i + \phi ij$$

$\hat{y}ij$: عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ iام در محیط jام، μ: میانگین کل مشاهدات، αi: اثر اصلی ژنوتیپ iام، βj : اثر اصلی محیط jام، ϕij: برهم‌کنش ژنوتیپ iام و محیط jام

به‌جای G و GE، در فرمول ترکیب GGE بای‌پلات مشاهده می‌شود و این ترکیب GGE به دو گروه ضربی به شرح زیر تقسیم می‌شود:

$$\hat{y}\ ij - \mu - \beta j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \phi_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

g_{i1} و e_{1j}: به ترتیب امتیازهای اولیه ژنوتیپ iام و محیط jام، g_{i2} و e_{2j}: به‌ترتیب امتیازهای ثانویه ژنوتیپ iام ومحیط jام، ε_{ij}: مقدار باقی‌مانده که توسط اثرات اولیه و ثانویه توجیه نمی‌شود.

در واقع روش *GGE* بای‌پلات از رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش به‌دست می‌آید. متداول‌ترین روش برای به کارگیری معادله فوق استفاده از ریشه راکد منفرد (*SVD*) است که در این حالت معادله به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\hat{y}ij - \mu - \beta j = \lambda 1 \xi i1 \eta 1j + \lambda 2 \xi i2 \eta 2j + \varepsilon ij$$

$\lambda 1$: مقادیر منفرد اولین مؤلفه اصلی، $\lambda 2$: مقادیر منفرد دومین مؤلفه اصلی، $\xi i1$: بردار ویژه ژنوتیپ iام برای *PC1*، $\xi i2$: بردار ویژه ژنوتیپ iام برای *PC2*، $\eta 1j$: بردار ویژه ژنوتیپ jام برای *PC1* و $\eta 2j$: بردار ویژه ژنوتیپ jام برای *PC2*

مدل GGE بای‌پلات بر پایه ریشه‌های راکد منفرد (SVD) دو مؤلفه بنا نهاده شده است (Yan and Kang, 2003). تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس انجام شد. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که مقدار ویژه آنها بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب گردید. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد (Lawley and Maxwell, 1963). برای تجزیه به عامل‌ها از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

بین کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ 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 غده اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید.

۱-AMMI Stability Value (ASV)

پس از انجام آزمون یکنواختی خطای 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 فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، متوسط وزن غده، تعداد ساقه اصلی در بوته و درصد ماده خشک و بین برهم‌کنش کلون × سال از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۱).

در سال ۱۳۹۲ کلون ۵ با کمترین مقدار عملکرد غده کل فقط با کلون ۶ و رقم مارفونا اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین عملکرد غده کل را در این سال رقم مارفونا داشت که اختلاف معنی‌داری با بقیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نداشت. در سال ۱۳۹۳ کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در عملکرد غده کل نداشتند (جدول ۲). کلون ۹ با کمترین مقدار عملکرد غده قابل فروش با کلون‌های ۴، ۱، ۳، ۶ و ۱۲ در سال ۱۳۹۲ و با کلون ۱۶ و رقم آگریا در سال ۱۳۹۳ اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). کلون‌های ۴، ۶، ۱۴ و ۱۷ از لحاظ صفت تعداد ساقه اصلی در بوته و کلون‌های ۶، ۹ و ۱۷ از لحاظ صفت تعداد غده در بوته دارای بالاترین مقدار بودند (جدول ۳).

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به کلون‌های ۳، ۵، ۷، ۸، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ (رقم مارفونا) بود (جدول ۳). ارقام و کلون‌هایی که دارای ساقه‌های قوی، ایستاده و باز بوده و در چند هفته پس از کاشت دارای سبز یکنواخت بودند، انتخاب شدند. هر چه رشد اولیه بوته‌ها سریع‌تر باشد عملکرد غده نیز بالا خواهد بود (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011).

کلون ۱۳ از لحاظ صفت درصد ماده خشک غده دارای بالاترین مقدار بود و در گروه a قرار داشت. کلون‌های ۴، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۴ در گروه‌های b، bc و bcd قرار گرفتند (جدول ۳). یکی از مهم‌ترین صفات برای تعیین نوع مصرف سیب‌زمینی، درصد ماده خشک غده می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی برای چیپس، خلال و سرخ کردنی مناسب هستند که ماده خشک غده آن بیش از ۱۹ درصد باشد (CIP, 2007). ماده خشک سیب‌زمینی برای تولید خلال باید بین ۲۲-۲۰ درصد باشد (Falahi, 1997). کلون‌های ۱، ۴، ۱۲، ۱۳ و ۱۷ دارای بافت غده‌ای کاملاً آردی و خشک (تیپ D) بودند (جدول ۴). 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 چیپس، خلال و سرخ کردنی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Madah Arefi *et al.*, 2007). کلون‌های ۳ و ۶ دارای تیپ B بودند (جدول ۴). غده‌های این (تیپ B) 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).

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 ۱، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۶ دارای غده‌های یکنواخت بودند. کلون‌های پرمحصول ۱، ۳، ۴، ۱۲ و ۱۷ دارای رنگ پوست زرد تا زرد تیره و رنگ گوشت زرد روشن تا تیره و شکل غده گرد، گرد تخم‌مرغی، تخم‌مرغی دراز و تخم‌مرغی، بدون زنگ، حفره و شکاف داخل غده بودند (جدول ۴). ژنوتیپ‌هایی که دارای رنگ گوشت و پوست غده زرد تیره تا زرد روشن دارند، برای بازارپسندی مناسب هستند. معمولاً رنگ گوشت سفید و رنگ پوست قرمز بازارپسندی خوبی ندارند

(Hassanpanah *et al.*, 2008a).

کلون‌های پرمحصول جزو گروه رسیدگی متوسط دیررس هستند (جدول ۴). عملکرد سیب‌زمینی به رسیدگی آن بستگی دارد. یک رقم دیررس از رقم زودرس عملکرد بیشتری دارد (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011). ارقام جلی، مارلا، کلمبوس، آگریا و اسپونتا (Mousapour, 2005)، ارقام آگریا، آئولا، دزیره، دیامانت و میریام (Hassanabadi, 2006) برای مصرف فرنچ فرایز؛ ارقام سانته، آئولا، آگریا، میریام، پرمیر و کاسموس (Hassanabadi, 2006)، رقم سانته (Hassanpanah *et al.*, 2008b)، رقم اسپریت (Mousapour, 2005) و رقم ساوالان (Hassanabadi *et al.*, 2011) برای مصرف چیپس؛ رقم کوراس (Hassanabadi, 2006) برای استخراج نشاسته و رقم خاوران به عنوان چند منظوره (Hassanabadi *et al.*, 2011) معرفی شده است.

از بین کلون‌های پرمحصول، ارقام و کلون‌های ۳، ۱۲ و ۱۷ دارای عمق چشم سطحی بودند (جدول ۴). سطحی بودن عمق چشم در کاهش ضایعات مصرف مصرف نقش مؤثری دارد و ارقامی باید انتخاب شوند که از عمق چشم سطحی برخوردار هستند (Hassanabadi *et al.*, 2011).

با توجه به این که برهم‌کنش بین سال و کلون‌ها معنی‌دار بود، برای انتخاب کلون‌های پایدار از روش AMMI استفاده شد. پارامتر ارزش پایداری AMMI (ASV) به منظور تجزیه برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ماتریس باقی‌مانده صورت گرفت و سه مؤلفه اصلی اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. مؤلفه اصلی اول (IPCA1) ۳۷/۳ درصد، مؤلفه اصلی دوم (IPCA2) ۲۳/۶ درصد و مؤلفه اصلی سوم (IPCA3) ۱۸/۷ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند که این سه مؤلفه در مجموع ۷۹/۶ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند. در روش ارزش پایداری AMMI، ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که ASV کمتری داشته باشد (Purchase *et al.*, 2000). در این روش رقم ساوالان و کلون‌های ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱)، ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، ۱۴ (۲-۳۹۷۰۳۱)، ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) و ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱) کمترین ASV را نسبت به سایر کلون‌ها و ارقام (شاهد) به خود اختصاص دادند، اما عملکرد غده کلون‌های ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷)، ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱) بالاتر از میانگین کل و رقم ساوالان و کلون ۱۴ (۲-۳۹۷۰۳۱) کمتر از میانگین کل بود (جدول ۵). بنابراین، در این روش کلون‌های ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷)، ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱) با داشتن ASV پایین و عملکرد بالاتر از میانگین کل، به عنوان کلون‌های پایدار با عملکرد بالا انتخاب شدند. رقم ساوالان و کلون ۱۴ (۲-۳۹۷۰۳۱) ASV پایین‌تری کمتر و عملکرد غده کمتر از میانگین کل داشتند (جدول ۵). محققین مختلف از جمله Haji Mohammad Ali Jahromi *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, Farshadfar *et al.*, 2011; 2014; Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2014 برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار از پارامتر ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده نموده‌اند.

نتایج حاصل از روش GGE Bi-plot نشان داد که تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۸۳/۱۸ و ۱۶/۸۲ درصد تغییرات را توجیه نمودند که بیانگر معتبر بودن نسبی بای‌پلات تغییرات GGE است (شکل ۱). آنالیز 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)[1] استفاده می‌شود (Yan and Kang, 2003). در این نمودار محور افقی که دارای یک پیکان است از مبدا مختصات عبور 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. بر اساس نتایج بای‌پلات (شکل ۱) کلون‌های ۴، ۱۲، ۳، ۱، ۱۵، ۱۶، ۱۳، ۶ و ۷ دارای بیشترین عملکرد غده قابل فروش بودند. محور عمودی که از مبدا مختصات می‌گذرد عمود بر محور میانگین محیط است. این محور بیانگر برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری ارقام را تعیین می‌کند. هر چقدر تصویر کلون‌ها روی این محور کوتاه‌تر باشد، نشان‌دهنده پایداری بیشتر آنهاست. کلون‌های ۱۵، ۱۳ و ۱۶ دارای عملکرد غده قابل فروش بیشتر و پایداری پایین (فاصله بیشتر از خط AEC)، کلون‌های ۱۲، ۳، ۱ و ۴ دارای عملکرد غده قابل فروش بالا و پایداری بیشتر (فاصله کمتر از خط ATC)، کلون‌های ۸ و ۲ دارای عملکرد غده قابل فروش پایین و پایداری کمتر (فاصله بیشتر از خط AEC) و کلون‌های ۱۷، ۱۴، ۱۰، ۵ و ۹ دارای عملکرد غده قابل فروش کمتر و پایداری بیشتر (فاصله کمتر از خط AEC) بودند (شکل ۱).

یک ژنوتیپ، ایده‌آل ژنوتیپی فرضی 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 به عنوان مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (Yan and Tinker, 2006). اگر یک ژنوتیپ نزدیک ژنوتیپ ایده‌آل باشد به عنوان ژنوتیپ مطلوب‌تر انتخاب می‌شود (Yan, 2002). در شکل ۲ 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 ۲). 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 کلون‌های ۴، ۱۲، ۳ و ۱ 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. کلون‌های ۱۵، ۱۳ و ۱۶ نیز به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بوده و می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ عملکرد غده قابل فروش انتخاب شوند. در مقابل کلون‌های ۶، ۷، ۱۴، ۱۷، ۱۰، ۵، ۹، ۲ و ۸ به‌عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب تعیین شدند. زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بودند (شکل ۲).

براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، کلون ۱۲ و ارقام ۱۵ (رقم مارفونا) و ۱۶ (رقم آگریا) در منتهی‌الیه سمت راست و بالای نمودار و در جهت مثبت از لحاظ صفات ارتفاع بوته و متوسط وزن غده و کلون‌های ۱، ۳، ۴ و ۶ از لحاظ صفات عملکرد غده کل و قابل فروش، وزن غده در بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته در منتهی‌الیه سمت راست و پایین دارای بالاترین مقدار بودند و به عنوان کلون برتر از لحاظ صفات فوق‌الذکر انتخاب شدند (شکل ۳). مقادیر KMO در این آزمایش ۰/۵۱۷ بود که نشان‌دهنده اعتبار داده‌ها برای استفاده از تجزیه به عامل‌ها می‌باشد و آزمون بارتلت (۱۶۹/۳۲**) نیز معنی‌دار می‌باشد (جدول ۶).

۱- Average environment coordinate

با توجه مقادیر عامل‌ها و تعداد مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک (Lawley and Maxwell, 1963)، تعداد ۳ عامل شناسایی شد. ۳ عامل مستقل از هم مجموعاً ۸۱/۸ درصد از تغییرات را توجیه کردند. عامل اول با ۴۰/۱ درصد از تغییرات و مقدار ویژه ۳/۲۰۷، صفات وزن غده در بوته، عملکرد غده قابل فروش و عملکرد غده کل دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت بودند و به عنوان "عامل عملکرد غده" انتخاب شدند (جدول ۶). عامل دوم با توجیه ۲۸/۱۴ درصد از تغییرات با مقدار ویژه ۲/۲۶۸، شامل ضرایب عاملی مثبت و بزرگ برای صفت تعداد غده در بوته و منفی برای صفت تعداد ساقه اصلی در بوته به عنوان "تعداد غده" نامگذاری شد (جدول ۶). عامل سوم با توجیه ۱۳/۳ درصد از تغییرات و مقدار ویژه ۱/۰۶۶، شامل ضریب عاملی مثبت برای صفات ارتفاع بوته و درصد ماده خشک غده بودند و به‌عنوان "ساختار بوته و کیفی" نامگذاری شدند (جدول ۶). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، با نتایج برخی محققین در گیاه سیب‌زمینی مطابقت دارد (Nickmanesh and Hassanpanah, 2014؛ Jouyandeh Kelashemi and Hassanpanah, 2014؛ Zakerhamidi and Hassanpanah, 2014؛ Hassanpanah, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، مدل GGE Bi-plot و پارامتر ارزش پایداری (ASV) AMMI، روشی مناسب برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری بودند و توانستند کلون‌های ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱)، ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) را به‌عنوان کلون‌های پایدار با میانگین عملکرد غده قابل فروش بالا انتخاب نمایند. همچنین، این کلون‌ها علاوه بر پرمحصولی و پایداری، از صفات کمّی و کیفی مطلوب و بازارپسند نیز برخوردار بودند. کلون‌های ۱ (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، ۴ (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و ۱۲ (۶-۳۹۷۰۶۷) برای تولید چیپس، خلال و سرخ کرده و کلون‌های ۳ (۱۱-۳۹۷۰۳۱) و ۶ (۸-۳۹۷۰۰۹) برای مصرف آب‌پز انتخاب شدند.

سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از پروژه ۹۲۱۱۰-۰۳۰۸-۰۳-۰۳ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد. بدین وسیله از مسئولین محترم موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل که امکان انجام این آزمایش را فراهم نمودند، کمال تشکر را دارم. از همکاران محترم آقایان مهندس یوسف جهانی و مهندس رضا خشمی که در اجرای دقیق آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل تلاش نمـــوده‌اند، قدردانی می‌شود.

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

منابع تغییر S.O.V.		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	1198.22	122.44	2040.49	5.74	7.22	76.91	0.03	0.88
Error	خطا	6	211.02	219.15	66409.22	8.44	102.73	888.80	5.58	2.76
Clone	کلون	16	98.99*	110.79**	27289.88**	17.24**	244.26**	975.96**	4.17**	54.59**
Year×Clone	سال×کلون	16	103.39**	110.79**	12279.29	5.64	3.61	322.76	0.03	0.64
Error	خطا	96	52.98	46.91	15311.21	4.07	117.68	291.63	0.73	1.61
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)		18.29	19.68	17.90	20.52	12.91	23.22	19.46	5.65

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

* and ** Significant at 5 and 1% probability levels, respectivly.

جدول ۲- میانگین صفات عملکرد غده کل و قابل فروش در کلون‌های امیدبخش و ارقام شاهد سیب‌زمینی در طی دو سال

Table 2- Mean of total and marketable tuber yield traits in potato promising clones and control cultivars during two years

ردیف No.	سال Year	کلون Clone	عملکرد غده کل Total tuber yield (ton ha^{-1})		عملکرد غده قابل فروش Marketable tuber yield (ton ha^{-1})	
1	2013	397031-16	46.50	abc	40.61	ab
2		TP22-1	38.72	abcd	30.22	bc
3		397031-11	46.61	abc	39.17	ab
4		397045-13	47.64	abc	42.56	a
5		TP M.M-6	34.61	cd	28.72	bc
6		397009-8	48.95	ab	39.11	ab
7		397044-1	44.28	abcd	37.95	abc
8		397067-1	43.00	abcd	37.34	abc
9		397078-3	38.78	abcd	23.22	c
10		397008-14	39.94	abcd	31.28	bc
11		397015-11	40.00	abcd	34.17	abc
12		397067-6	44.95	abcd	40.95	ab
13		396310-5	40.22	abcd	32.67	abc
14		397031-2	42.50	abcd	33.83	abc
15		Marfona (check)	50.33	a	37.00	abc
16		Agria (check)	38.22	abcd	35.00	abc
17		Savalan (check)	41.84	abcd	34.06	abc
1	2014	397031-16	37.57	abcd	35.21	abc
2		TP22-1	37.98	abcd	34.88	abc
3		397031-11	39.76	abcd	36.18	abc
4		397045-13	41.16	abcd	38.80	ab
5		TP M.M-6	34.52	cd	32.07	bc
6		397009-8	35.97	bcd	31.79	bc
7		397044-1	34.25	cd	31.77	bc
8		397067-1	31.61	d	28.27	bc
9		397078-3	35.62	bcd	29.79	bc
10		397008-14	35.70	bcd	33.04	bc
11		397015-11	33.70	cd	32.19	bc
12		397067-6	38.81	abcd	37.10	abc
13		396310-5	39.19	abcd	36.89	abc
14		397031-2	34.65	cd	32.02	bc
15		Marfona (check)	36.78	abcd	34.45	abc
16		Agria (check)	41.25	abcd	38.37	ab
17		Savalan (check)	37.64	abcd	32.78	abc

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

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

ردیف No.	کلون Clone	ارتفاع بوته Plant height (cm)		تعداد ساقه اصلی در بوته 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	397031-16	52.41	cdefg	4.86	bc	728.04	ab	9.28	cdef	22.90	cde	79.18	abcde
2	TP22-1	51.57	cdefg	4.46	bcde	669.50	ab	10.14	bcde	20.04	g	66.14	cdef
3	397031-11	64.19	ab	4.16	bcdef	749.66	ab	10.90	bcd	19.88	gh	69.28	bcdef
4	397045-13	53.73	cdefg	5.09	ab	771.15	a	9.07	def	24.26	bc	85.62	abc
5	TP M.M-6	57.46	abcd	3.50	ef	603.79	b	8.73	def	22.40	def	70.30	abcdef
6	397009-8	50.01	efg	5.70	a	732.69	ab	11.58	abc	19.50	gh	65.75	cdef
7	397044-1	56.33	abcdef	4.25	bcde	678.92	ab	9.28	cdef	21.11	fg	80.86	abcde
8	397067-1	61.99	abc	3.54	ef	643.73	ab	10.31	bcde	22.52	de	63.56	def
9	397078-3	51.24	cdefg	4.60	bcd	647.62	ab	13.14	a	23.38	bcd	51.19	f
10	397008-14	48.55	fg	3.75	def	657.78	ab	8.55	def	21.13	fg	79.76	abcde
11	397015-11	54.29	bcdefg	4.57	bcd	639.36	ab	7.80	f	23.61	bcd	82.39	abcd
12	397067-6	56.63	abcdef	3.98	cdef	727.23	ab	8.22	ef	24.17	bc	88.77	ab
13	396310-5	52.00	cdefg	4.29	bcde	692.95	ab	10.62	bcde	29.63	a	66.36	cdef
14	397031-2	58.63	abc	5.67	a	668.38	ab	10.54	bcde	24.61	b	66.19	cdef
15	Marfona (check)	67.11	a	4.00	cdef	751.39	ab	8.62	def	19.02	gh	89.96	a
16	Agria (check)	46.38	g	3.21	f	696.28	ab	8.45	ef	21.60	hi	83.58	abcd
17	Savalan (check)	54.24	bcdefg	5.07	ab	692.64	ab	11.76	ab	23.04	cd	61.18	ef

جدول ۴- میانگین صفات کیفی مورد مطالعه در کلون‌های امیدبخش و ارقام شاهد سیب‌زمینی

Table 4- 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	397031-16	moderately late	middle	no	no	uniform	middle	D*	Dark yellow	Light yellow	round
2	TP22-1	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Dark yellow	Yellow	long
3	397031-11	moderately late	shallow	no	no	uniform	high	B	Yellow	Light yellow	round
4	397045-13	moderately late	middle	no	no	uniform	middle	D	Light yellow	Light yellow	oval round
5	TP M.M-6	moderately late	shallow	no	no	uniform	high	D	Yellow	White	oval round
6	397009-8	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	B	Dark yellow	Light yellow	round
7	397044-1	moderately late	shallow	no	no	uniform	middle	D	Dark yellow	Light yellow	round
8	397067-1	moderately late	middle	no	no	uniform	middle	D	Dark yellow	Light yellow	round
9	397078-3	moderately late	shallow	no	no	non-uniform	low	D	Dark yellow	Light yellow	long oval
10	397008-14	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Dark yellow	Light yellow	round
11	397015-11	moderately late	shallow	no	no	uniform	middle	C	Yellow	White	long
12	397067-6	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Yellow	Yellow	oval round
13	396310-5	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Yellow	Light yellow	round
14	397031-2	moderately late	middle	no	no	uniform	high	D	Dark yellow	Dark yellow	round
15	Marfona (check)	moderately early	shallow	no	no	uniform	low	B	Dark yellow	Light yellow	oval round
16	Agria (check)	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Yellow	Dark yellow	long oval
17	Savalan (check)	moderately late	shallow	no	no	uniform	low	D	Yellow	Dark yellow	round

D: Very floury C: Floury B: Fairly firm *A: Firm

جدول ۵- میانگین عملکرد غده قابل فروش و پارامتر ارزش پایداری **AMMI**

Table 5- Mean of marketable tuber yield and AMMI Stability Value (ASV) parameter

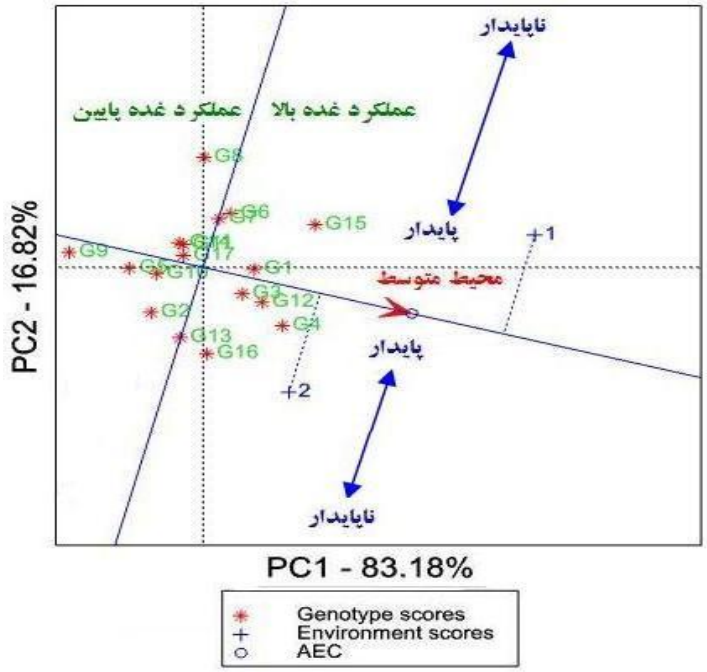
شماره No.	کلون Clone	ارزش پایداری AMMI ASV	عملکرد غده قابل فروش (تن در هکتار) Marketable tuber yield (ton ha^{-1})
17	Savalan (check)	0.207	33.420
3	397031-11	0.345	37.675
4	397045-13	0.585	40.680
14	397031-2	0.609	32.925
12	397067-6	0.733	39.025
1	397031-16	0.758	37.910
11	397015-11	1.601	33.180
16	Agria (check)	1.666	36.685
6	397009-8	1.690	35.450
5	TP M.M-6	1.739	30.395
7	397044-1	1.795	34.860
10	397008-14	2.081	32.160
13	396310-5	2.201	34.780
2	TP22-1	2.592	32.550
9	397078-3	2.701	26.505
8	397067-1	3.260	32.805
15	Marfona (check)	3.685	35.725
	Total mean		34.513

جدول ۶- ضرایب عامل‌ها در صفات مورد مطالعه برای کلون‌های مورد بررسی

Table 6- Factor coefficients in the studied traits for clones and cultivars

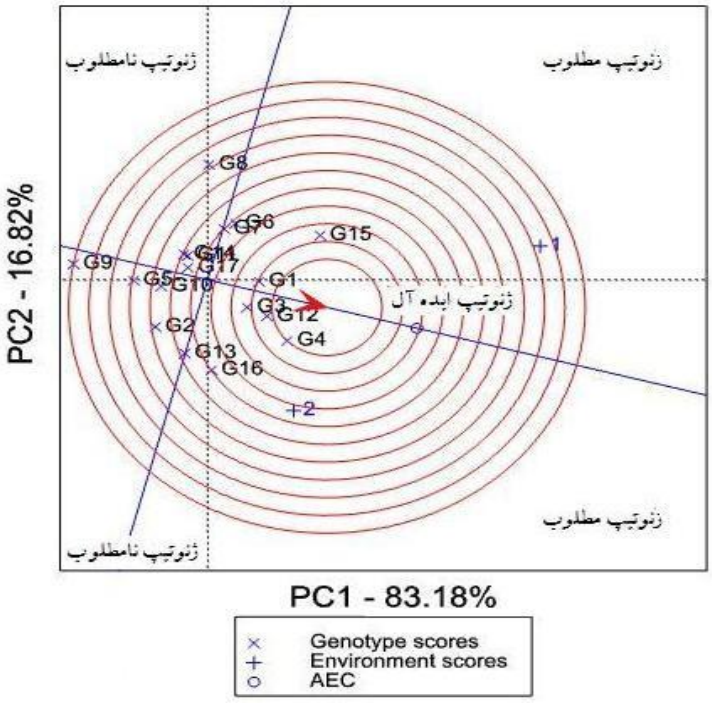
صفات	Traits	عاملFactor		
		1	2	3
عملکرد غده کل	Total tuber yield	**0.987**	-0.067	-0.023
عملکرد غده قابل فروش	Marketable tuber yield	**0.903**	0.374	-0.133
ارتفاع بوته	Plant height	0.214	0.130	**0.612**
تعداد ساقه اصلی در بوته	Main stem number	0.349	**-0.729**	-0.037
وزن غده در بوته	Tuber weight per plant	**0.982**	-0.063	-0.010
تعداد غده در بوته	Tuber number per plant	-0.114	**0.941**	0.034
درصد ماده خشک	Dry matter percentage	-0.142	-0.134	**0.820**
متوسط وزن غده	Tuber weight average	0.503	0.817	-0.013
درصد واریانس	Variance percent	40.1	28.4	13.3
درصد واریانس تجمعی	Cumulative variance percent	40.1	68.5	81.8
مقادیر ویژه	Eigen-values	3.207	2.268	1.066

Numbers in bold are those with factor loadings greater than 0.5 (Lawley and Maxwell, 1963).
KMO Test =0.517
Bartlett's Test = 169.32**



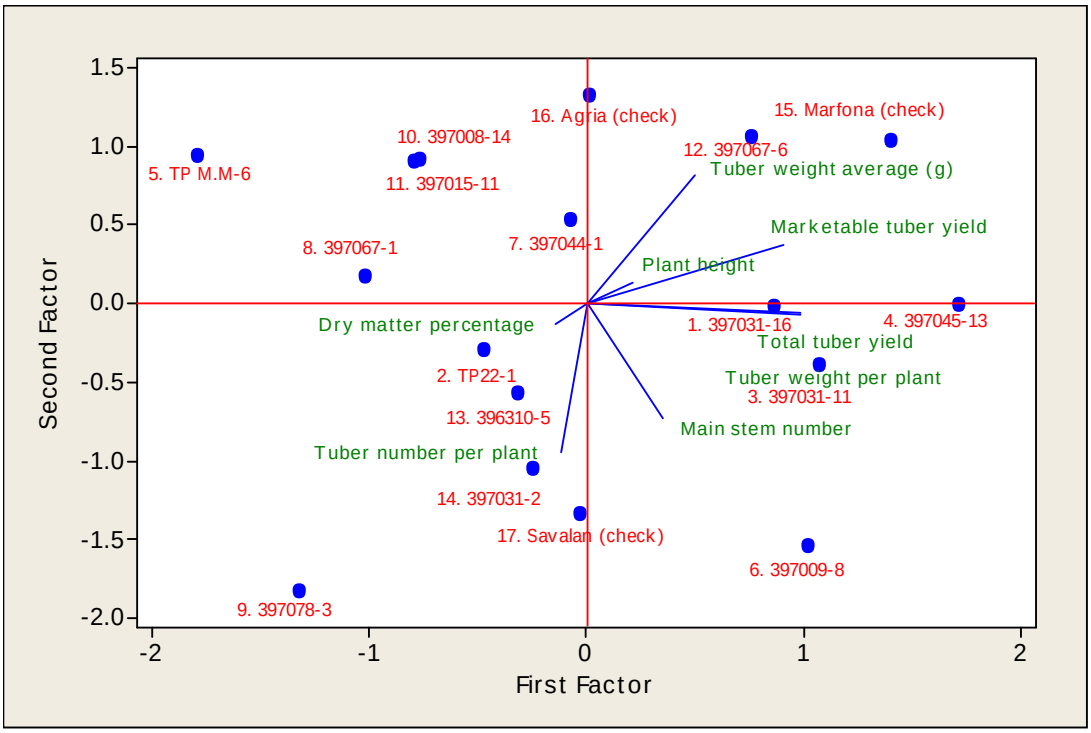
شکل ۱- بای پلات مختصات محیط متوسط (**AEC**) برای گزینش همزمان عملکرد غده قابل فروش و پایداری کلون‌ها و ارقام

Figure 1– Bi-plot of average environment coordinate for simultaneously selection of marketable tuber yield and stable clones and cultivars



شکل ۲- بای پلات مقایسه کلون‌ها و ارقام با ژنوتیپ ایده‌آل از نظر عملکرد غده قابل فروش و پایداری

Figure 2– Bi-plot of clones and cultivars comparison with ideal genotype in terms of marketable tuber yield and stable



شکل ۳- موقعیت کلون‌ها و ارقام و صفات مورد مطالعه حاصل از تجزیه به عامل‌ها

Figure 3- The position of clones and cultivars and studied traits from Factor analysis

References منابع مورد استفاده

- Bhan, M.K., S. Pal, B.L. Rao, A.K. Dhar, and M.S. Kang. 2005. GGE Bi-plot analysis of oil yield in Lemongrass (*Cymbopogon* spp). *Journal of New Seeds.* 7(2): 127-139.
- Brown-Guedira, G.L., J.A. Thompson, R.L. Nelson, and M.L. Warburton. 2002. Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and North American ancestors using RAPD and SSR markers. *Crop Science*. 40: 815-823.
- CIP. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. International Potato Center. 126 pp.
- 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.
- Farshadfar, E., N. Mahmodi, and A. Yaghotipoor. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science.* 5(13): 1837-1844.
- 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. (In Persian).
- Haji Mohammad Ali Jahromi, M., M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(3): 565-579. (In Persian).
- 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. Hajeanfar. 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. 2014. Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 65 genotypes potato with the use of Factor and Cluster analysis. *Journal of Crop EcoPhysiology*. 8(29): 83-96. (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, 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).
- 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).
- Jouyandeh Kelashemi, I., and D. Hassanpanah. 2014. Evaluation of genetic diversity for yield and yield component in the hybrids produced from breeding population of HPS×II/67 potato. *International Journal of Current Life Sciences*. 4(11): 10107-10110.
- 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.
- Khedmati, M., D. Hassanpanah, and R. Taghi zadeh. 2013. A survey on correlation and path coefficient analysis between yield and yield components cultivars and early advanced average potato clones in spring cultivation of Ardebil region. *International Journal of Farming and Allied Sciences.* 2(17): 621-625.
- Lawley, D.N., and A.E. Maxwell. 1963. Factor analysis: as a statistical method. Buttterwoths, London. 453 pp.
- 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., H. Dehghani, and G.H. Karimzadeh. 2014. Graphic analysis of trait relations of cantaloupe using the Biplot method. *Journal Plant Prodution Research*. 21(4): 43-62. (In Persian).
- 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. (In Persian).
- 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.
- Nickmanesh, L., and D. Hassanpanah 2014. Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 127 potato hybrids with using multivariate statistical methods. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 4(2): 502-507.
- 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*. 2(6): 99-108. (In Persian).
- Pourdad, S., and M. Jamshid Moghaddam. 2014. Study on genotype × environment interaction through GGE Biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rainfed condition. *Journal of Crop Breeding*. 5(12): 1-14. (In Persian).
- Purchase J., L. Hesta Hatting, and C.S. Van Deventer. 2000. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil.* 17(3): 101-107.
- Rabiei, K, V. Khodambashim, and A.M. Rezaei. 2008. Using multivariate statistical methods to identify the potato yield characteristics under drought stress and non-stress conditions. *Journal of Scientific and Technological Agriculture and Natural Resources.* 12(46): 131-140. (In Persian).
- 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.
- Vargas, M., and J. Crossa. 2000. The AMMI analysis and the graphing the bi-plot in SAS. CIMMYT, Mexico. 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 bi-plot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*. 94: 990-996.
- Yan, W., and L.A. Hunt. 2002. Bi-plot 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 bi-plot 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 bi-plot analysis for displaying, interpreting and exploring genotype by-environment interactions. *Crop Science*. 45: 1004-1016.
- Yan, W., and N.A. Tinker. 2006. Bi-plot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86(3): 623-645.
- Zakerhamidi, S., and D. Hassanpanah. 2014. Investigation of genetic diversity for quantitative traits in 166 potato hybrids of produced from Luca and Caesar cultivars crosses. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences.* 3(12): 34-37.
- 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.
- Zobel, R.W., M.J. Wright, and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal.* 80: 388-393.

Factor Analysis, AMMI Stability Value (ASV) Parameter and GGE Bi-Plot Graphical Method of Quantitative and Qualitative Traits in Potato Genotypes

Davood Hassanpanah[1*], Hassan Hassanabadi[2], Amiraslan Hosseinzadeh[3], Bita Soheili[4], and Raouf Mohammadi[5]

Received: May 2015, Revised: 13 April 2016, Accepted: 13 September 2016

Abstract

Quantitative and qualitative traits and stability of marketable tuber yield of 14 promising potato clones, along with three commercial cultivars (Agria, Marfona and Savalan) as checks, were evaluated at the Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Station during 2013 and 2014. The experiment was based on a randomized complete block design with four replications. During growing period and after harvest, traits like main stem number per plant, plant height, tuber number and weight per plant, total and marketable tuber yield, dry matter percentage, baking type, hollow heart, tuber inner ring and discoloration of raw tuber flesh after 24 hours were measured. Combined ANONA for quantitative traits showed that there were significant differences among promising clones as to total and marketable tuber yield, tuber number and weight per plant, plant height, tuber mean weight, main stem number per plant and dry matter percentage and their interactions with year in total and marketable tuber yield. The clone 9 (397078-3) with the least amount of marketable tuber yield had significant difference with clones 4 (397045-13), 1 (397031-16), 3 (397031-11), 6 (397009-8) and 12 (397067-6) in 2013 and with clone 4 (397045-13) and Agria cultivar in 2014. The clones 4(397045-13), 1 (397031-16) and 12 (397067-6) had uniform tuber, yellow to dark-yellow skin and light-yellow to yellow flesh color, tuber shape of oval round and round, shallow to mid shallow eyes, no tuber inner ring, hollow heart and tuber inner crack and mid-late maturity. They were selected for home consumption of chips, french-fries and frying. Based on the results of factor analysis, "tuber yield", "number of tuber" and "plant structural and quality" were named as first, second and third quality determining factors respectively. In this experiment, GGE Bi-plot model and AMMI Stability Value (ASV) parameter, were acceptable methods for the selection of marketable tuber yield stability which found to be simultaneously could introduce clones 1 (397031-16), 3 (397031-11), 4 (397045-13) and 12 (397067-6) to be selected as stable clones with high marketable tuber yield.

Key words: AMMI methods, Factor analysis, GGE Bi-plot, *Solanum tuberosum*, Yield stability.

1- Scientific member of Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
2- Scientific member of Seed and Plant Improvement Research Department, Seed and Plant Improvement Research institute, AREEO, Karaj, Iran.
3- Scientific member of Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
4. Researcher of Plant Protection Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
5. Expert of Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
* *Corresponding Author: D.Hassanpanah@spii.ir*