Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2022, Vol 5, No 10(2), Pages 93-104

doi: 10.22034/iuvs.2022.532056.1168 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Comparing the Yield of Seedling From Tuberosum× Tuberosum with Tuberosum× Andigena in Potato

Jaber Panahandeh[1*] Alireza Motallebi Azar[1] and Siroos Masiha[2]

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

***Corresponding author:** panahandeh@tabrizu.ac.ir

(**Received:** 29 June 2021 **Revise:** 29 December 2021 **Accepted:** 17 February 2022)

Extended Abstract

1. Introduction: The using of true potato seed (TPS) could be overcomes some of limitation in potato production in developing countries. The development and acceptance of TPS cultivars depend on the production of suitable TPS cultivars with high homogeneity and yield. The hybrids between the selected Andigena clones with Tuberosum are one of the approaches to developing such cultivars.

2. Material and methods: Some clones of *S. tuberosum* ssp. Andigena that has been selected previously from the three cycle of population breeding for adaptation to long condition in university of Tabriz, were used in cross with four tuberosum cultivars (Diamond, Moren, Picasso and Satina). Totally 12 TPS families including the four Tuberosum× Andigena hybrid family, five Tuberosum× Tuberosum hybrid, one Tuberosum OP along with two Andigena population (selected and non-selected) were compared with experimental layout as complete randomized block design with three replication. The evaluated traits were number of tuber, yield per plant, tuber appearance and tuber dry matter.

3. Result and discussion: Analysis of variance showed significant difference between the families. The highest and lowest tuber yield was belonging to Picasso× Satina and unselected Andigena respectively. The highest tuber number was observed in Picasso Andigena and selected Andigena family and Picasso Op had the lowest tuber number. Results indicate the superiority of some Tuberosum× Andigena for yield and dry matter in relation to Tuberosum× Tuberosum. But for tuber appearance generally Tuberosum× Tuberosum were better than the Tuberosum× Andigena. The yield and dry matter of selected Andigena population was better than Picasso OP progeny and non-selected population of Andigena. The orthogonal comparison between the families having the Andigena germplasm versus pure Tuberosum showed that except the dry matter in the other evaluated trait there was significant difference between two groups, and the mean yield and tuber number in families having the andigena germplasm were higher than pure tuberosum. These results indicate the importance hetrosis in yield and other traits of Potato.

4. Conclusion: Three cycle of selection on original Andigena improved its yiel and tuberization in long day condition yet its tuber appearance did not changed. Hybrids of tuberosum andigena had yield similar to tuberosum material. Considering that andigena had the same ploidy level with cultivated Potato and its rapid response to selection under long day made it suitable choice for broaden the genetic base of cultivated Potato.

Keywords: Open pollination, Subspecies, True potato seed, Tuber.

Citation: Panahandeh, J., Motallebi Azar, A. & Masiha, S. (2022). Comparing the yield of seedling from Tuberosum× Tuberosum with Tuberosum× Andigena in Potato. *Journal of Vegetables Sciences*, 10(2), 93-104. doi: 10.22034/iuvs.2022.532056.1168

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، دوره ۱۰، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۰۴-۹۳)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2022.532056.1168

مقایسه‌ی عملکرد نشاهای حاصل از هیبریدهای توبروزوم× توبروزوم با هیبریدهای آندیژنا× توبروزوم در سیب‌زمینی

جابر پناهنده[1*]، علیرضا مطلبی‌آذر[1] و سیروس مسیحا[2]

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

***نویسنده مسئول:** panahandeh@tabrizu.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۸ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۰/۰۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۸)

چکیده

استفاده از بذر حقیقی سیب‌زمینی (TPS) توان غلبه بر برخی از محدودیت‌های تولید سیب‌زمینی در کشورهای در حال‌توسعه را دارا می‌باشد. توسعه و مقبولیت بذر حقیقی منوط به تولید ارقام مناسب با عملکرد و یکنواختی بالا است. هیبریدهای بین ژنوتیپ‌های گزینش شده زیرگونه آندیژنا با توبروزوم یکی از گزینه‌های پیشنهادی برای توسعه ارقام TPS می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی امکان به‌کارگیری زیرگونه آندیژنا در تولید ارقام TPS هیبرید بود. بدین منظور ۱۲ خانواده از بذور حقیقی شامل چهار ترکیب از هیبریدهای آندیژنا× توبروزوم، آندیژنای گزینش شده، آندیژنای گزینش نشده، پنج ترکیب از هیبریدهای توبروزوم× توبروزوم و یک خانواده آزاد گرده‌افشان از توبروزوم‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۸۳ مورد مقایسه قرار گرفتند. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد تک‌بوته، تعداد غده در بوته، میانگین وزن غده وضعیت ظاهری و ماده خشک غده‌ها بود. نتایج بیانگر برتری برخی از هیبریدهای توبروزوم× آندیژنا از لحاظ عملکرد و ماده خشک نسبت به هیبریدهای توبروزوم× توبروزوم بود. اما از نظر وضعیت ظاهری غده در مجموع هیبریدهای توبروزوم× توبروزوم برتر از هیبریدهای آندیژنا× توبروزوم بودند. عملکرد و ماده خشک آندیژنای گزینش شده بهتر از آزادگرده افشان‌های توبروزوم و آندیژنای گزینش نشده بود.

واژه‌های کلیدی: آزاد گرده‌افشان، بذر حقیقی سیب‌زمینی، زیرگونه، غده.

استناد: پناهنده، ج.، مطلبی‌آذر، ع. و مسیحا، س. (۱۴۰۰). مقایسه‌ی عملکرد نشاهای حاصل از هیبریدهای توبروزوم× توبروزوم با هیبریدهای آندیژنا× توبروزوم در سیب‌زمینی. *علوم سبزی‌ها*، ۱۰(۲)، ۱۰۴-۹۳.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

ایران با تولید بیش از پنج میلیون تن سیب‌زمینی جایگاه سیزدهم در تولید این محصول را دارا می باشد (FAO, 2019). این در حالی است که ارقام مورد کشت در کشورمان تقریباً همگی ارقام وارداتی هستند و تا دو دهه اخیر فعالیت اصلاحی مؤثر در تولید ارقام ملی صورت نگرفته بود، خوشبختانه در دو دهه اخیر فعالیت‌های اصلاحی در این محصول صورت گرفته و منجر به معرفی ارقام داخلی نیز شده است (Hassanpanah *et al*., 2011).

سیب‌زمینی از جمله محصولاتی است که عملکرد و بسیاری دیگر از خصوصیات مهم زراعی و کیفی آن تحت تأثیر هتروزیگوتی و نیز به‌شدت متأثر از اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشد (Bradshaw & Bonierbale, 2010; Muthoni *et al*., 2015) و این امر توجه به توسعه ارقام ملی و محلی را برجسته می‌نماید. از سوی دیگر اصلاح سیب‌زمینی با مانع و سدی به‌نام گستره محدود ژنتیکی مواجه است. به‌طوری‌که اذعان می‌شود که در ۱۰۰ سال گذشته به‌دلیل همین مسئله برنامه‌های بسیار متمرکز اصلاح سیب‌زمینی در ایالت متحده آمریکا پیشرفت چندانی نداشته است. این در حالی است که سیب‌زمینی از تعداد بسیار زیادی گونه خویشاوند برخوردار است که می‌توانند برای افزایش غنای آللی و توسعه پایه ژنتیکی این محصول مورد استفاده قرار گیرند (Hirrano & Niino, 2017; Bradshaw & Bonierbale, 2010; Jansky *et al*., 2014). یکی از نزدیک‌ترین ژنیتورهای سیب‌زمینی تجاری زیرگونه آندیزنا است و همان‌گونه که از نام آن پیداست پراکنش آن در دامنه رشته‌کوه آند در آمریکای‌جنوبی است این زیرگونه از جهات مختلف با سیب‌زمینی تجاری متفاوت می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به رفتار فتوپریودی آن از جهت غده‌زایی، مورفولوژی و نیز تفاوت در نوع سیتوپلاسم (ژنوم سیتوپلاسمی) اشاره کرد. با این همه به سهولت با سیب‌زمینی تجاری تلاقی‌پذیر بوده و تنوع ژنتیکی گسترده آن مورد توجه اصلاح‌گران سیب‌زمینی است (Hosaka & Sanetomo, 2020).

استفاده از بذر حقیقی سیب‌زمینی توان غلبه بر برخی از محدودیت‌های تولید سیب‌زمینی (عمدتاً در نتیجه گسترش بیماری‌ها به‌دلیل تکثیر جنسی) در کشورهای در حال‌توسعه را دارا می‌باشد. در دهه‌های اخیر بعضی کشورها با موفقیت از این رهیافت برای تولید محصول تجاری استفاده کرده‌اند و رهیافت اصلاحی جدیدی که شروع شده می‌تواند آن را در آینده نزدیک به روش تجاری عمده تولید سیب‌زمینی تبدیل نماید (Almekinders *et al*., 2009; Mihaela *et al*., 2012; Lindhout *et al*., 2011; De Vries *et al*., 2016).

ارقام کلونال سیب‌زمینی غالباً بسیار هتروزیگوت اما کاملاً یکنواخت می‌باشند (Pallais, 1991)؛ اما ارقام بذر حقیقی[1] جوامع غیریکنواختی هستند که ممکن است برای صفات مختلف تفکیک نشان دهند. مهمترین خصوصیات مورد نظر برای ارقام TPS ایده‌آل شامل موارد زیر است (Rowell *et al*., 1986; Golmirzaie & Ortiz, 2002):

۱) توده بذری باید مرکب از نسبت زیادی از ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا باشد.

۲) جمعیت باید یکنواخت باشد و برای رنگ، شکل و اندازه غده تفکیک زیادی نشان ندهد.

۳) درصد زیادی از افراد جمعیت می‌بایست مقاوم به بیماری‌های مهم رایج در منطقه باشند.

برای رسیدن به این اهداف چند رهیافت برای اصلاح ارقام TPS پر محصول و یکنواخت ارائه شده که یکی از آن‌ها استفاده از هیبریدهای بین نئوتروبروزوم‌ها و توبروزوم‌ها است. نئوتروزوم جمعیت‌هایی هستند که از طریق اصلاح جمعیت و سازگارسازی زیرگونه آندیژنا به شرایط روزبلندی پدید آمده‌اند (Hosaka & Sanetomo, 2020). از چند سال قبل برنامه اصلاح جمعیت زیرگونه آندیژنا برای سازگاری به شرایط روزبلندی در گروه علوم باغبانی دانشگاه تبریز شروع و

1 .True Potato Seed cultivars

چندین کلون با غده‌دهی نسبتاً خوب از این برنامه گزینش شده است.

با توجه به مشکلاتی که در زمینه تأمین بذر سالم سیب‌زمینی در کشور وجود دارد و یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها برای تولید غده بذری سالم استفاده از بذر حقیقی سیب‌زمینی به‌منظور تولید غده‌های نشایی است این آزمایش به‌منظور استفاده از رهیافت سوم و ارزیابی کلون‌های گزینش شده آندیژنا در تلاقی با توبروزوم‌ها به‌منظور تولید بذر حقیقی برای تولید غده بذری سالم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

جمعیت آندیژنای گزینش شده

این آزمایش در سال ۱۳۸۳ انجام گرفت البته بذور اولیه جمعیت آندیژنای (Adg) مورد استفاده در گزینش چندین سال قبل از بانک‌های ژن آلمان GLK و بانک ژن مشترک آلمان- هلند CGN دریافت شده بود. این جمعیت سه نسل تحت گزینش برای غده‌زایی در شرایط روزبلندی در ایستگاه تحقیقاتی آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز بودند.

غده بذری ارقام توبروزوم

غده بذری چهار رقم تجاری شامل پیکاسو (Pic)، مورن (Mor)، ساتینا (Sat) و دیاموند (Dia) از ایستگاه تحقیقات کشاورزی تجرک همدان تهیه گردید.

تولید بذر حقیقی هیبرید

برای دورگ‌گیری و تولید بذر هیبرید، بوته‌های ارقام مادری ابتدا در گلخانه روی پایه‌های گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) پیوند و سپس به مزرعه انتقال داده شدند، گرده از والدین نر با تکان‌دادن گل‌ها درون میکروتیوب جمع‌آوری شد. کلاله گل‌های والد مادری که یک روز قبل اخته شده بودند، با فرو بردن در میکروتیوب محتوی دانه‌های گرده، گرده‌افشانی می‌شدند. در تلاقی‌هایی که آندیژنا به‌عنوان والد نر در نظر گرفته شده بود، گرده به‌صورت بالک از ۱۰ کلون آندیژنا (که در تحت شرایط روزبلندی سه نسل گزینش بودند)، جمع‌آوری شده بود. در نهایت بذر از تلاقی‌های زیر به‌دست آمد:

Pic× Adg, Mor× Adg, Sat× Adg, Dia× Adg, Pic× Sat, Pic× Dia, Pic× Mor, Sat× Mor, Sat×Dia

که همراه با خانواده‌های حاصل از آزاد گرده‌افشان‌های جمعیت آندیژنای گزینش شده و گزینش نشده و آزاد گرده‌افشان‌های رقم پیکاسو مورد مقایسه قرار گرفتند.

مقایسه خانواده‌ها

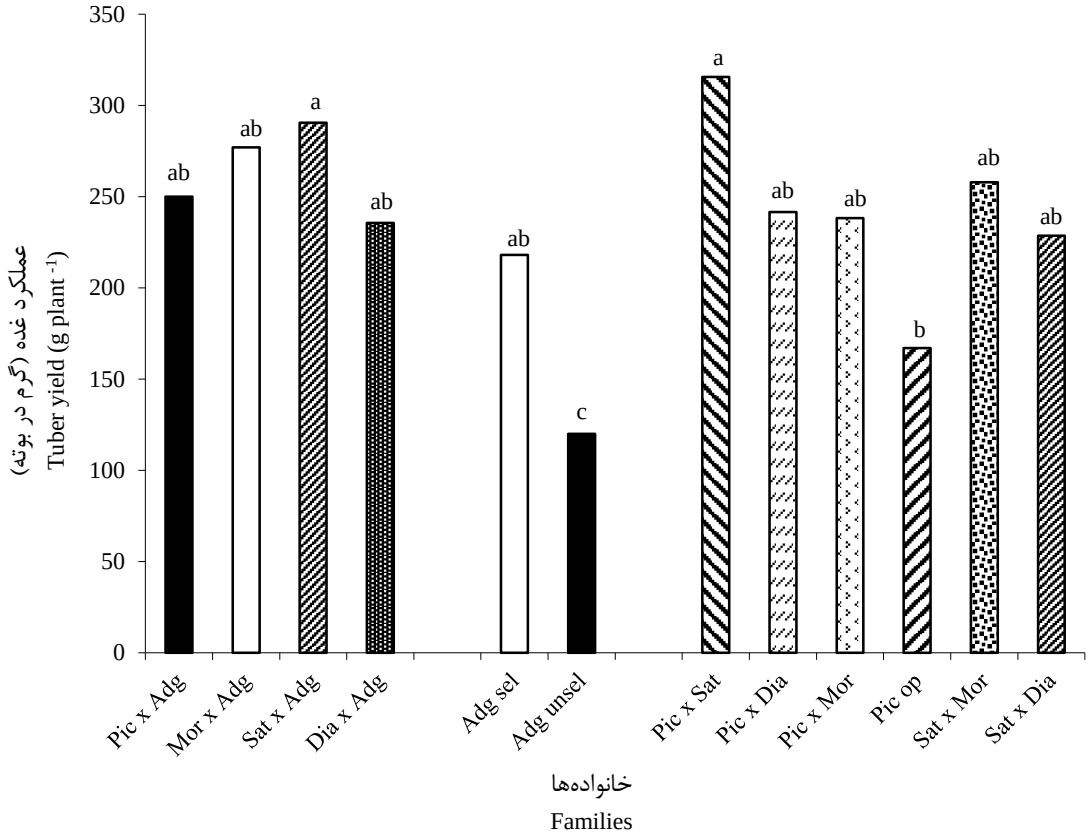
بذرهای حقیقی در اوایل فروردین‌ماه پس از تیمار با اسید جیبرلیک ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام، در خزانه هوای آزاد کشت شدند و در اواسط خردادماه نشاهای حاصله در زمین اصلی به فواصل ۲۵×۷۵ مترمربع کشت شدند. جهت مقایسه خانواده‌ها از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. هر کرت شامل سه ردیف و هر ردیف شامل ۱۰ بوته بود. مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری، خاک‌دهی پایه بوته و کوددهی مطابق روش‌های مرسوم زراعی در تولید این محصول انجام گرفت. برداشت در اواسط مهرماه انجام و صفاتی نظیر تعداد غده، میانگین وزن غده، ماده خشک غده (با قرار دادن غده‌های برش‌خورده درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن)، بازارپسندی (شکل ظاهری غده) بر مبنای نمره‌دهی از یک (بازارپسندی کم) تا پنج (بازارپسندی بالا) و عملکرد کل در بوته اندازه‌گیری شدند.

پس از بررسی فرضیات تجزیه واریانس، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. همچنین برای مقایسه خانواده‌های حاصل از زیرگونه توبروزوم با خانواده‌های که دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا بودند تجزیه ارتوگونال انجام گرفت و همبستگی بین صفات با نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد غده

شکل ۱ مقایسه میانگین خانواده‌ها برای عملکرد غده را نشان می‌دهد همان‌گونه که مشاهده می‌شود خانواده‌های پیکاسو× ساتینا، ساتینا× آندیژنا و به‌دنبال آن‌ها مورن× آندیژنا و ساتینا× مورن از بیشترین عملکرد و خانواده‌های مربوط به آزاد گرده‌افشان‌های پیکاسو و آندیژنای گزینش نشده کمترین عملکرد را داشتند. نکته جالب این است که عملکرد آندیژنای گزینش شده به‌میزان قابل‌توجهی نسبت به آندیژنای گزینش نشده و حتی آزاد گرده‌افشان‌های پیکاسو بیشتر بوده و مشابه بسیاری از هیبریدهای توبروزوم× آندیژنا است.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد کل غده سیب‌زمینی در خانواده‌های بذر حقیقی مورد مقایسه

Figure 1- Comparison of the average total tuber yield of the true Potato seed families compared

زیرگونه آندیژنا نزدیک‌ترین ژنیتور به سیب‌زمینی زراعی بوده و استفاده از تنوع ژنتیکی و بهره‌مندی از اثرات هتروزیس در نتاج حاصل از تلاقی آندیژنا و توبروزوم مورد توجه اصلاحگران این محصول است (Tarn & Tai, 1983; Rowell *et al*., 1986). عدم غده‌دهی زیرگونه آندیژنا در عرض‌های جغرافیایی بالا و نیز برخی خصوصیات زراعی نامطلوب استفاده مستقیم آن در اصلاح سیب‌زمینی را محدود می‌سازد به همین دلیل برای بهره‌گیری از این ژرم‌پلاسم اصلاحگران سیب‌زمینی پیش‌اصلاح[1] از طریق گزینش در جمعیت‌های آندیژنا را انجام می‌دهند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که گزینش دوره‌ای برای سازگارسازی زیرگونه آندیژنا به شرایط روزبلندی کاملاً مؤثر بوده است به‌طوری‌که سه نسل گزینش باعث تغییر محسوس در رفتار فتوپریودی زیرگونه آندیژنا شده و عملکرد و تعداد غده این خانواده نسبت به آندیژنای گزینش نشده به‌طور

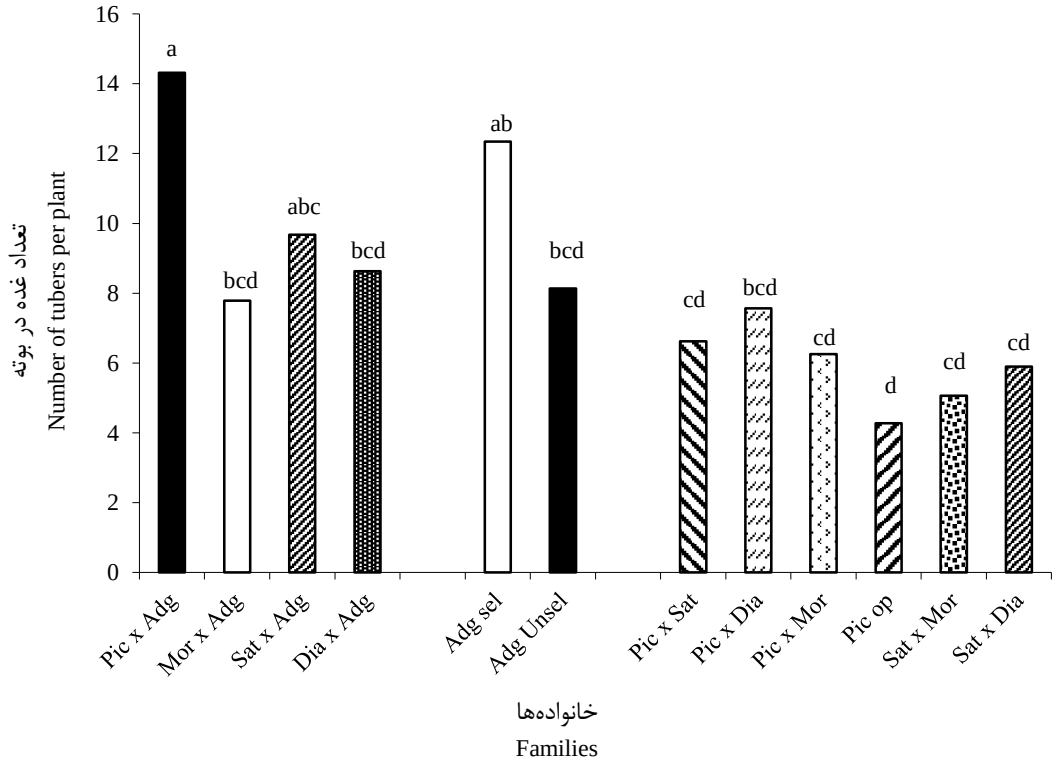
1 .Pre-breeding

معنی‌داری بهبود یافته است و عملکرد آن حتی نسبت به عملکرد آزاد گرده‌افشان‌های رقم تجاری پیکاسو نیز برتر می‌باشد.

در منابع عملکردهای بسیار متفاوتی برای نتاج حاصل از بذر حقیقی سیب‌زمینی گزارش می‌شود که می‌تواند به‌دلیل تفاوت‌های موجود در ژرم‌پلاسم به‌کار رفته در آزمایشات و اختلافات محیطی باشد برای نمونه Caliskan و همکاران (۲۰۰۹) برای چند خانواده از بذر حقیقی تولیدی شرکت «بجو (Bejo)» در یک منطقه ترکیه عملکرد ۴۳-۶۳ تن در هکتار در حالی‌که در منطقه دیگر ۱۹-۱۵ تن را گزارش نمودند. Nizamudin و همکاران (۲۰۱۰) برای دو خانواده از هیبرید های معرفی شده توسط مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی عملکرد بسیار خوب ۴۳ تن در هکتار را گزارش کردند که از رقم شاهد با تکثیر کلونال نیز بالاتر بود. Panahandeh و همکاران (۲۰۱۵) برای هیبریدهای ساوالان× آگریا میانگین عملکرد بالای ۵۰۰ گرم در بوته را گزارش کردند.

تعداد غده در هر بوته

تجزیه واریانس این صفت در خانواده‌های مورد بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین خانواده‌ها از لحاظ تعداد غده در هر بوته وجود دارد، به‌طوری‌که حداکثر تعداد غده در نتاج حاصل از تلاقی پیکاسو× آندیژنا و کمترین آن در آزاد گرده‌افشان‌های پیکاسو مشاهده گردید. تعداد غده در آندیژنای گزینش شده بیشتر از جمعیت گزینش نشده بود اگرچه این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقایسه نتاج دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا با ژرم‌پلاسم توبروزوم نشان می‌دهد که در مجموع نتاج دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا از تعداد غده بیشتری برخوردار می‌باشند (شکل ۲). برخی از کلون‌های مربوط به هیبریدهای توبروزوم در آندیژنا در نسل کلونال اول نیز از نظر این صفت برتری خود را حفظ و همردیف یا برتر از ارقام تجاری شاهد نشان دادند (Alizadeh, 2011).



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد غده سیب‌زمینی در خانواده‌های بذر حقیقی مورد مقایسه

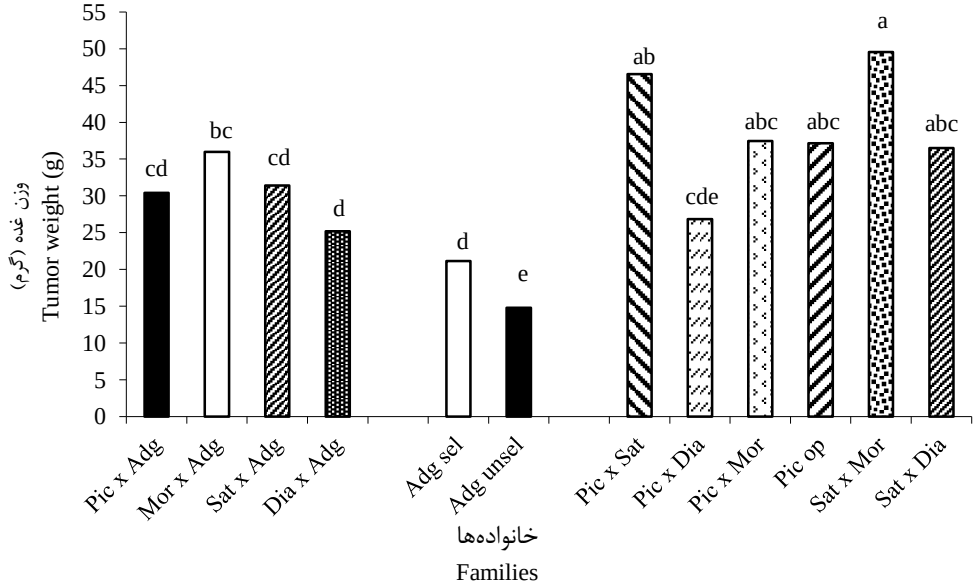
Figure 2- Comparison of the average number of tubers in the true Potato seed families compared

تعداد غده از اجزا مهم عملکرد در سیب‌زمینی می‌باشد با اینکه همیشه بالا بودن تعداد غده نمی‌تواند معادل با افزایش عملکرد اقتصادی در محصول باشد و تعداد زیاد غده می‌تواند همراه با اندازه کوچک غده باشد. اما اینکه هیبریدهای پیکاسو در ساتینا با اینکه جزء خانواده‌های با کمترین تعداد غده می‌باشند اما از بالاترین عملکرد برخوردار هستند. Plaisted و همکاران (۲۰۱۹) با انجام شش نسل از گزینش در آندیژنا برای سازگاری به شرایط روزبلندی تغییرات معنی‌دار در عملکرد را گزارش کردند و مؤثرترین عامل در این تغییرات را در درجه اول به بهبود درصد غده‌زایی مربوط دانستند. در آندیژناهای مورد بررسی ما نیز همان‌گونه که مشاهده می‌شود (شکل ۱). عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته ولی از نظر تعداد غده با وجودی که آندیژنای گزینش شده از تعداد غده بیشتری نسبت به گزینش نشده برخوردار است ولی به لحاظ آماری این تفاوت معنی‌دار نیست این امر می‌تواند به‌دلیل کوتاه بودن دوره گزینش (سه سال) باشد.

وزن غده

اختلاف معنی‌داری بین خانواده‌های مورد بررسی از لحاظ میانگین وزن غده وجود داشت و حداکثر وزن غده مربوط به نتاج حاصل از تلاقی Mor×Sat و Pic×Sat بود. همچنین وزن غده دو خانواده حاصل از تلاقی رقم ساتینا (Dia×Sat و Adg×Sat) هم نسبتاً بالا بود (شکل۳). مقایسه خانواده‌های واجد ژرم‌پلاسم آندیژنا با خانواده‌های حاصل از توبروزوم نشان‌دهنده این واقعیت است که توبروزوم‌ها به‌طور معنی‌داری در مقایسه با آندیژناها از غده‌های بزرگتری برخوردار هستند.

وزن غده در نتاج حاصل از تلاقی آندیژنا با ارقام اصلاح شده تقریباً یکسان است با توجه به این‌که ارقام اصلاح شده در مقایسه با کلون‌های آندیژنا از وزن غده بالایی برخوردار هستند بنابراین تلاقی ارقام اصلاح شده با آندیژنا باعث افزایش وزن غده گردیده است. این افزایش وزن غده مؤید نقش زمینه ژنتیکی ارقام اصلاح شده در تلاقی با آندیژنا می‌باشد. به‌طوری‌که مشاهده می شود وزن غده آندیژنای گزینش شده در مقایسه با جمعیت اولیه افزایش معنی‌داری پیدا کرده است و نشان می‌دهد که سه نسل از گزینش باعث تغییر محسوس در میانگین وزن غده‌ها شده است. تعدادی از کلون‌های انتخابی از میان این هیبریدها میانگین وزن غده‌ای معادل یا بیشتر از ارقام تجاری را در نسل کلونال اول نشان دادند (Alizadeh, 2011). Plaisted و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که بعد از صفت درصد غده‌زایی افزایش میانگین وزن غده‌ها مهمترین عامل در ارتقاء عملکرد و سازگاری زیرگونه آندیژنا می‌باشد.

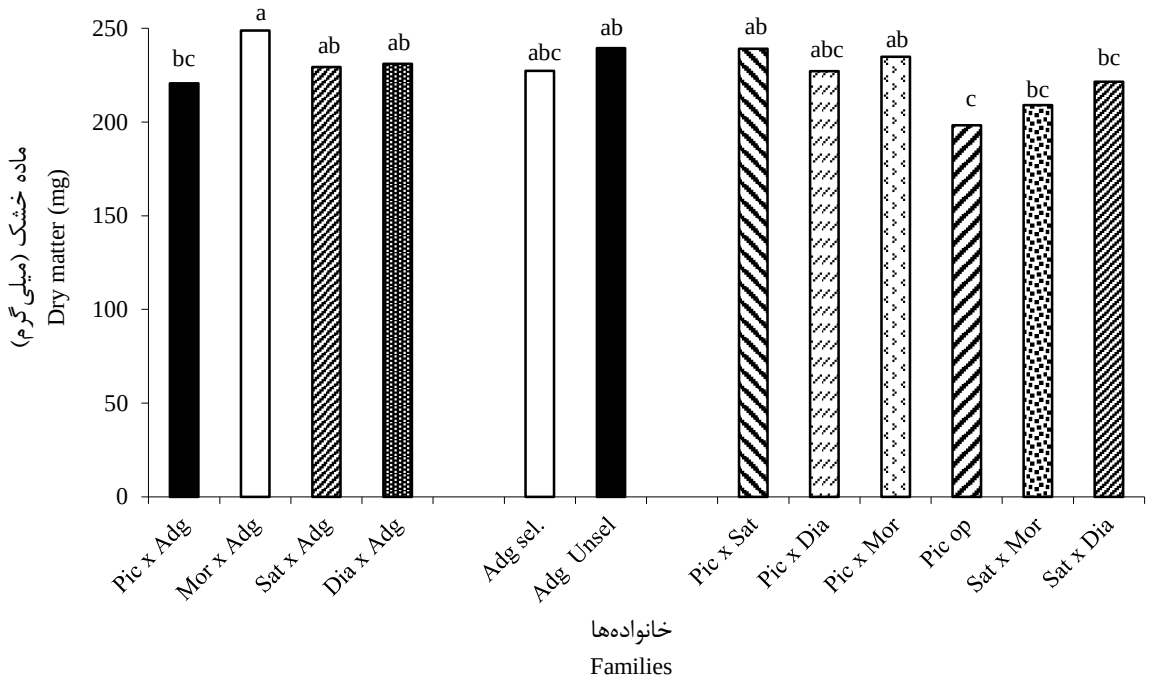


شکل ۳- مقایسه میانگین وزن غده سیب‌زمینی در خانواده‌های بذر حقیقی مورد مقایسه

Figure 3- Comparison of mean tuber weight of true Potato seed families compared.

ماده خشک

تجزیه واریانس اختلافات معنی‌داری را بین خانواده‌ها از لحاظ ماده خشک نشان داد. ماده خشک یکی از صفات مهم کیفی غده سیب‌زمینی بوده که مقدار آن نقش مهمی در نوع کاربری محصول برای فرآوری دارد. حداکثر ماده خشک تولیدی در نتاج حاصل از تلاقی Mor×Adg و کمترین مقدار به آزاد گرده‌افشان‌های پیکاسو مربوط بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین ماده خشک غده سیب‌زمینی در خانواده های بذر حقیقی مورد مقایسه

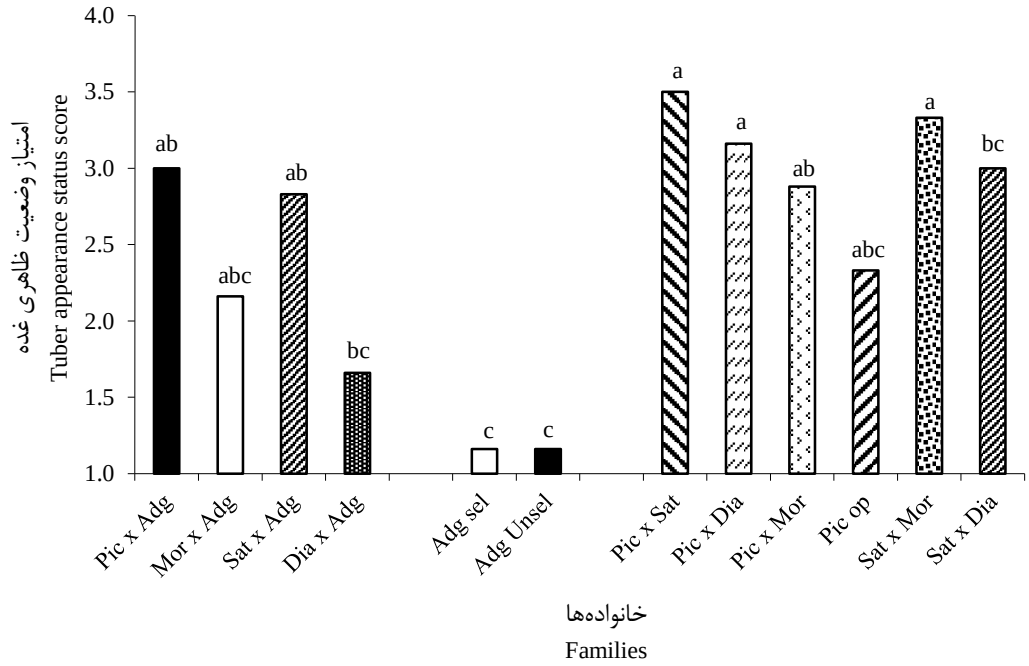
Figure 4- Comparison of mean tuber dry matter in true Potato seed families compared

شاخص بازارپسندی خانواده‌های مورد بررسی

اختلاف معنی‌داری از نظر صفت شاخص بازارپسندی (وضعیت ظاهری غده به‌ویژه شکل غده و عمق چشم) در بین خانواده‌های مورد بررسی وجود دارد همان‌گونه که انتظار می‌رفت حداکثر شاخص بازارپسندی در نتاج حاصل از تلاقی ارقام زراعی (توبروزوم× توبروزوم) مشاهده می‌شود (شکل ۵). با این‌حال برخی از خانواده‌های حاصل از تلاقی توبروزوم× آندیژنا نیز وضعیت ظاهری غده خوبی داشتند و به‌طرز محسوسی وضعیت ظاهری غده آن‌ها نسبت به آندیژنای گزینش شده و گزینش نشده بهبود یافته بود.

برخلاف عملکرد، میانگین وزن غده و غده‌زایی، وضعیت ظاهری و بازارپسندی غده در آندیژنای گزینش شده نسبت به جمعیت گزینش نشده هیچ تفاوت محسوسی نداشت. این امر دور از انتظار نبود چرا که به‌دلیل ضعف غده‌بندی در جمعیت اولیه فشار گزینش عمدتاً روی غده‌بندی متمرکز شده بود. این نتیجه گویای این حقیقت است که ژن‌های کنترل‌کننده واکنش فتوپریودی آندیژنا از نظر غده‌زایی کاملاً مستقل از ژن‌های مربوط به خصوصیات ظاهری غده است. پاسخ ضعیف به بهبود خصوصیات ظاهری غده در اصلاح جمعیت و سازگارسازی به شرایط روزبلندی در میان گونه‌های زراعی اولیه و گونه‌های وحشی دیپلوئید سیب‌زمینی نیز گزارش شده (Bradshaw & Bonierbale, 2010) و به‌نظر می‌رسد که مشکل رایج در استفاده از ژرم‌پلاسم خویشاوندان وحشی در این محصول می‌باشد. هر چند Panahandeh و همکاران (۲۰۱۵) در نتاج حاصل از هیبریدهای گونه وحشی

استولونیفروم و سیب‌زمینی زراعی کلون‌هایی با وضعیت ظاهری مشابه با توبرزوم‌ها را گزارش کردند. شاید برای بهبود خصوصیات ظاهری نیاز به گزینش مستقل برای این صفت باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین وضعیت ظاهری غده سیب‌زمینی در خانواده های بذر حقیقی مورد مقایسه

Figure 5- Comparison of the average appearance of tubers in true Potato seed families compare

جدول ۱ نتایج تجزیه‌اورتوگونال خانواده‌های توبروزوم خالص و خانواده‌های دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که‌مشاهده می‌شود به‌غیر از درصد ماده خشک‌در سایر صفات تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود دارد‌واز‌نظر‌عملکرد‌و‌تعداد‌غده‌خانواده‌های‌دارای‌ژرم‌پلاسم آندیژنا برتر از توبروزوم‌های محض هستند ولی به لحاظ متوسط وزن غده و وضعیت ظاهری غده‌توبروزوم‌های محض برتر از خانواده‌های دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا بودند.

جدول ۱- نتایج تجزیه اورتوگونال بین خانواده‌ها

Table 1- Results of orthogonal analysis between families

خانواده‌ها Families	عملکرد غده Tuber yield	تعداد غده در بوته Number of tubers per plant	متوسط وزن غده Average tuber weight	امتیاز وضعیت ظاهری غده Tuber appearance status score	متوسط ماده خشک The average dry matter
Tuberosum× Tuberosum	256.3[b]	30.74[b]	6.28[b]	4.58[a]	22.6[a]
Tuberosum× Andigena	263.3[a]	39.36[a]	10.10[a]	3.41[b]	23.24[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P<0.05).

مقایسات اورتوگونال تفاوت معنی‌دار بین دو گروه از خانواده‌ها (توبروزوم در مقابل آندیژنا) را برای صفاتی نظیر عملکرد، متوسط وزن غده، تعداد غده و وضعیت ظاهری غده نشان داد به‌نحوی‌که از نظر عملکرد و تعداد غده خانواده‌های دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا برتر از توبروزوم‌های محض هستند ولی در صفات متوسط وزن غده و وضعیت ظاهری غده توبروزوم‌ها برتر از خانواده های دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا بودند. Tarnو Tai

(۱۹۸۳) نیز نتایج بسیار مشابه به این را قبلاً گزارش کرده‌اند. این نتیجه مؤید تأثیر بیشتر هتروزیس در عملکرد سیب‌زمینی است در عین‌حال نشان می‌دهد که خصوصیات ظاهری و بازارپسندی غده کمتر تحت چنین اثری بوده‌اند چرا که خصوصیات ظاهری غده در هیبریدها کماکان ضعیف‌تر از توبروزوم‌ها بود.

همبستگی صفات

جدول ۲ نتایج مـربوط به ارزیابی همبـستگی بین صفات مورد مطالعه در میان خانواده‌های بذر حقیقی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همبستگی مثبت معنی‌داری بین عملکرد با تعدا غده و وزن غده وجود دارد. همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد غده و وزن غده مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد با افزایش تعداد غده میانگین وزن غده‌ها کاهش خواهد داشت. مقدار ماده خشک با وزن غده نیز دارای همبستگی منفی بودند.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 2- The correlation coefficient between studied characters

صفات Traits	عملکرد غده Tuber yield	تعداد غده Tuber number	وزن غده Tuber weight	ماده خشک غده Tuber dry matter
عملکرد غده Tuber yield	1			
تعداد غده Tuber number	0.847*	1		
وزن غده Tuber weight	0.614*	-0.527*	1	
ماده خشک غده Tuber dry matter	0.350ns	0.154ns	-0.472*	1

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

*: Significant at 5 probability levels; ns: non significant

روابط همبستگی برخی صفات به‌خوبی در سیب‌زمینی نظیر رابطه مثبت تعداد و وزن غده با عملکرد به‌خوبی شناخته شده است (Khayatnezhad *et al*., 2011). یکی از نتایج کمی مغایر با برخی نتایج منتشره در این ارتباط مربوط به همبستگی منفی بین ماده خشک و وزن غده در این مطالعه می‌باشد. برای مثال Khayatnezhad و همکاران (۲۰۱۱) رابطه مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک و میانگین وزن غده را گزارش کرده‌اند. البته متاسفانه این مؤلفان روشن نکرده‌اند که ماده خشک ذکر شده در گزارش ایشان مربوط به غده است یا ماده خشک کل بوته می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

پیشرفت در اصلاح سیب‌زمینی در مقایسه با محصولات دیگر کند می‌باشد و دست‌آورد اصلاحی سیب‌زمینی به‌دلایلی از جمله گستره ژنتیکی محدود چندان زیاد نمی‌باشد (Jansky *et al*., 2014) زیرگونه آندیژنا به‌دلیل سطح پلوئیدی یکسان با ارقام تجاری وجود تنوع گسترده در آن‌ها و برخورداری از صفات ارزشمند از اولین گزینه‌ها برای افزایش کارآیی اصلاح این محصول است. سه نسل از گزینش دوره‌ای برای غده‌دهی در شرایط روزبلندی به‌طور محسوسی منجر به افزایش غده‌بندی و عملکرد در زیرگونه آندیژنا شد اما تقریباً هیچ بهبودی در خصوصیات ظاهری غده به همراه نداشت. بنابراین باید در ادامه گزینش، همراه با صفات غده‌بندی و عملکرد وضعیت ظاهری غده نیز لحاظ شود. مقایسات اورتوگونال برتری خانواده‌های دارای ژرم‌پلاسم آندیژنا از نظر عملکرد و تعداد غده در مقایسه با توبرزوم‌ها را نشان داد. بنابراین با توجه به تنوع گسترده در این زیرگونه و وجود ژن‌های مختلف مقاومت به برخی از آفات و بیماری‌های جدی سیب‌زمینی در آن‌ها و از سوی دیگر یکسان بودن سطح پلوئیدی آن‌ها با

سیب‌زمینی تجاری استفاده از این زیرگونه برای ایجاد جمعیت‌های با پایه ژنتیکی گسترده می‌تواند روشی آسان و کم‌هزینه در اصلاح این محصول باشد.

سپاسگزاری

بذر اولیه زیر گونه آندیژنا توسط بانک‌های ژن لوئزویتز آلمان (GLK) و بانک ژن مشترک آلمان- هلند (CGN) و غده‌های بذری ارقام تجاری نیز از طریق مرکز تحقیقات کشاورزی تجرک همدان تأمین شده بود که بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه آن‌ها قدردانی می‌شود.

References

- Alizadeh, S. (2011). *Evaluation of agronomic and reproductive characteristics of some Potato (Solanum tuberosum L.) hybrids*. Ms thesis, Agronomic, Faculty of Agricultural, University of Tabriz. Iran. (In Persian)
- Almekinders, C. J. M., Chujoy, E. & Thiele, G. (2009). The use of true Potato seed as pro-poor technology: the efforts of an international agricultural research institute to innovating potato production. *Potato Research*, 52(4), 275-293.
- Bradshaw, J. E., & Bonierbale, M. (2010). *Potatoes. In Root and tuber crops*. Springer, New York, NY.
- Caliskan, M. E., Kusman, N. & Caliskan, S. (2009). Effects of plant density on the yield and yield components of true Potato seed (TPS) hybrids in early and main crop potato production systems. *Field Crops Research*, 114(2), 223-232.
- De Vries, M., Maat, M. & Lindhout, P. (2016). The potential of hybrid Potato for East-Africa. *Open Agriculture*, 1, 151-156.
- Food and Agriculture Organization. (2019). *Biodiversity: Agricultural Biodiversity in FAO*. Retrieved 2019, from http://www.fao.org/biodiversity.
- Golmirzaie, A. & Ortiz, R. (2002). Inbreeding and true seed in tetrasomic potato. IV: Synthetic cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 104, 161-164.
- Hassanpanah, D., Hassanabadi, H. & Azizi Chakherchaman, S. H. (2011). Evaluation of cooking quality characteristics of advanced clones and Potato cultivars. *American Journal of Food Technology*, 6(1), 72-79.
- Hirano, R. M. and Niino, T. (2017). Potato genetic resources. In: S. K. Chakrabarti (ed.), *The Potato Genome*. (pp. 103-190). Springer International Publishing.
- Hosaka, K. & Sanetomo, R. (2020). Broadening genetic diversity of the Japanese Potato gene pool. *American Journal of Potato Research*, 97(2), 127-142.
- Jansky, S. H., Chung, Y. S. & Kittipadukal, P. I. Y. A. (2014). M6: a diploid potato inbred line for use in breeding and genetics research. *Journal of Plant Registrations*, 8(2), 195-199.
- Khayatnezhad, M., Shahriari, R., Gholamin, R., Jamaati-e-Somarin, S. & Zabihi-e-Mahmoodabad, R. (2011). Correlation and path analysis between yield and yield components in Potato (*Solanum tubersum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7(1), 17-21.
- Lindhout, P., Meijer, D., Schotte, T., Hutten, R. C., Visser, R. G. & van Eck, H. J. (2011). Towards F1 hybrid seed Potato breeding. *Potato Research*, 54(4), 301-312.
- Mihaela, C., Anca, B., Andreea, N. & Monica, P. (2012). Production of seedling tubers from true potato seed (TPS) in protected area. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 16(4), 136-141.
- Muthoni, J., Kabira, J., Shimelis, H. & Melis, R. (2015). Tetrasomic inheritance in cultivated potato and implications in conventional breeding. *Australian Journal of Crop Science*, 9(3), 185-190.
- Nizamuddin, M. Q., Mirza, B., Shakirullah, M. A., Ahmad, S., Din, M.,

Hussain, I. & Baig, D. (2010). Yield performance of true potato seeds (TPS) hybrids under climatic conditions of Northern Areas. *Sarhad Journal of Agricultural*, 26(2), 241-244.

- Pallais, N. (1991). True potato seed: changing Potato propagation from vegetative to sexual. *Horticultural Science*, 26(3), 239-241.
- Panahandeh, J., Azizi, M., Emaratpardaz, J., Motallebi Azar, A. R. & Zare Nahandi, F. (2015). Evaluation of tuber yield, vegetative traits and pollen stainability in six families of true Potato seeds. *Journal of Agriculyural Science and Sustainable Production*, 25(1), 165-177. (In Persian)
- Plaisted, R. L., Thurston, H. D. & Brodie, B. B. (2019). The creation of a Neotuberosum population and its incorporation into a Potato breeding program. *American Journal of Potato Research*, 96(6), 605-609.
- Rowell, A. B., Ewing, E. E. & Plaisted, R. L. (1986). General combining ability of Neo-Tuberosum for Potato production from true seed. *American Potato Journal*, 63(3), 141-153.
- Tarn, T. R. & Tai, G. C. C. (1983). *Tuberosum* x *Tuberosum* and *Tuberosum* x Andigena Potato hybrids: comparisons of families and parents, and breeding strategies for Andigena Potatoes in long-day temperate environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 66(1), 87-91.