

تلاقی پذیری بین ارقام تجاری و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی

Crossability Between Commercial Cultivars and Promising Clones of Potato

بهرام دهدار^۱، جابر پناهنده^۲ و علیرضا مطلبی آذر^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۱

چکیده

دهدار، ب.، پناهنده، ج. و مطلبی آذر، ع. ۱۳۹۶. تلاقی پذیری بین ارقام تجاری و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی. *مجله به‌نژادی نهال و بذر* ۳۳-۱: ۱۰۷-۹۳. [10.22092/spij.2017.113591](https://doi.org/10.22092/spij.2017.113591)

در تلاقی‌های بین گونه‌ای و داخل گونه‌ای ممکن است موانع پیش‌تخمی مثل ناسازگاری بین دانه‌گرده و خامه و کلاله وجود داشته باشد و در حالتی که یک والد به عنوان نر و یا ماده انتخاب می‌شود این ناسازگاری ممکن است از بین برود. در این آزمایش بررسی هفت رقم تجاری و پرمحصول سیب‌زمینی به نام‌های آگریا، ساوالان، پیکاسو، کایزر، دایفلا، ساتینا و لوکا با یازده کلون پیشرفته سیب‌زمینی در تابستان سال ۱۳۹۳ به صورت متقابل در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل با هدف تولید بذر حقیقی هیبرید ارزان تلاقی داده شدند و بهترین ارقام و کلون‌ها هنگامی که به عنوان والد ماده و یا والد نر بودند تعیین شدند. نتایج دو روش آزمایش باروری کرده نشان داد که ارقام آگریا، لوکا و کلون‌های AS10 و AS72 نر عقیم بودند، بنابراین زمانی که به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند هیچ میوه‌ای تشکیل نشد. در بیشتر موارد هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند تعداد میوه و بذر، وزن بذر، کارایی تلاقی، درصد جوانه‌زنی بذرهای حقیقی تولیدشده و قدرت و یکنواختی رشد گیاهچه‌ها بیشتر و بهتر بود. هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده و کلون‌ها به عنوان والدین نر منظور شدند ارقام ساوالان، کایزر و لوکا از نظر صفات مورد بررسی نسبت به بقیه ارقام وضعیت بهتری داشتند. هنگامی که کلون‌ها والد نر و ارقام تجاری والد ماده بودند، کلون‌های HS و UT42 نسبت به کلون‌های دیگر از نظر میزان تشکیل بذر، کارایی تلاقی، درصد جوانه‌زنی و وزن یک صد دانه وضعیت بهتری داشتند. هنگامی که ارقام تجاری در تلاقی‌ها به عنوان والدین نر و کلون‌ها والدین ماده بودند، کلون‌های AS72 و AS10 از نظر صفات ذکر شده نسبت به بقیه کلون‌ها بهتر بودند.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، ارقام، کلون‌ها، تلاقی پذیری، بذر حقیقی.

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) چهارمین محصول عمده جهان بعد از گندم، برنج و ذرت است. روش تکثیر مرسوم سیب‌زمینی از طریق کاشت غده‌های بذری است، این روش تکثیر با وجود یکنواختی، رشد اولیه قوی و برخی مزایای دیگر را در تولید این محصول مهم غذایی به همراه دارد اما معایبی از جمله هزینه بالای تامین غده بذری سالم، زیر خاک کردن بیش از ۳ تن ماده غذایی ارزشمند به ازای هر هکتار، و گسترش بیماری‌ها و پس‌روی ژنتیکی ارقام را نیز موجب می‌شود (Almekinders *et al.*, 2009). روش جایگزین برای تکثیر غیرجنسی، تکثیر جنسی و استفاده از بذر حقیقی سیب‌زمینی (True Potato Seed: TPS) است. در روش تکثیر با بذر حقیقی در مقایسه با تکثیر کلونی، وزن غده‌ها حدود هفتاد هزار برابر بزرگ‌تر از بذر حقیقی است. وزن یک غده حدود ۴۰-۵۰ گرم است ولی ۴۰ گرم بذر حقیقی حدود ۵۶۰۰۰ عدد بذر دارد. بنابراین در کشت مستقیم ۱۶۰ گرم بذر حقیقی و یا در کشت نشایی ۸۰ گرم بذر حقیقی (در مقایسه با ۲ تا ۳ تن غده معمولی) برای کشت یک هکتار سیب‌زمینی کافی است. از دیگر مزایای بذر حقیقی این است که در هر زمان از فصل در دسترس است (Mihala *et al.*, 2012). اگر چه بذر حقیقی سیب‌زمینی از دیرباز برای اصلاح و ایجاد ارقام جدید مورد استفاده به‌نژادگران

هم بوده است، اما در سه دهه اخیر علاوه بر این نوع استفاده، در برخی کشورها با مشارکت مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی (International Potato Center: CIP)، بهره‌گیری از بذر حقیقی برای تولید تجاری محصول یا تولید غده‌های بذری سالم رواج یافته و در حال گسترش است، به طوری که در برخی از کشورها ارقام خاصی با استفاده از بذر حقیقی توسط نهادهای دولتی یا موسسات خصوصی معرفی شده‌اند. در مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی بیش از صد هزار خانواده حاصل از تلاقی‌ها مطالعه و ۳۰ نتاج برتر از والدین مناسب انتخاب و معرفی شده است. در هر هکتار مزرعه سیب‌زمینی می‌توان تا ۲۰۰ کیلوگرم بذر حقیقی تولید کرد. یک شرکت هندی نیالی سالانه حدود ۶۰ تا ۷۰ کیلوگرم بذر حقیقی را به قیمت ارزان به کشاورزان فقیر نیالی می‌فروشد که با این میزان بذر حدود ۷۰۰۰ هکتار مزرعه کشت می‌شود (Almekinders *et al.*, 2009).

باروری ارقام سیب‌زمینی گونه *S. tuberosum* معمولاً کم، هتروزیگوسیتی بالا (بیشتر از ۰/۸) و ناسازگاری بین ارقام نیز در آن بالا است (Ramakrishna *et al.*, 2015). حدود ۲۳۰ گونه سیب‌زمینی وجود دارد که در بسیاری از آن‌ها ژن‌های ارزشمند مقاومت به بیماری‌ها، تحمل به تنش‌ها، صفات فراوری و زراعی مفید دیده می‌شود. ترویج و توسعه استفاده از بذر حقیقی در تولید و پرورش سیب‌زمینی مستلزم وجود ارقام و کلون‌هایی با

باروری جنسی بالا است. تکثیر غیرجنسی و گزینش برای تولید غده که تصور می‌رود با برخی ژن‌های عقیمی پیوستگی دارند موجب شده تا باروری جنسی ارقام تجاری محدود باشد و به همین دلیل بسیاری از ارقام و کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی نرعقیمی را بروز می‌دهند. از نشانه‌های این عقیمی‌ها عدم گلدهی، ریزش جوانه‌های گل، عقیمی گرده و یا تخمک است. عقیمی جنسی یکی از محدودیت‌های مهم در اصلاح سیب‌زمینی است به طوری که باعث مقطوع نسل شدن برخی از ژنوتیپ‌های برتر سیب‌زمینی نظیر رقم راست بوربانک شده است (Dick *et al.*, 2010).

شرایط کشت و پرورش و به خصوص فتوپریود، دما و رطوبت نسبی هوای مطلوب باعث افزایش میزان تشکیل بذر و میوه حقیقی می‌شوند، به طوری که برخی ارقام که از باروری گرده و مادگی کافی برخوردار هستند، در شرایط نسبتاً خنک و رطوبت نسبی کافی به صورت آزاد گرده‌افشان به اندازه کافی میوه و بذر تولید می‌کنند. اگر چه میوه‌های حاصل از آزادگرده‌افشانی ارقام بارور منبع ارزان‌قیمتی برای تولید بذر حقیقی هستند، اما با توجه به این که بذرها حاصل از گرده‌افشانی آزاد به خصوص در مزارع تجاری عمدتاً حاصل خودباروری هستند، و با در نظر گرفتن طبیعت اتوپلی‌پلوئید سیب‌زمینی که به شدت در معرض پس‌روی خویش‌آمیزی است توصیه نمی‌شود. استفاده تجاری از بذر حقیقی عمدتاً بر مبنای

بذر حقیقی هیبرید است تا ضمن افزایش یکنواختی از هتروزیس موجود برای افزایش قدرت رشد و عملکرد نتاج نیز بهره برد (Denis *et al.*, 2016) اما تولید بذر حقیقی هیبرید در مقیاس تجاری مستلزم مهارت و تخصص کافی و هزینه بالایی است. بر اساس برآورد انجام شده در مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی برای تولید یک کیلوگرم بذر حقیقی سیب‌زمینی هیبرید در سطح ۷۵ متر مربع ۲۴ نفر روز کار مورد نیاز است. هزینه اخته کردن ۱۲ درصد و ۴۰ درصد نیز مربوط به انتخاب گل، تهیه گرده و گرده‌افشانی از کل هزینه‌های تولید است. البته در صورت استفاده از ژنوتیپ‌های نرعقیم تا ۶۰ درصد از هزینه تولید بذر حقیقی کاهش می‌یابد (Ortiz and Peloquin, 1991).

در مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی از سال ۱۹۷۹ تحقیقات در زمینه تولید هیبریدهای مناسب بذر حقیقی سیب‌زمینی روی هزاران خانواده انجام می‌شود و تا سال ۲۰۰۹ بیش از ۳۰ هیبرید با والدین برتر و تلاقی‌پذیری مناسب معرفی شده است. در بین این والدین ارقام تجاری آتزیمبا (Atzimba) و سرانا (Serrana) نیز به عنوان والد ماده دیده می‌شوند. در هیبریدهای معرفی شده کارایی تلاقی والدین بالا بوده و تعداد، وزن بذر حقیقی در میوه و درصد جوانه‌زنی بذر بالاتر است. همچنین میزان یکنواختی غده‌های تولیدی و عملکرد غده‌های حاصل از بذر حقیقی مربوط به والدین آتزیمبا و سرانا بالاتر

است (Almekinder, 2009).

با توجه به گستردگی عقیمی به خصوص نرعقیمی در سیب‌زمینی، یافتن کلون‌هایی با تخمک‌های بارور ولی گرده عقیم که در صورت گرده‌افشانی با زنبور با گرده بارور درصد بالایی میوه‌بندی داشته باشند می‌توان با کاشت دو ژنوتیپ، یکی نرعقیم و دیگری گرده‌زا، در کنار هم به منبع ارزان قیمت و روش ساده‌تری برای تولید بذر حقیقی هیبرید دست یافت. بدون تردید این گام نخست در بهره‌برداری از بذر حقیقی در سطح تجاری است و طبیعی است که بذرها تولیدی از چنین والدینی می‌بایست از نظر یکنواختی غده تولیدی، عملکرد و سایر خصوصیات زراعی و کیفی نیز قابل قبول باشند. علی‌رغم فواید زیاد و مقرون به صرفه بودن تولید بذر حقیقی هیبرید، این بذرها در ایران کمتر مورد توجه بوده و اطلاعات اندکی از خصوصیات زایشی ارقام و کلون‌های امیدبخش در دسترس است. در مقاله حاضر نتایج ارزیابی برخی از کلون‌های امیدبخش و ارقام تجاری از نظر باروری گرده، تلاقی‌پذیری و قابلیت تولید بذر هیبرید ارزان قیمت در تلاقی‌های متقابل گزارش می‌شود. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده به‌نژادگران و تولیدکنندگان بذر سیب‌زمینی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی به کار رفته در این آزمایش

شامل دو گروه از سیب‌زمینی‌ها بود که به صورت متقابل با هم تلاقی داده شدند. هفت رقم تجاری پرمحصول سیب‌زمینی شامل آگریا، ساوالان، پیکاسو، کایزر، دایفلا، ساتینا و لوکا با یازده کلون پیشرفته در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل (واقع در 47° و 59° شمالی و 39° و 22° شرقی با 1390 متر ارتفاع از سطح دریا با میانگین بارندگی سالانه 310 میلی‌متر، متوسط درجه حرارت حداکثر $15/8$ و حداقل $1/89$ سانتی‌گراد) در تابستان سال 1393 در مزرعه تلاقی داده شدند. جوانه‌های گل در مرحله غنچه یک روز قبل از باز شدن با کنار زدن گلبرگ‌ها و حذف بساک‌ها اخته شده و در داخل پاکت قرارداد شدند. روز بعد با گرده مربوطه که با تکان دادن بساک گل‌های والد نر درون میکروتیوب جمع‌آوری شده بود، گرده‌افشانی انجام شد. در هر ترکیب تلاقی، بیست تلاقی انجام، اتیکت‌گذاری و سپس داخل تور پلاستیکی قرار داده شدند. پس از حدود شش هفته میوه‌های رسیده و ریزش کرده جمع‌آوری شدند. میوه‌ها را پس از له کردن در آب شستشو داده و بذرها حقیقی پس از خشک کردن شمارش و توزین شدند. در این آزمایش درصد میوه تشکیل شده، تعداد کل بذر، کارایی تلاقی و درصد جوانه‌زنی بذرها حقیقی سیب‌زمینی یادداشت شد (Jackson and Hanneman, 1999).

برای محاسبه کارایی تلاقی (Cross Efficiency: CE) از فرمول زیر

استفاده شد:

$$CE = (S/f)/Pollination$$

که در آن، Pollination: تعداد تلاقی، f:

تعداد میوه و S: تعداد بذر است.

برای اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی بذرها، ۵۰ بذر از هر تلاقی در اسید جیبرلیک به غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و به مدت ۲۴ ساعت تیمار و پس از شستشو در تشتک‌های پتری روی کاغذ صافی کشت و درصد جوانه‌زنی یادداشت شد (Malagamba, 1982). نمونه‌های دانه‌گرفته ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با رنگ‌آمیزی با استوکارمن گلیسرول ارزیابی شد. در هر ژنوتیپ حدود ۳۰۰ دانه‌گرفته در چهار تکرار به صورت تصادفی در زیر میدان دید میکروسکوپ نوری شمارش و گرده‌هایی که به خوبی رنگ‌گرفته بودند به عنوان گرده فعال معرفی شدند. برای آزمون باروری دانه‌گرفته در محیط مصنوعی شامل یک درصد آگار، ده درصد ساکارز و ۰/۰۱ درصد اسیدبوریک استفاده شد. ظروف پتری محتوی محیط کشت پس از قرار دادن نمونه‌های گرده روی آن به داخل ژرminatور با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. شمارش دانه‌های گرده پس از ۳۶ ساعت انجام شد (Ordonez, 2014). قدرت رشد و یکنواختی رشد گیاهچه‌ها نیز به صورت مشاهده‌ای و نمره‌دهی به شرح ۱: ضعیف، ۲: متوسط، ۳: خوب و ۴: عالی ارزیابی شد (Malagamba, 1982). در نهایت داده‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی و با

استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 تجزیه شد.

نتایج و بحث

مشخصات ارقام و کلون‌های سیب‌زمینی مورد استفاده در برنامه تلاقی مربوط به این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

نرباروری

در جدول ۲ نرباروری ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی را که از طریق دو روش رنگ‌پذیری دانه‌گرفته در محلول استوکارمن گلیسرول و کشت دانه‌گرفته در محیط مصنوعی به دست آمده را نشان می‌دهد. همان طوری که در جدول مشاهده می‌شود نرباروری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در روش رنگ‌پذیری دانه‌گرفته بسیار خوب و با درصد بالا مشخص شده بود، اما در آزمون نرباروری با روش جوانه‌زنی در محیط مصنوعی، درصد نرباروری به کمتر از نصف آن‌چه از طریق رنگ‌پذیری برآورد شده بود مشخص شد. در بین ارقام تجاری میزان نرباروری گرده رقم لوکا صفر و آگریا ۰/۵ درصد بود و در بین کلون‌ها نیز نرباروری کلون‌های AS72 و AS10 صفر بود و به جز کلون‌های AS12 و UT453 مابقی کلون‌ها در آزمون جوانه‌زنی دانه‌گرفته درصد نرباروری خوبی داشتند. درصد رنگ‌پذیری دانه‌گرفته از صفر تا ۸۰ و میزان جوانه‌زنی از صفر تا ۳۰ درصد متغیر بود (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات ارقام و کلون‌های سیب‌زمینی استفاده شده در برنامه تلاقی

Table 1. Specification of potato cultivar and clones used in hybridization program

رقم یا کلون Cultivar or clone	گونه Species	نمونه Accession No
Agria	<i>S. tuberosum</i>	cv. Quarta X cv. Semlo
Savalan	<i>S. tuberosum</i>	397007-9
Caesar	<i>S. tuberosum</i>	Monalisa × ROB1178
Satina	<i>S. tuberosum</i>	cv. Puntila × H99/73
Luca	<i>S. tuberosum</i>	cv. Robin × 231
Daifla	<i>S. tuberosum</i>	cv. France × 123
Picasso	<i>S. tuberosum</i>	cv. Cara × cv. Ausonia
As 10	<i>S. tuberosum</i>	397082-10
As 12	<i>S. tuberosum</i>	397009-8
As 14	<i>S. tuberosum</i>	397097-14
As 20	<i>S. tuberosum</i>	Dakheli69
As 692	<i>S. tuberosum</i>	397069-2
As 72	<i>S. tuberosum</i>	397097-2
Stbr 1	<i>S. tuberosum</i> × <i>S. stoloniferum</i>	Stbr w
Stbr 2	<i>S. tuberosum</i> × <i>S. stoloniferum</i>	Stbr p
HS	<i>S. tuberosum</i> × <i>S. stoloniferum</i>	Stbr1 × stbr2
UT 42	<i>S. tuberosum</i> × <i>S. andigena</i>	43 × cv. Satina
UT 43	<i>S. tuberosum</i> × <i>S. andigena</i>	Stbr1tbr × cv. Caesar

جدول ۲- نرباروری ارقام و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی

Table 2. Pollen viability of potato commercial cultivars and promising clones

آزمون Test	ژنوتیپ Genotype																		
	Kizer	Stina	Savalan	Picasso	Daifla	Agria	Luca	UT42	AS20	HS	Stbr 2	AS14	AS692	Stbr 1	UT43	AS12	UT453	AS72	AS10
CAA% درصد رنگ پذیری دانه گرده	55	35	34	32	25	1	0	87	83	81	65	62	48	44	35	12	0.9	0	0
PG% درصد جوانه زنی دانه گرده	18	5	4.5	4	3.5	0.5	0	30	28	25	23	22	21	19	6	4	0.4	0	0

CAA%: Pollen staining rate with carmine acetic acid; PG%: Pollen germination rate *in vitro*

این ارقام آورده نشده‌اند. هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند، بیشترین درصد تشکیل میوه در رقم پیکاسو ۳۶/۳۶ و کمترین آن در ساتینا و دایفلا ۰/۹ درصد بود (جدول ۴). در دو حالت نر و ماده بودن، بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر درصد تشکیل میوه وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌ها به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند کلون AS20 با ۱۷/۸۵ درصد بیشترین و کلون AS20 با ۱/۴۲ درصد کمترین میوه را داشتند

درصد تشکیل میوه

جدول‌های ۳ تا ۶ نتایج تلاقی‌پذیری ارقام تجاری با کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی را نشان می‌دهند. بیشترین درصد تشکیل میوه هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در نظر گرفته شدند، در رقم کایزر با ۱۴/۵۴ درصد و کمترین درصد تشکیل میوه در رقم پیکاسو و دایفلا ۱/۸۱ درصد بود (جدول ۳). به دلیل ناچیز بودن قوه نامیه گرده در ارقام آگریا و لوکا هیچ میوه‌ای تشکیل نشد به همین دلیل در جدول ۳،

جدول ۳- نتایج حاصل از تلاقی ارقام تجاری به عنوان والد نر با کلون‌های امیدبخش به عنوان والد ماده در سیب‌زمینی

Table 3. Results obtained from crosses between commercial cultivar as mail and promising clones as female in potato

ژنوتیپ‌ها	درصد تشکیل میوه	تعداد کل بذر	کارایی تلاقی	وزن یکصد بذر	قدرت رشد گیاه	یکنواختی رشد گیاه	درصد جوانه‌زنی بذر
Genotypes	Percentage of fruit set	Total seeds	Crossing efficiency	100-seed Weight (mg)	Plant vigor	Plant uniformity	Seed germination (%)
Savalan	2.72	9.72	9.72	32.33	1.16	1.16	31.16
Picasso	1.81	5.81	5.10	23.75	1.00	1.00	24.00
Caesar	14.54	22.38	33.00	54.11	2.00	1.77	47.44
Satina	5.90	41.00	6.18	65.66	2.00	2.33	66.00
Daifla	1.81	7.54	3.81	64.50	1.80	3.00	61.00
Mean	5.36	17.29	5.60	48.00	1.60	1.85	46.00
Significance	**	*	**	*	*	*	*

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

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۴- نتایج حاصل از تلاقی ارقام تجاری به عنوان والد ماده در تلاقی با کلون‌های امیدبخش به عنوان والد نر در سیب‌زمینی

Table 4. Results obtained from crosses between commercial cultivars as femate and promising clones as male in potato

ژنوتیپ‌ها	درصد تشکیل میوه	تعداد کل بذر	کارایی تلاقی	وزن یکصد بذر	قدرت رشد گیاه	یکنواختی رشد گیاه	درصد جوانه‌زنی بذر
Genotypes	Percentage of fruit set	Total seeds	Crossing efficiency	100-seed Weight (mg)	Plant vigor	Plant uniformity	Seed germination (%)
Savalan	7.72	93.00	14.09	77.25	1.50	2.25	74.75
Picasso	36.36	2.35	22.27	93.87	1.62	2.62	74.50
Caesar	6.36	87.18	25.22	62.50	1.33	1.75	59.00
Luca	2.72	44.36	24.81	71.75	2.75	2.25	63.00
Satina	0.90	19.54	19.45	83.00	2.50	3.50	90.50
Daifla	0.90	10.90	5.45	68.00	1.00	2.00	30.00
Agria	7.27	50.63	17.45	67.00	1.80	1.40	55.60
Mean	8.90	0	18.40	74.80	1.80	2.30	64.00
Significance	**	*	*	*	*	*	*

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

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

(جدول ۶).

وزن یکصد دانه

بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در تلاقی‌هایی که ارقام تجاری به عنوان والد نر شرکت داشتند، در رقم ساتینا ۶۵/۷ میلی گرم و کمترین آن با ۲۳/۸ میلی گرم در رقم پیکاسو اندازه‌گیری شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند، رقم پیکاسو با ۹۳/۹ میلی گرم بیشترین و رقم کایزر با ۶۲/۵ میلی گرم کمترین وزن بذر را تولید کردند (جدول ۴). در هر دو حالت بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند کلون UT42 با ۱۰۷ میلی گرم بیشترین و کلون Stbr 1 با ۲۵ میلی گرم کمترین وزن بذر را تولید کردند (جدول ۵) و هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند کلون AS72 با ۶۴/۸ میلی گرم بیشترین و کلون AS692 با ۲۳ میلی گرم کمترین وزن بذر را تولید کردند (جدول ۵).

کارایی تلاقی

بیشترین کارایی تلاقی وقتی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت کرده بودند، در رقم کایزر با ۳۳ و کمترین آن در رقم دایفلا به میزان ۳/۸ محاسبه شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند بیشترین کارایی تلاقی در رقم کایزر با

(جدول ۵) هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد نر منظور شدند بیشترین و کمترین درصد تشکیل میوه در کلون‌های HS و AS12، به ترتیب ۱۳/۵۷ و ۱/۴۲ درصد بود. کلون‌های AS72، AS10 و UT453 میوه‌ای تولید نکردند، بنابراین در جدول ۵ آورده نشده‌اند. هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند بیشترین و کمترین میوه در کلون‌های AS10 و AS692 به ترتیب با ۱۶/۴۲ و ۰/۷۱۴ درصد تشکیل شد (جدول ۶).

تعداد کل بذر

هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در نظر گرفته شدند بیشترین و کمترین تعداد کل بذر به ترتیب در ارقام کایزر و پیکاسو با ۲۲/۴ و ۵/۸ عدد تشکیل شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند رقم ساوالان با ۹۳ عدد بیشترین و پیکاسو با ۲/۴ عدد کمترین بذر در میوه را تولید کرد (جدول ۴). در هر دو حالت بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر شرکت داشتند، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد بذر در کلون‌های UT42 و AS12 به ترتیب ۲۸۴ و ۱۷/۴ عدد بود (جدول ۵) و هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند، بیشترین و کمترین آن در کلون‌های AS10 و AS692 به ترتیب با ۲۵۱ و ۲/۴ عدد دیده شد

جدول ۵- نتایج حاصل از تلاقی کلون‌های امیدبخش به عنوان والدین و ارقام تجاری به عنوان والد ماده در سیب‌زمینی

Table 5. Results obtained from crosses between promising clones as male and commercial cultivars as female in potato

ژنوتیپ‌ها Genotypes	درصد تشکیل میوه Percentage of fruit set	تعداد کل بذر Total seeds	کارایی تلاقی Crossing efficiency	وزن یکصد بذر 100-seed weight	قدرت رشد گیاه Plant vigor	یکنواختی رشد گیاه Plant uniformity	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination (%)
AS12	1.42	17.42	8.64	84.0	2.00	3.00	93.00
AS14	10.71	49.14	24.5	77.8	1.75	1.75	83.50
AS692	5.00	26.00	7.14	58.5	2.00	2.50	57.55
AS20	17.85	117.30	9.00	94.8	1.50	3.00	77.20
Stbr 2	10.71	55.7	3.71	38.0	1.00	2.00	76.00
Stbr 1	5.00	18.57	13.57	25.0	1.20	1.00	27.80
HS	13.57	151.30	42.85	105.0	2.70	3.40	93.00
UT42	25.00	284.30	55.42	107.0	3.50	3.50	94.50
UT43	8.57	129.600	37.57	100.2	1.25	1.87	51.25
Mean	10.90	94.4	22.50	65.60	1.90	2.40	70.70
Sign	*	*	**	*	*	*	*

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

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۶- نتایج حاصل از تلاقی کلون‌های امیدبخش به عنوان والد ماده با ارقام تجاری به عنوان والد نر در سیب‌زمینی

Table 6. Results obtained from crosses between promising clones as female and commercial cultivars as male potato

ژنوتیپ‌ها Genotypes	درصد تشکیل میوه Percentage of fruit set	تعداد کل بذر Total seeds	کارایی تلاقی Crossing efficiency	وزن یکصد بذر 100-seed weight	قدرت رشد گیاه Plant vigor	یکنواختی رشد گیاه Plant uniformity	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination (%)
AS12	2.14	3.71	3.71	27.0	1.0	1.0	28.5
AS72	8.50	67.28	20.28	64.8	2.4	2.6	58.6
AS10	16.42	251.30	27.57	62.7	2.2	2.5	61.0
AS14	7.85	103.86	16.85	44.3	1.3	1.3	45.0
AS692	0.714	2.42	2.42	23.0	1.0	1.0	25.0
AS20	0.714	4.00	4.00	20.5	1.0	1.0	23.0
Stbr 2	1.42	5.70	5.71	35.0	1.0	1.0	32.5
Stbr 1	2.11	6.71	6.71	32.0	1.0	1.0	27.6
HS	2.11	7.42	4.71	55.0	3.5	2.0	41.0
Mean	4.70	20.30	10.20	40.5	1.6	1.5	38.0
Sign	*	*	*	*	*	*	*

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

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند در کلون AS10 با ۶۱ درصد بیشترین و در کلون AS20 با ۲۳ درصد کمترین درصد جوانه‌زنی بذر مشاهده شد (جدول ۶).

قدرت رشد گیاهچه‌ها

بیشترین قدرت رشد گیاهچه‌های حاصل از تلاقی‌هایی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در نظر گرفته شد مربوط به ارقام کایزروساتینا به میزان ۲ و کمترین آن (۱) در رقم پیکاسو حاصل شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند رقم لوکا به میزان ۲/۸ بیشترین و در رقم دایفلا با ۱ کمترین میزان قدرت رشد در گیاهچه‌ها مشاهده شد (جدول ۴). در هر دو حالت بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند کلون UT42 با ۳/۵ بیشترین و کلون Stbr 2 با قدرت رشد ۱ کمترین میزان قدرت رشد گیاهچه‌ها را داشتند (جدول ۵) و هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند کلون HS با ۳/۵ از بیشترین قدرت رشد گیاهچه‌ها برخوردار بود (جدول ۶).

یکنواختی رشد گیاهچه‌ها

بیشترین میزان یکنواختی رشد گیاهچه‌ها هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در نظر گرفته شد در رقم دایفلا به میزان ۳ و کمترین

۲۵/۲ و کمترین آن ۵/۵ در رقم دایفلا محاسبه شد (جدول ۴). در حالت اول بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌دار و در حالت دوم اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند بیشترین کارایی تلاقی در کلون UT42 به میزان ۵۵/۴ و کمترین آن در کلون Stbr 2 به میزان ۳/۷ محاسبه شد (جدول ۵) و هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند، کلون AS10 با ۲۷/۶ بیشترین و کلون AS692 با ۲/۴ کمترین کارایی تلاقی را داشتند (جدول ۶).

درصد جوانه‌زنی بذرهای حقیقی

بیشترین درصد جوانه‌زنی بذرهای حقیقی هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد نر در نظر گرفته شد در رقم ساتینا ۶۶ درصد و کمترین آن در رقم پیکاسو ۲۴ درصد اندازه‌گیری شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند، بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی بذر در رقم ساتینا و دایفلا به ترتیب با ۹۰/۵ و ۳۰ درصد مشاهده شد (جدول ۴). در هر دو حالت بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر حقیقی در کلون UT42 به میزان ۹۴/۵ درصد و کمترین آن در کلون Stbr 1 با ۲۸ درصد مشاهده شد (جدول ۵) و هنگامی که

آن با ۱ در رقم پیکاسو اندازه‌گیری شد (جدول ۳). هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند رقم ساتینا با ۳/۵ بیشترین و رقم آگریا با ۱/۴ کمترین میزان یکنواختی رشد در گیاهچه‌ها را داشتند (جدول ۴). در هر دو حالت بین ارقام تجاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت. در تلاقی‌هایی که کلون‌های پیشرفته سیب‌زمینی به عنوان والد نر مشارکت داشتند کلون UT42 به میزان ۳/۵ بیشترین و در کلون Stbr 1 به میزان ۱ کمترین یکنواختی رشد در گیاهچه‌ها مشاهده شد (جدول ۵) و هنگامی که کلون‌ها به عنوان والد ماده بودند نتاج کلون AS72 با ۲/۶ بیشترین یکنواختی رشد در گیاهچه‌ها داشتند (جدول ۶).

ضرایب همبستگی

ضرایب همبستگی بین دوروش مطالعه نرباروری با صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود رابطه بین صفات مطالعه شده در روش رنگ‌آمیزی دانه‌گرده با استوکارمن نسبت به روش کشت در محیط مصنوعی بیشتر بود. بین درصد جوانه‌زنی بذرها حقیقی با درصد تشکیل میوه، تعداد بذر، کارایی تلاقی، وزن بذر، قدرت و یکنواختی رشد؛ یکنواختی رشد گیاهچه‌ها با میزان بذر تولیدی، وزن بذر و قدرت رشد گیاهچه‌ها؛ قدرت رشد گیاهچه‌ها با درصد تشکیل میوه، تعداد بذر تولیدی، کارایی تلاقی و وزن بذر، وزن بذر با درصد

تشکیل میوه، تعداد بذر و کارایی تلاقی، کارایی تلاقی با درصد تشکیل میوه و تعداد بذرها حقیقی همچنین بین درصد تشکیل میوه با میزان تولید بذر و کارایی تلاقی همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. درصد بالای گرده بارور همبستگی مثبت و معنی‌دارتری با تشکیل سته و بذر داشت و در صفت تشکیل میوه ضریب همبستگی بیشتر از تشکیل بذر بود (جدول ۷).

در آزمایش‌های مختلف میزان تلاقی‌پذیری بین والدین با اندازه‌گیری تعداد و درصد تشکیل میوه و بذر، کارایی تلاقی، وزن و درصد جوانه‌زنی بذر حقیقی سیب‌زمینی مشخص شده است (Wang and Ran, 2000)؛ (Anoshenko and Podlisskikh, 2000). در این آزمایش بین باروری گرده همبستگی مثبت و معنی‌دارتری با میزان تشکیل میوه و بذر وجود داشت و همبستگی بین باروری گرده با درصد تشکیل میوه بیشتر از صفت تعداد بذر در میوه بود. ضریب همبستگی بین وزن یکصد دانه با درصد جوانه‌زنی بذر، یکنواختی و قدرت رشد مثبت و معنی‌دار بود (R به ترتیب ۰/۷۸۴، ۰/۷۹۸ و ۰/۶۷۲) و این می‌تواند ناشی از ذخیره بیشتر اندوخته غذایی در بذرها سنگین‌تر و در نتیجه قدرت رشد و جوانه‌زنی آن‌ها در مقایسه با بذرها سبک‌تر باشد (Dick et al., 2010). بین درصد تشکیل میوه با میزان تولید بذر و کارایی تلاقی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (R به ترتیب ۰/۸۴۱ و ۰/۶۱۵). روش رنگ‌آمیزی دانه‌گرده با استوکارمن نسبت به

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف حاصل از تلاقی ارقام تجاری و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی
 Table 7. Correlation coefficients between different traits obtained from crosses between commercial cultivars and promising clone of potato

Traits	صفات	درصد جوانه‌زنی بذر در استوکارمن PG%	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination (%)	یکنواختی رشد گیاه Plant uniformity	قدرت رشد گیاه Plant vigor	وزن یکصد بذر 100-seed weight	کارایی تلاقی Crossing efficiency	تعداد کل بذر Total seeds	درصد تشکیل میوه Percentage of fruit set
PG%	درصد جوانه زنی بذر در محیط کشت		0.562*	0.358 ^{ns}	0.432 ^{ns}	0.342 ^{ns}	0.422 ^{ns}	0.594*	0.815**
Seed germination(%)	درصد جوانه زنی بذر			0.834**	0.687*	0.784**	0.506*	0.635*	0.615*
Plant uniformity	یکنواختی رشد گیاهچه				0.761**	0.798**	0.410 ^{ns}	0.590*	0.468 ^{ns}
Plant vigor	قدرت رشد گیاهچه					0.672*	0.637*	0.684*	0.598*
100-seed weight	وزن یکصد دانه						0.699*	0.744*	0.587*
Crossing efficiency	کارایی تلاقی							0.879**	0.625*
Total seeds	تعداد کل بذر								0.841**

CAA%: Pollen staining rate with carmine acetic acid; PG%: Pollen germination rate *in vitro*

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

(Scurrah *et al.*, 2008).

نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش‌های ذکر شده مطابقت دارد، زیرا هنگامی که ارقام تجاری سیب‌زمینی به عنوان والد ماده بودند، درصد تشکیل میوه، تعداد بذر در میوه، کارایی تلاقی، وزن یکصد دانه، یکنواختی رشد گیاهچه‌ها، قدرت رشد گیاهچه‌ها و درصد جوانه‌زنی بذرهای حقیقی سیب‌زمینی به ترتیب ۴۹، ۱۸، ۲۵، ۷۳، ۸۴، ۷۷ و ۶۵ درصد نسبت به هنگامی که ارقام تجاری سیب‌زمینی به عنوان والد نر بودند، افزایش نشان داد (جدول‌های ۳ و ۴).

در کلون‌های مربوط به هیبریدهای گونه‌های وحشی نیز هنگامی که به عنوان والد نر در تلاقی‌ها شرکت داشتند، درصد تشکیل میوه، تعداد بذر در میوه، کارایی تلاقی، وزن یکصد دانه، قدرت رشد گیاهچه‌ها، یکنواختی رشد گیاهچه‌ها، و درصد جوانه‌زنی بذرهای حقیقی به ترتیب ۱۲/۶، ۱۲۸، ۳۰، ۷۵/۶، ۱/۹، ۲/۳ و ۶۸/۵ درصد و هنگامی که کلون‌ها والدین ماده بودند، این مقادیر به ترتیب ۱/۱، ۳/۴، ۴، ۲۴/۵، ۱/۱، ۱/۳ و ۲۰/۲ درصد بود. در حالتی که کلون‌ها ماده بودند، در کلون‌های UT42 و UT43 هیچ بذر و میوه‌ای تشکیل نشد (جدول‌های ۵ و ۶). به طور کلی هنگامی که ارقام تجاری سیب‌زمینی به عنوان والد نر و کلون‌ها والد ماده بودند به ترتیب ارقام ساتینا و کایزر در صفات مورد بررسی نسبت به بقیه ارقام وضعیت بهتری داشتند (جدول ۳). هنگامی

کشت کرده در محیط کشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات مورد مطالعه نظیر درصد تشکیل میوه و تعداد بذر تولیدی داشت، بنابراین روش رنگ‌آمیزی برای تخمین باروری کرده روش مطمئن‌تری است (جدول ۷). نتایج این آزمایش با آزمایش جانسون و هرمسون (Janssen and Hermesen, 1976) مطابقت دارد زیرا در آزمایش آن‌ها ضریب همبستگی بین درصد جوانه‌زنی کرده گونه‌های مختلف سیب‌زمینی با تشکیل میوه ($R=0/92$) و تشکیل بذر ($R=0/68$) معنی‌دار و همبستگی بین تشکیل میوه با تشکیل بذر ($R=0/79$) نیز معنی‌دار بود. نتایج آزمایش بودو (Bodo, 1991) که در آن کشت دانه کرده در محیط مصنوعی روی باروری کرده‌های دای‌هاپلوئید سیب‌زمینی مطالعه شده بود نشان داد که بین میزان رشد لوله کرده در محیط مصنوعی با میزان بذر حاصل از کرده‌افشانی، تعداد بذر در هر میوه و با درصد تشکیل میوه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت.

در آزمایش‌های مختلف ارقام تجاری سیب‌زمینی مربوط به *S. toberosum* با گونه‌های وحشی دیگر تلاقی داده شدند و هنگامی که ارقام تجاری به عنوان والد ماده بودند میزان تشکیل میوه، وزن بذر و درصد جوانه‌زنی بذر و کارایی تلاقی نسبت به هنگامی که به عنوان والد نر بودند، افزایش نشان داد (Sanetomo *et al.*, 2011؛ Jackson and Hanneman, 1999).

به عنوان والدین نر و کلون‌ها والدین ماده بودند، کلون AS72 و کلون AS10 از نظر صفات مورد بررسی نسبت به بقیه کلون‌ها وضعیت بهتری داشت (جدول ۶). نتیجه گیری کلی این است اگر در دورگ گیری‌ها ارقام تجاری به عنوان والد نر استفاده شوند ترکیب AS10 × ساتینا و زمانی که کلون‌ها به عنوان والد نر باشند ترکیب کایزر × UT42 به عنوان بهترین ترکیب تلاقی برای تولید بذر هیبرید سیب زمینی خواهند بود.

که ارقام تجاری به عنوان والد ماده و کلون‌ها به عنوان والدین نر منظور شدند ارقام ساوالان، کایزر و لوکا در صفات مورد بررسی نسبت به بقیه ارقام وضعیت بهتری داشتند (جدول ۴). هنگامی که کلون‌ها والد نر و ارقام تجاری والدین ماده بودند، کلون HS و UT42 نسبت به کلون‌های دیگر در صفات مورد بررسی وضعیت بهتری داشتند. کلون UT43 نیز باعث تولید تعداد بیشتری بذر و میوه شد، ولی قدرت و یکنواختی رشد گیاهچه‌های نتاج پایین تر بود (جدول ۵). هنگامی که ارقام تجاری در تلاقی‌ها

References

- Almekinders, C. J. M., Chujoy, E., and Thile, G. 2009.** The use of true potato seed as pro-poor technology: The efforts of an International Agricultural Research Institute to involving potato production. *Potato Research* 52: 257-293.
- Anoshenko, B. Y., and Podlisskikh, W. E. 2000.** Effect of functional femal and male fertilities on crossability in diploid potato breeding. *Potato Research* 43: 125-134.
- Bodo, L. T. 1991.** Comparison of different polen viability assays to evaluate pollen fertility of potato dihaploids. *Euphytica* 56: 143-148.
- Dennis, E., Ulrika, C. N., Rodomiro, O., and Erik, A. 2016.** Overview and breeding strategies of table potato production in Sweden and the Fennoscandian region. *Potato Research* 98: 545-552.
- Dick, V ., John, B., Christiane, G., Francine, G., Donald, K. L. M., Mark, A. T., and Heather, A. R. 2010.** *Potato Biology and Biotechnology Advance and Perspectives*. Elsevier Publication, Amsterdam, The Netherlands.
- Jackson, S. A., and Hanneman, R. E. 1999.** Crossability between cultivated and wild tuber-and non-tuber-bearing *Solanum*. *Euphytica* 25: 577-586.
- Janssen, A. W., and Hermsen, J. G. TH. 1976.** Estimating pollen fertility in *Solanums* pecies and haploids. *Euphytica* 25: 577-586.

- Malagamba, J. P. 1982.** Evaluation of Agronomic Technology for Potato Production from True Potato Seed. International Potato Center Publication, Peru. 25 pp.
- Mihaela, C., Anca, B., Andreea, N., and Monica, P. 2012.** Production of seedling tubers from true potato seeds (TPS) in protected area. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology 16 (4): 136-141.
- Ordonez. B. 2014.** Pollen Viability Assessment. International Potato Center Publication, Peru. 8pp.
- Ortiz, R., and Peloquin, S. J. 1991.** A new method of producing 4x hybrid true potato seed. Euphytica 57: 103-107.
- Ramakrishnan, S. J., Carol, E. R., Raul, H., Blas, S., and Andrew, R. 2015.** Review of potato molecular markers to enhance trait selection. American Journal of Potato Research 92: 455-472.
- Sanetomo, R., One, S., and Hosaka, K. 2011.** Characterization of crossability in the crosses between *solanum demissum* and *S. tuberosum*, and F₁ and BC₁ Progenies. American Journal of Potato Research 88: 500-510.
- Scurrah, M., Celis-Gamboa, C., Chumbiauca, S., Salas, A., and Richard, G. F. 2008.** Hybridization between wild and cultivated potato species in the Peruvian Andes and biosafety implications for deployment of GM potatoes. Euphytica 164: 881-892.
- Wang, D., and Ran, Y. 2000.** Improving main agronomic characters of dihaploids with 2n gamets by means of sexual hybridization anther culture of potato. Newzeland Journal of Crop and Horticultural Sciences. 28: 1-8.