نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره سوم، ۱۴۰۰
۱۳-۳۱
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/JOPP.2021.17010.2559

مقاله کامل علمی پژوهشی

بررسی اثر تاریخ کاشت بر روند ترمیم و برخی از شاخص‌های رشد ارقام سیب‌زمینی تحت‌تأثیر یخ‌بندان

عبدالستار دارابی*[1] و علیرضا شفیعی زرگر[2]

[1]دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران،

[2]استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مناطق نیمه گرمسیری مناسب برای کشت سیب‌زمینی استان خوزستان می‌باشد. کشت این محصول در خوزستان در یک محدوده وسیع زمانی از اواخر آبان ماه تا اواخر دی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر بررسی آمار هواشناسی در منطقه در طی یک دوره ده ساله نشان داد که احتمال بروز یخ‌بندان در دی و اوایل بهمن ۵۰ درصد می‌باشد. بنابراین گیاهان حاصل ازتاریخ کاشت‌های مزبور در مراحل مختلف رشد و نمو با یخ‌بندان احتمالی مواجه گشته و در نتیجه میزان کاهش عملکرد، بسته به تاریخ کاشت، متفاوت خواهد بود. اگرچه این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی طراحی شده بود ولی وقوع یخ‌بندان در اوایل بهمن‌ماه، شرایط استثنایی و ویژه‌ای پدید آورد که اثر یخ‌بندان در مراحل مختلف فنولوژیکی بر روند ترمیم و شاخص‌های رشد ارقام سیب‌زمینی مطالعه شود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت آزمایش کرت‌های یک بارخرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به‌مدت یک سال زراعی (۹۵-۱۳۹٤) اجرا شد. عامل اصلی شامل سه تاریخ کاشت از ۱۱ آذر تا اول دی ماه به فاصله ۱۰ روز و عامل فرعی چهار رقم سانته، ساوالان، سانتانا و المرا بود. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد شامل سرعت رشد اندام هوایی، سرعت رشد غده، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی از ۱۵ روز بعد از جوانه زدن تا هنگام برداشت به فاصله ۱۵ روز، ۵ گیاه از هر کرت برداشت و وزن خشک اندام‌های هوائی و غده یادداشت گردید. وزن خشک اندام‌های برداشت شده با قرار دادن این اندام‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت تعیین گردید. هنگامی که قطر قسمت متورم انتهای استولون به دو برابر قطر آن رسید، به عنوان زمان تشکیل غده تلقی شد. غده‌ها در اواخر اردیبهشت‌ماه برداشت شدند. بعد از برداشت نتایج به کمک نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس انجام و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

یافته‌ها: در هنگام وقوع یخ‌بندان گیاهان در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر به ترتیب در مرحله غده‌زایی و رشد سبزینه‌ای بودند که در نتیجه همه اندام‌های هوایی بوته‌ها از بین رفتند. اما در تاریخ کاشت اول دی ماه گیاهان هنوز از خاک خارج نشده بودند.

* مسئول مکاتبه: darabi6872@yahoo.com

عملکرد تاریخ کاشت ۲۱ آذر در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۱ آذر در سطح احتمال ۵درصد بیش‌تر بود. بعد از وقوع یخ‌بندان در اولین دوره نمونه‌برداری، سرعت رشد اندام‌های هوایی، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در همه ارقام منفی بود. سرعت ترمیم رقم ساوالان از سایر ارقام بیش‌تر بود. بالاتر بودن سرعت رشد غده و محصول رقم ساوالان در هر دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر در مقایسه با سایر ارقام سبب گردید که در این دو تاریخ کاشت عملکرد این رقم از سایر ارقام بیش‌تر شود. همچنین حداکثر سرعت رشد نسبی در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذرماه به ترتیب به ارقام سانته و ساوالان مربوط بود. عملکرد تاریخ کاشت اول دی در مقایسه با دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر در سطح احتمال ۱ درصد افزایش نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش برای اجتناب از خسارت یخ‌بندان به کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان از کاشت این محصول قبل از دی ماه باید اجتناب نمود و رقم ساوالان به عنوان مناسب‌ترین رقم برای این منطقه معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترمیم، سیب‌زمینی، شاخص‌های رشد، یخ‌بندان

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین محصول غذایی مهم دنیا می‌باشد (٤). این محصول به‌دلیل داشتن هیدروکربن‌های قابل هضم، پروتئین‌های حاوی لیزین که یک اسید آمینه ضروری مهم بوده که غالباً در محصولاتی مانند غلات و سیزیجات وجود ندارد، ارزش غذایی فراوانی دارد (۳۳). سیب‌زمینی به‌دلیل داشتن متابولیت‌های اولیه و ثانویه نقش مهمی در فرآیندهای متابولیکی انسان دارد. اهمیت غذایی سیب‌زمینی تنها به دلیل انرژی‌زایی آن نبوده بلکه این محصول حاوی مقادیر قابل توجهی ویتامین‌های B_6، C، فیبر و مواد معدنی همانند آهن، منیزیم، روی و مس می‌باشد. سیب‌زمینی از نظر کارایی مصرف آب، عملکرد ماده خشک قابل‌مصرف، مقدار پروتئین و مواد معدنی در واحد سطح بر غلات برتری دارد (۵).

هم اکنون سیب‌زمینی در اقلیم‌های متنوعی در دنیا کشت می‌شود ولی این محصول به مناطق خنک عاری از یخ‌بندان بهتر از مناطق گرم سازگار می‌باشد (١٦). بیش‌ترین محصول در مناطقی تولید می‌شود که میانگین دمای روزانه بین ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است (۲۲)، ولی علی‌رغم این دمای نسبتاً پایین، ارقام کشت شده سیب‌زمینی نسبت به یخ‌بندان حساس می‌باشند. بافت‌های گیاهی هم در بین سلول‌ها و هم در دورن سلول‌ها حاوی آب می‌باشند. در هنگام وقوع یخ‌بندان تشکیل بلورهای یخ در بین سلول‌ها عامل مرگ بافت‌ها می‌باشد (٦). دمایی که در آن گیاهان دچار یخ‌زدگی می‌شوند بسته به گونه گیاهی و رقم متفاوت است. برای زیرگونه *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum* خسارت سرما و یا یخ‌بندان وقتی دما به ۲ درجه سانتی‌گراد یا کم‌تر می‌رسد مشاهده می‌شود (۷). مقاومت بیش‌تر به یخ‌بندان در سایر گونه‌های سیب‌زمینی گزارش شده است. برای مثال گونه‌های *S. ajanhuir* و *S. curtilobumi* در دمای ۳- تا ۵- درجه سانتی‌گراد خسارت می‌بینند. در حالی‌که *S. juzepzuckii* به دمای ۵- درجه سانتی‌گراد و یا حتی کم‌تر مقاوم است (۹). ارقام تجاری که در بیش‌تر نقاط دنیا و ایران کشت می‌شود به زیر گونه *S. tubersum* subsp. *tubersum* تعلق دارند که نسبت به یخ زدگی حساس بوده و تنوع ژنتیکی کمی برای مقاومت در مقابل این پدیده دارند. عمل یخ‌زدگی در این زیر گونه در دمای پایین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد و در منابع مختلف دمای کشنده بین ۱- تا ۳/۲- درجه سانتی‌گراد شده

است (۱۹، ۲۷). کاهش شدید محصول سیب‌زمینی در اثر یخ‌زدگی در مناطق مختلف دنیا گزارش شده است، به طوری که بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۵ معادل ۱۰درصد تولید سیب‌زمینی جهان در اثر یخ‌بندان از بین رفته است (۲۹). آروین و دنللی (۲۰۰۸) گزارش نمودند یک ششم سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایالات متحده در معرض خطر یخ‌بندان هستند (٤). اثر خسارت سرما بسته به شدت و مرحله رشد و نمو گیاه متفاوت می‌باشد اما به‌طورکلی با از بین بردن و یا کاهش سطح سبز موجب کاهش عملکرد و در مواردی افت کیفیت خوراکی غده‌ها نیز می‌گردد (۳۲).

مراحل رشد سیب‌زمینی را می‌توان به پنج مرحله: رشد و توسعه جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زدائی، حجیم شدن غده‌ها و بلوغ یا رسیدن تقسیم نمود (۱۳).

سیب‌زمینی تولید شده در مناطق معتدله کشور در پاییز و اوایل زمستان به مصرف رسیده و بعد از این خلاء این محصول در بازار وجود دارد. با کشت سیب‌زمینی در مناطق گرم و عرضه آن در فصل بهار می‌توان به پر نمودن این خلاء اقدام نمود. یکی از مناطق نیمه گرمسیری مناسب برای کشت سیب‌زمینی استان خوزستان می‌باشد. زراعت این محصول در سال‌های اخیر مورد استقبال کشاورزان استان قرار گرفته به گونه‌ای که سطح زیرکشت آن از ۳٤۷ هکتار در سال زراعی ٦٤-۱۳٦۳ هم‌اکنون به ٤٤۹۱ هکتار رسیده است (۳). کشت این محصول در خوزستان در یک محدوده وسیع زمانی از اواخر آبان ماه تا اواخر دی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر بررسی آمار هواشناسی در منطقه در طی یک دوره ده ساله نشان داد که احتمال بروز یخ‌بندان در دی و اوایل بهمن ۵۰ درصد می‌باشد. بنابراین گیاهان حاصل از تاریخ کاشت‌های مزبور در مراحل مختلف رشد و نمو با یخ‌بندان احتمالی مواجه گشته و در نتیجه میزان کاهش عملکرد، بسته به تاریخ کاشت، متفاوت خواهد بود. اگرچه این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی طراحی شده بود اما وقوع یخ‌بندان در اوایل بهمن‌ماه، شرایط استثنایی و ویژه‌ای پدید آورد که اثر یخ‌بندان در مراحل مختلف فنولوژیکی بر روند ترمیم و شاخص‌های رشد ارقام سیب‌زمینی مطالعه شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با ۳٦َ : °۳۰ عرض شمالی و ١٤َ: ۵۰ طول شرقی اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. برخی پارامترهای هواشناسی ماهیانه در دوره انجام این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. عامل اصلی شامل سه تاریخ کاشت از ۱۱ آذر دی تا اول دی ماه به فاصله ۱۰ روز و عامل فرعی چهار رقم سانته، ساوالان، سانتانا و آلمرا بود. خصوصیات ارقام مورد بررسی عبارتند از:

سانته: متوسط دیررس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، عمق چشم‌ها سطحی

ساوالان: نیمه زودرس، شکل غده گرد، رنگ پوست غده زرد با لکه‌های قرمز در چشم‌ها، رنگ گوشت غده زرد روشن، عمق چشم‌ها سطحی

المرا: زودرس، شکل غده تقریباً بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب کرم و زرد روشن، عمق چشم‌ها سطحی

سانتانا: نیمه‌زودرس تا نیمه دبررس، شکل غده بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، عمق چشم‌ها سطحی

با توجه به فواصل زمانی تاریخ‌های کاشت و پرهیز از اثرات احتمالی آن بر سن فیزیولوژیک غده‌ها، غده‌های مورد نیاز برای هر تاریخ کاشت حدود ٤٠ روز قبل از کاشت از سردخانه (دمای ٤-٢ درجه سانتی‌گراد) خارج شدند. بعد از خروج از سردخانه، غده‌ها ابتدا در جعبه در تاریکی و در دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته تا نیش بزنند. سپس غده‌ها به مدت حدود یک ماه در معرض نور کافی و همان دما قرار داده شدند به‌طوری که در زمان کاشت، غده‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی جوانه‌زنی معمولی، دارای ۵-۳ جوانه سبز رنگ ۱/۵-۱ سانتی‌متری بودند. خاک محل آزمایش سیلتی کلی لوم با pH=۷/۷ و هدایت الکتریکی ۲/۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر، میزان کربن آلی خاک ۰/۸٪ و فسفر و پتاس قابل‌جذب به ترتیب ۷/۹ و ۲٦۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود که به‌ترتیب توسط روش السن و سومرز (۱۹۸۲) و کوتیتینی و همکاران (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شدند (۲٦، ۱۰). مصرف کود بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت و میزان آن عبارت بود از ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتارکه در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شدند. کود نیتروژن لازم نیز به میزان ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، نصف آن قبل از کاشت و بقیه در هنگام خاکدهی پای بوته در اختیار گیاهان قرار گرفت (۲۳). هر کرت آزمایشی به مساحت ۳۰ مترمربع شامل ۵ خط کاشت به طول ۸ متر و به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر منظور گردید. در هنگام برداشت محصول دو خط وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین خط و به مساحت ۱۰/۵ مترمربع برداشت و در محاسبات منظور گردید. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد از ۱۵ روز بعد از جوانه زدن تا هنگام برداشت به فاصله ۱۵ روز، ۵ گیاه از هر کرت برداشت و وزن خشک اندام‌های هوائی و غده یادداشت گردید. وزن خشک اندام‌های برداشت شده با قرار دادن این اندام‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت تعیین گردید. هنگامی که قطر قسمت متورم انتهای استولون به دو برابر قطر ان رسید، به عنوان زمان تشکیل غده تلقی شد (١٤). شاخص‌های رشد با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$HGR=(1/GA)\ (H_2-H_1)/(T_2-T_1) \qquad (۱)$$

که در آن، HGR سرعت رشد اندام هوائی برحسب گرم در روز در مترمربع، H_2 و H_1 وزن خشک اندام‌های هوائی در زمان T_2 و T_1 و GA سطح زمین پوشیده شده توسط گیاه.

$$TUGR=(1/GA)\ (TU_2-TU_1)/(T_2-T_1) \qquad (۲)$$

که در آن، TUGR سرعت رشد غده برحسب گرم در روز در مترمربع، TU_2 و TU_1 وزن خشک غده در زمان T_2 و T_1.

$$CGR=(1/GA)\ (W_2-W_1)/(T_2-T_1) \qquad (۳)$$

که در آن، CGR سرعت رشد محصول برحسب گرم در روز در مترمربع، W_2 و W_1 وزن خشک گیاه در زمان T_2 و T_1.

$$RGR=(\ln W_2-\ln W_1)/(T_2-T_1) \qquad (٤)$$

که در آن، RGR سرعت رشد نسبی گیاه برحسب گرم در گرم در روز (۳۱).

در تاریخ ۳ بهمن دمای هوا به ۳/۲- درجه سانتی‌گراد رسید و یخ‌بندان به مدت چهار شب ادامه یافت که در نتیجه همه اندام‌های هوایی بوته‌ها در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذرماه از بین رفتند (جدول ۱). یک هفته قبل از برداشت اندام‌های هوایی قطع و غده‌ها در اواخر اردیبهشت‌ماه برداشت شدند. در پایان بر روی عملکرد کل، عملکرد قابل فروش (عملکرد کل منهای غده‌های ریز، غده‌های ترک خورده، غده‌هایی با رشد ثانویه و غده‌های گندیده) و سایر صفات اندازه‌گیری‌شده با نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس انجام و میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. برای محاسبه شاخص‌های رشد و رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیگی گیاهان در هنگام یخ‌بندان: در هنگام وقوع یخ‌بندان گیاهان در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر به‌ترتیب در مرحله غده‌زایی و رشد سبزینه‌ای قرار داشتند. اما در تاریخ کاشت اول دی ماه گیاهان هنوز از خاک خارج نشده و در مرحله رشد و توسعه جوانه‌ها قرار داشتند. به دلیل شدید بودن یخ‌بندان و تداوم آن به مدت چهار شب همه اندام‌های هوایی در همه ارقام مورد بررسی در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر ماه از بین رفتند یعنی میزان خسارت اندام‌های هوایی به ۱۰۰درصد رسید. بین این مشاهدات و گزارش ونتر (۳۲) که بیش‌تر ارقام سیب‌زمینی خوراکی نسبت به یخ‌بندان حساس هستند و میزان خسارت یخ‌بندان بستگی به‌شدت و مدت وقوع یخ‌بندان دارد هماهنگی وجود دارد. از بین رفتن اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در خوزستان توسط یخ‌بندان توسط دارابی (۱۰) نیز گزارش شده است.

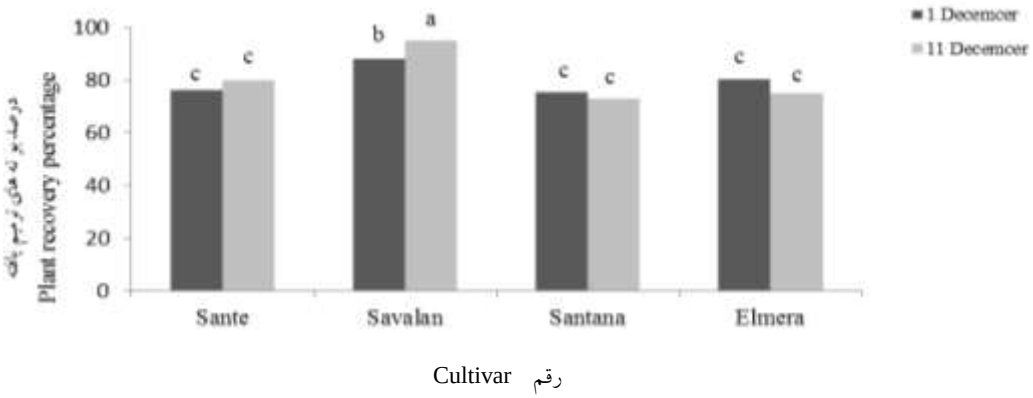
جدول ۱- برخی از پارامترهای هواشناسی ماهیانه در دوره رشد و نمو سیب‌زمینی.

Table 1. Some of monthly meteorological parameters during potato growth and development period.

پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters	آذر Nov.–Dec.	دی Dec.-Jan.	بهمن Jan.-Feb.	اسفند Feb.-Mar.	فروردین Mar.-Apr.	اردیبهشت Apr.-May
میانگین دما (°C) Mean temperature (°C)	12.9	13.2	12	14.6	20.3	32.85
میانگین دمای حداکثر (°C) Mean maximum temperature (°C)	20.2	19.5	17.9	21.2	28.6	37.7
میانگین دمای حداقل (°C) Mean minimum temperature (°C)	5.6	6.8	6.3	7.9	13.8	22
حداقل مطلق دما (°C) Absolute minimum temperature (°C)	2.2	2	-3.2	2.2	4.6	15.2
حداکثر مطلق دما (°C) Absolute maximum temperature (°C)	25.4	23.6	24.4	31	33.8	42.2
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	18.8	28.6	62.8	25.9	22.5	0

منبع: ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان reference: Behbahan synoptic station

درصد بوته‌های ترمیم‌یافته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد بوته‌های ترمیم‌یافته معنی‌دار نبود (در دو تاریخ کاست ۱۱ و ۲۱ آذر به‌ترتیب ۷۹/۹۹ و ۸۰/۷۵ درصد) اما اثر رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر این صفت در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین درصد بوته‌های ترمیم یافته به رقم ساوالان تعلق داشت (۹۱/۵) و از نظر این صفت رقم مزبور بر همه ارقام مورد بررسی برتری داشت (میزان بوته‌های ترمیم‌یافته در ارقام سانته، سانتانا و المرا به‌ترتیب ۷۸/۱٤، ۷٤/۱۷ و ۷۷/٦۷ درصد بود). عدم ترمیم همه بوته‌های یخ‌زده نشان‌دهنده خسارت بسیار شدید یخ‌بندان به اندام‌های هوایی می‌باشد. بین این نتایج و گزارش چانگ و همکاران (۲۰۱٤)، که بوته‌های سیب‌زمینی معمولاً در اثر خسارت یخ‌بندی ترمیم خواهند شد، مگر این‌که بوته‌های جوان متحمل خسارت بسیار شدید (از بین رفتن بیش از ۷۵٪ اندام‌های هوایی) شوند، هماهنگی وجود دارد (۸). معنی‌دار شدن اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم از نظر این صفت یافته بیانگر یکسان نبودن روند تغییرات درصد بوته‌های ترمیم یافته در ارقام مورد بررسی در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر بود، در حالی‌که اختلاف درصد بوته‌های ترمیم یافته ترمیم یافته ارقام سانته، سانتانا و المرا در دو تاریخ کاشت مزبور معنی‌دار نبود، این صفت در رقم ساوالان در تاریخ کاشت ۲۱ آذر نسبت به تاریخ کاشت ۱۱ آذر ماه در سطح ۱درصد برتری داشت (شکل ۱).

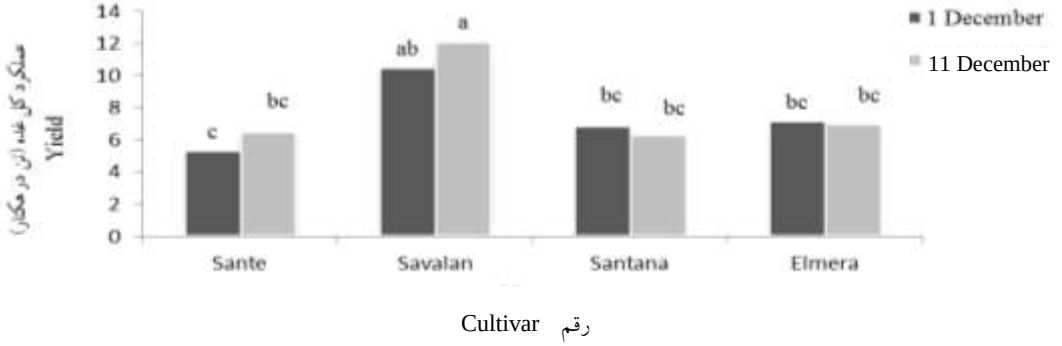


شکل ۱- مقایسه درصد بوته‌های ترمیم‌یافته ارقام مورد بررسی در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر.

Fig. 1. Comparison of plant recovery rate percentage in studied cultivars in planting date of 1 and 11 December.

عملکرد کل تاریخ کاشت‌های خسارت‌دیده: عملکرد کل تاریخ کاشت ۲۱ آذر (۷/۹٦ تن در هکتار) در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۱ آذر (۷/۳۹ تن در هکتار) در سطح ۵درصد برتری داشت. علت افزایش عملکرد تاریخ کاشت ۲۱ آذر نسبت به ۱۱ آذر را می‌توان به تفاوت در مراحل فنولوژیکی گیاهان در هنگام وقوع یخ‌بندان نسبت داد. گیاهان دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر ماه در هنگام وقوع یخ‌بندان به‌ترتیب در مرحله غده‌زایی و رشد سبزینه‌ای قرار داشتند. در مرحله غده‌زایی، غده به عنوان یک مقصد قوی بیش‌تر مواد غذایی را به سمت خود جذب نموده و سبب کاهش قدرت ترمیم اندام‌های هوایی و در نتیجه کاهش محصول خواهد شد (۳۲). کاهش شدیدتر عملکرد سیب‌زمینی در اثر ازبین رفتن اندام‌های هوایی در مرحله غده‌زایی نسبت به مرحله رشد سبزینه‌ای توسط دارابی و حسن‌آبادی (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است

(۱۳). هماهنگ با گزارش ونتر (۲۰۰٦) در این بررسی نیز میزان خسارت و در نتیجه عملکرد ارقام مورد مطالعه یکسان نبود (۳۲). بیش‌ترین عملکرد کل (۱۱/۲۳ تن در هکتار) به رقم ساولان مربوط بود و از نظر این صفت رقم مزبور در سطح ۱ درصد بر سایر ارقام (ارقام سانته، سانتانا و المرا با عملکرد به‌ترتیب ۵/۹۵، ٦/۵۲ و ۷ تن در هکتار) برتری داشت. در حالی‌که عملکرد ارقام ساوالان و سانته در تاریخ کاشت ۲۱ اذر نسبت به ۱۱ آذر به افزایش غیرمعنی‌داری را نشان داد، عملکرد دو رقم دیگر یعنی سانتانا و المرا در تاریخ کاشت ۲۱ آذر نسبت به ۱۱ آذر به‌طور غیرمعنی‌داری کاهش یافت. به‌همین دلیل اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت ار نظر صفت مزبور در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. بیش‌ترین عملکرد کل به رقم ساوالان در تاریخ کاشت ۲۱ آذر مربوط بود و از نظر این صفت رقم مزبور بر همه تیمارهای مورد مطالعه به جز همین رقم در تاریخ کاشت ۱۱ آذر برتری داشت (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه عملکرد کل ارقام مورد مطالعه در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر.

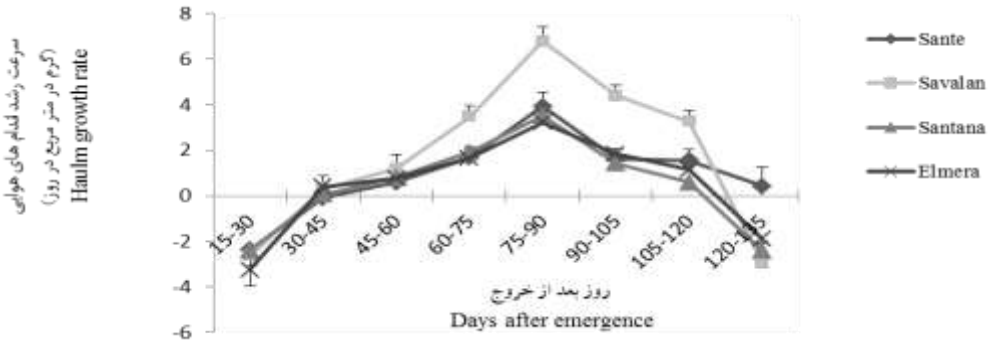
Fig. 2. Total yield comparison of studied cultivars in planting dates of 1 and 11 December.

سرعت رشد اندام هوایی

تاریخ کاشت ۱۱ آذر: در اولین دوره نمونه‌برداری (۱۵ تا ۳۰ روز بعد از خروج) سرعت رشد اندام‌های هوایی در ارقام سانته، ساوالان، سانتاتا و المرا به‌ترتیب ۲/۳۸-، ۲/٦۳-، ۲/٤۰- و ۳/۲٦- گرم در مترمربع در روز بود. منفی شدن سرعت رشد اندام‌های هوایی نشان‌دهنده کاهش وزن اندام‌های هوایی در روز ۳۰ بعد از خروج در مقایسه با روز ۱۵ بعد از خروج (به‌علت وقوع یخبندان) می‌باشد. در دوره دوم نمونه‌برداری (۳۰ تا ٤۵ روز بعد از خروج) در ارقام ساوالان، سانتانا و المرا سرعت رشد اندام‌های هوایی مثبت گردید اما در رقم سانته هم‌چنان سراین شاخص منفی بود که دلالت بر کند بودن سرعت ترمیم اندام‌های هوایی این رقم دارد. سرعت رشد اندام‌های هوایی رقم ساوالان در بیش‌تر دوره‌های نمونه‌برداری از سایر ارقام بیش‌تر بود. حداکثر سرعت رشد اندام‌های هوایی در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به ترتیب به ۳/۹۲، ٦/۷۹، ۳/۵۲ و ۳/۳ گرم در مترمربع در روز رسید که در دوره پنجم نمونه‌برداری (۹۰ روز بعد از خروج) مشاهده گردید و سپس کاهش یافت (شکل ۳). چنین روندی در مورد کاهش تغییرات سرعت رشد اندام‌های هوایی توسط دارابی و افتخاری (۲۰۱٤) نیز گزارش شده است (۱٤). دلیل کاهش این شاخص از روز ۹۰ بعد از خروج، افزایش سن برگ‌ها و کاهش فعالیت فتوسنتزی آن‌ها و رقابت بین اندام‌های هوایی و غده برای جذب آسیمیلات‌ها و

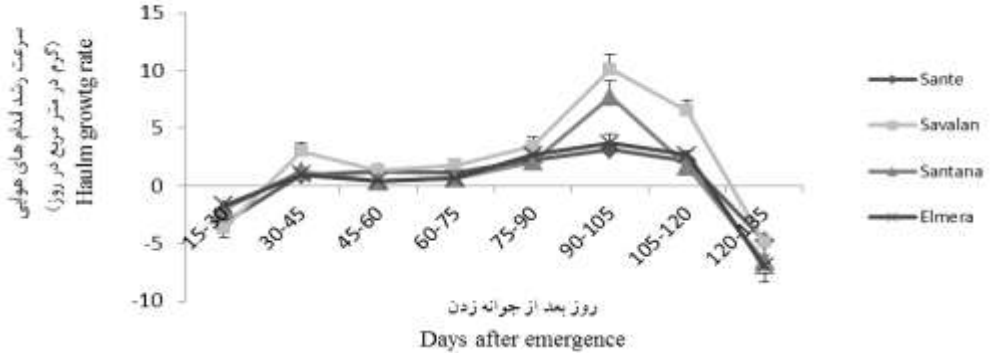
قوی‌تر بودن غده برای هدایت این مواد به سمت خود می‌باشد (۲۰).

تاریخ کاشت ۲۱ آذر: همانند تاریخ کاشت ۱۱ آذر در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد اندام‌های هوایی (به‌دلیل وقوع یخبندان) در همه ارقام مورد بررسی منفی بود. در این تاریخ کاشت در دومین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد اندام‌های هوایی در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۱ آذر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش نشان دادکه دلیل آن را می‌توان به جوان‌تر بودن اندام‌های هوایی و بیش‌تر بودن قدرت ترمیم آن‌ها و هم‌چنین عدم وجود اندام رقابت‌کننده (غده) با اندام‌های هوایی برای جذب مواد غذایی نسبت داد. سرعت رشد اندام‌های هوایی رقم ساوالان در این تاریخ کاشت نیز در همه دوره‌های نمونه‌برداری (به‌استثنای دوره نمونه‌برداری اول) از سایر ارقام بیش‌تر بود. حداکثر سرعت رشد اندام‌های هوایی در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به‌ترتیب به ۳/۱۳، ۱۰/۱۲، ۷/۷۲ و ۳/۶۸ گرم در مترمربع در روز رسید که در روز ۱۰۵ بعد از خروج مشاهده و سپس کاهش یافت. در اواخر دوره رشد و نمو گیاه سرعت رشد اندام‌های هوایی در همه ارقام منفی گردید (شکل ٤). منفی شدن سرعت رشد اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در اواخر دوره رشد و نمو توسط دارابی (۲۰۱۷) نیز گزارش شده است (۱۲).



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد اندام‌های هوایی ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۱۱ آذر.

Fig. 3. Changes trend of haulm growth rate of studied cultivars in 1 Dec. planting date.

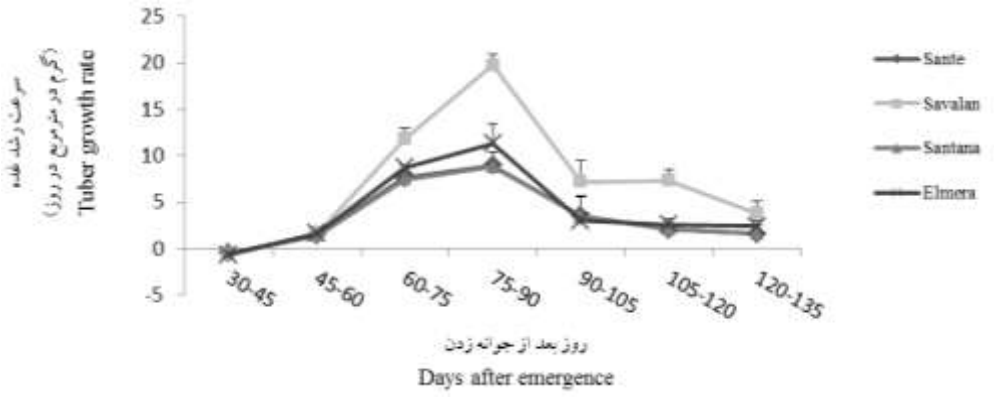


شکل ٤- روند تغییرات سرعت رشد اندام‌های هوایی ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۲۱ آذر.

Fig. 4. Changes trend of haulm growth rate of studied cultivars in 11 Dec. planting date.

سرعت رشد غده

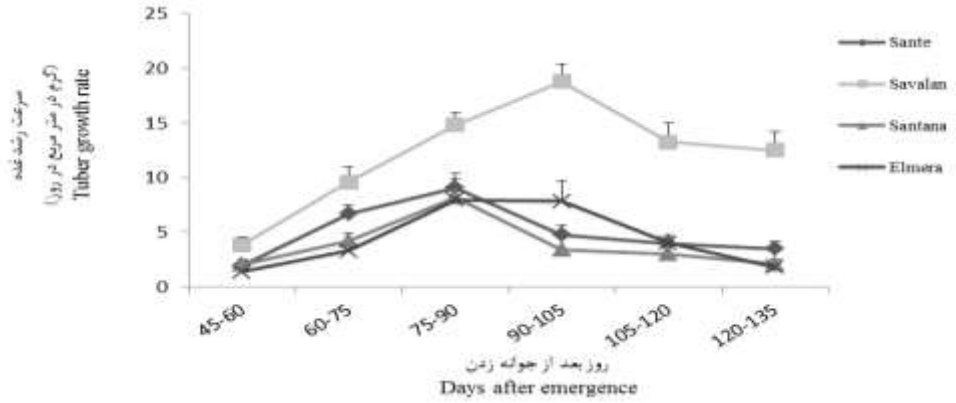
تاریخ کاشت ۱۱ آذر: در این تاریخ کاشت، ۳۰ روز بعد از خروج در همه ارقام غده مشاهده گردید. یعنی دوره رشد سبزینه‌ای ۳۰ روز بود. هر چه مدت زمان رشد سبزینه‌ای کوتاه‌تر باشد مرحله حجیم شدن غده طولانی‌تر شده و از طرف دیگر اندام‌های هوائی به‌عنوان یک منبع رقابت‌کننده برای جذب مواد غذای با غده، برای جذب مواد غذایی رقابت نخواهد کرد (۱۷). پرویزی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان مرحله رشد سبزینه‌ای حدود ٤٠ روز است، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود مرحله رشد سبزینه‌ای در این پژوهش در مقایسه با زراعت بهاره این محصول در همدان حدود ۱۰ روز کوتاه‌تر می‌باشد (۲۸). سرعت رشد غده تحت‌تأثیر عوامل فیزیولوژیکی از جمله رقم، اندازه غده بذری، تعداد غده تولید شده در واحد سطح، سن فیزیولوژیک غده و عوامل محیطی شامل تاریخ کاشت، دمای فصل رشد، مدیریت آبیاری و تغذیه، یخبندان و تگرگ می‌باشد (۱۹). در اولین دوره نمونه‌برداری بعد از غده‌زایی (٤٥-۳۰ روز بعد از خروج) سرعت رشد غده در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به‌ترتیب ۰/۵۳-، ۰/٦۲-، ۰/۵۳- و ۰/٦۷- گرم در مترمربع در روز بود. منفی شدن سرعت رشد غده بیانگر عدم تامین مواد غذایی مورد نیاز غده از سوی اندام‌های هوایی و گرسنگی شدید گیاه در این دوره می‌باشد. در دوره دوم نمونه‌برداری (٤٥ تا ٦۰ روز بعد از خروج) سرعت رشد غده در همه ارقام مثبت گردید که نشان‌دهنده آغاز تامین مواد غذایی مورد نیاز غده از سوی اندام‌های هوایی بود. تا دوره پنجم نمونه‌برداری (تا روز ۹۰ بعد از خروج) سرعت رشد غده در همه ارقام افزایش و سپس کاهش یافت. چنین روندی در ارتباط با سرعت رشد غده توسط دارابی و افتخاری (۲۰۱٤) نیز مشاهده شده است (۱٤). حداکثر سرعت رشد غده در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به‌ترتیب به ۸/۹۵، ۱۹/۷۵، ۸/۷٤ و ۱۱/۳۲ گرم در مترمربع در روز رسید (شکل ۵).



شکل ۵- روند تغییرات سرعت رشد غده ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۱۱ آذر.

Fig. 5. Changes trend of tuber growth rate of studied cultivars in 1 Dec. planting date.

تاریخ کاشت ۲۱ آذر: در تاریخ کاشت ۲۱ آذر در همه ارقام مورد بررسی ٤٥ روز بعد از خروج غده مشاهده گردید. یعنی در این تاریخ کاشت علی‌رغم کاهش دما و طول روز که شرایط مساعدتری برای تشکیل غده در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۱ آذر فراهم شده بود غده‌زایی دیرتر آغاز گردید که دلیل آن را می‌توان به وقوع یخبندان در مرحله رشد سبزینه‌ای نسبت داد. بین این نتایج و گزارش شیلدز و وای من (۱۹۸٤) که در صورت وقوع یخبندان در مرحله رشد سبزینه‌ای، غده‌زایی به تاخیر خواهد افتاد هماهنگی وجود دارد (۲۹). چانگ و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش نمودند که غده‌زایی در گیاهان صدمه دیده توسط یخبندان ٥٥ تا ٦۹ روز بعد از خروج گیاهان مشاهده شده است (۸). به دلیل این‌که غده‌زایی در این تاریخ کاشت تقریباً ۲٤ روز بعد از خاتمه یخبندان و ترمیم شدن گیاهان صورت گرفت، روند غیر عادی در رشد غده‌ها (منفی شدن سرعت رشد غده) مشاهده نگردید. در اولین دوره نمونه‌برداری بعد از غده‌زایی (٦۰-٤٥ روز بعد از خروج) سرعت رشد غده در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به ترتیب به ۱/۹٤، ۳/۸٤، ۲/۰۷ و ۱/۳۸ گرم در مترمربع در روز بود. روند تغییرات سرعت رشد غده در همه ارقام مورد بررسی یکسان نبود. در رقم ساوالان تا ۱۰٥ روز بعد از خروج و در سایر ارقام تا ۹۰ روز بعد از خروج سرعت رشد غده افزایش و سپس کاهش یافت. حداکثر سرعت رشد غده در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به‌ترتیب به ۹/۰۷، ۱۸/۸۱؛ ۸/۱۹ و ۷/۹٤ گرم در مترمربع در روز رسید. در این تاریخ کاشت نه تنها حداکثر سرعت رشد غده به رقم ساوالان مربوط بود بلکه در همه دوره‌های نمونه‌برداری نیز سرعت رشد غده این رقم از سایر ارقام بیش‌تر بود. با مقایسه سرعت رشد غده در دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر مشخص گردید که سرعت رشد غده تاریخ کاشت ۲۱ آذر در همه ارقام مورد بررسی در مقایسه با تاریخ ۱۱ آذر بالاتر بود. از طرف دیگر عملکرد غده در تاریخ کاشت ۲۱ آذر نیز از تاریخ کاشت ۱۱ آذر بیش‌تر بود. بنابراین هماهنگ با گزارش موسی‌پور گرجی و حسن‌آبادی (۲۰۱۳) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اختلاف در سرعت رشد غده در این دو تاریخ کاشت باعث اختلاف در عملکرد گردیده و سرعت رشد بیش‌تر غده، عملکرد بالاتری را نیز به دنبال داشته است (۲٥). علی‌رغم متوقف شدن رشد رویشی و کاهش وزن اندام‌های هوایی در اواخر دوره رشد و نمو گیاه، رشد غده در همه ارقام مورد بررسی امابا سرعت متفاوت، تا هنگام برداشت افزایش یافت که دلیل آن را می‌توان به باز جذب مواد ذخیره شده در آوندها نسبت داد (۱۹). تحت چنین شرایطی رقم ساوالان از توانایی بیش‌تری برای جذب مواد ذخیره شده برخوردار بود و به همین علت سرعت رشد غده این رقم در اواخر دوره رشد و نمو نیز به نحو قابل‌ملاحظه‌ای از سایر ارقام بیش‌تر بود (شکل ٦).

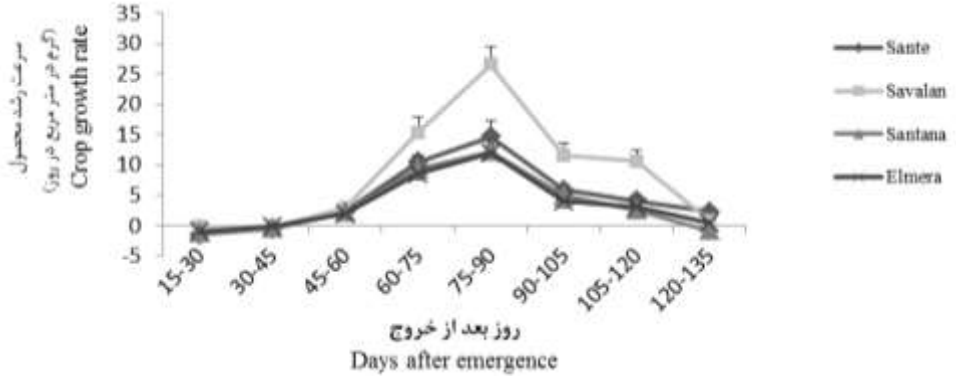


شکل ٦- روند تغییرات سرعت رشد غده ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۲۱ آذر.

Fig. 6. Changes trend of tuber growth rate of studied cultivars in 11 Dec. planting date.

سرعت رشد محصول

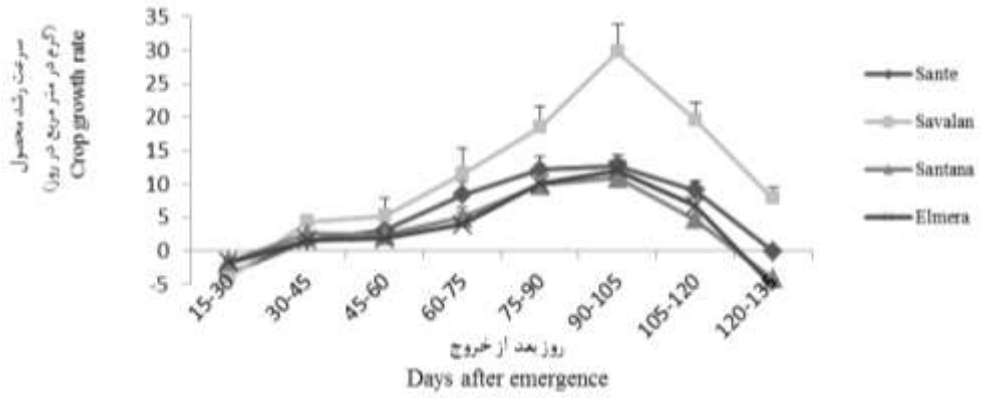
تاریخ کاشت ۱۱ آذر: به علت از بین رفتن اندام‌های هوایی سرعت رشد محصول در اولین دوره نمونه‌برداری منفی بود (در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به ترتیب ۱/٤٦-، ۳٦/-، ۱/۳۲- و ۱/۰۲- گرم در مترمربع در روز). در دوره دوم نمونه‌برداری علی‌رغم مثبت بودن سرعت رشد اندام‌های هوایی در بیش‌تر ارقام مورد بررسی (به‌استثنای رقم سانته) به‌دلیل منفی بودن سرعت رشد غده، سرعت رشد محصول هم‌چنان منفی بود. در دوره سوم نمونه‌برداری سرعت رشد محصول در همه ارقام مورد بررسی مثبت گردید. با افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش جذب نور، سرعت رشد محصول افزایش یافت. حداکثر سرعت رشد محصول در ارقام سانته، ساوالان و سانتانا و المرا به‌ترتیب به ۱٤/۹۵، ۲٦/٥۲٤، ۱۲/۲۲ و ۱۱/۹۱ گرم در مترمربع در روز رسید که در ۹۰ روز بعد از خروج گیاهان مشاهده گردید. هماهنگ با گزارش ال‌محمود و همکاران (۲۰۱٤) در اواخر دوره رشد و نمو به علت کاهش رشد رویشی و در سایه قرار گرفتن برگ‌های پیر سرعت رشد محصول سیر نزولی داشت و در رقم المرا منفی گردید (۲). در این تاریخ کاشت به دلیل بیش‌تر بودن سرعت رشد محصول رقم ساوالان در قسمت اعظم دوره‌های نمونه‌برداری، عملکرد این رقم از سایر ارقام بیش‌تر گردید (شکل ۷).



شکل ۷- روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۱۱ آذر.

Fig. 7. Changes trend of crop growth rate of studied cultivars in 1 Dec. planting date.

تاریخ کاشت ۲۱ آذر: همانند تاریخ کاشت ۱۱ آذر در این تاریخ کاشت نیز در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد محصول منفی بود. در دوره دوم نمونه‌برداری در همه ارقام این شاخص مثبت گردید. حداکثر سرعت رشد محصول در ارقام سانته، ساوالان، سانتانا و المرا به‌ترتیب به ۱۲/۷٤، ۲۹/۷۳، ۱۰/۸٦ و ۱۲/۰٤ گرم در مترمتربع در روز بود که در روز ۱۰۵ بعد از خروج مشاهده و سپس کاهش یافت. در دوره نمونه‌برداری آخر (۱۳۵–۱۲۰ روز بعد از خروج) در همه ارقام مورد بررسی به استثنای ساوالان این شاخص منفی گردید. چنین روندی در ارتباط با سرعت رشد محصول توسط سبحانی و حمیدی (۲۰۱٤) نیز گزارش شده است (۳۰). در این تاریخ کاشت نیز در قسمت بیش‌تر دوره رشد گیاه (به‌خصوص از روز ۹۰ بعد از خروج تا هنگام برداشت) سرعت رشد محصول رقم ساوالان به نحو قابل‌توجهی از سایر ارقام بیش‌تر بود (شکل ۸) و به‌همین دلیل حداکثر عملکرد توسط این رقم تولید گردید. وجود ارتباط مثبت بین عملکرد محصول و سرعت رشد غده توسط عباس (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است (۱). مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول و روند تغییرات سرعت رشد غده در هر دو تاریخ کاشت مشخص نمود که هماهنگ با گزارش دارابی (۲۰۱۷) بعد از تشکیل غده، روند تغییرات سرعت رشد گیاه متناسب با تغییرات سرعت رشد غده می‌باشد (۱۲).



شکل ۸- روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۲۱ آذر.

Fig. 8. Changes trend of crop growth rate of studied cultivars in 11 Dec. planting date.

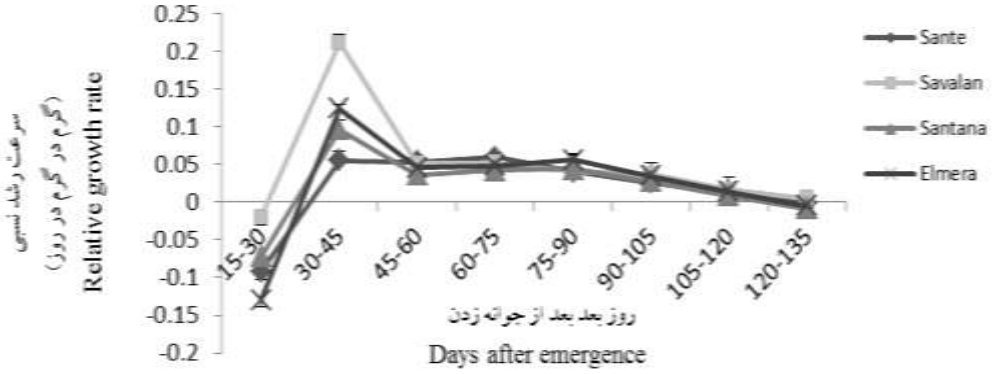
سرعت رشد نسبی گیاه

تاریخ کاشت ۱۱ آذر: در اولین دوره نمونه‌برداری به‌دلیل وقوع یخبندان سرعت رشد نسبی در همه ارقام منفی بود. در دوره دوم نمونه‌برداری نیز سرعت رشد نسبی در همه ارقام منفی بود. همانند سرعت رشد محصول از دوره سوم نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی در همه ارقام مثبت گردید. به جز دوره اول و دوم نمونه‌برداری اختلاف این شاخص رشد در همه ارقام مورد بررسی قابل‌توجه نبود. حداکثر سرعت رشد نسبی در همه ارقام در ۷۵ روز بعد از خروج مشاهده گردید و سپس کاهش یافت. چنین روندی در مورد تغییرات رشد نسبی سیب‌زمینی توسط ممپی و همکاران (۲۰۱٦) نیز گزارش شده است (۲٤). رقم سانته بیش‌ترین سرعت رشد نسبی (۰/۰۹۱ گرم در گرم در روز) را به خود اختصاص داد (شکل ۹).

شکل ۹- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۱۱ آذر.

Fig. 9. Changes trend of relative growth rate of studied cultivars in 1 Dec. planting date.

تاریخ کاشت ۲۱ آذر: در دوره اول نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی در همه ارقام مورد مطالعه منفی بود. در دوره دوم نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی مثبت گردید و بیش‌ترین سرعت رشد نسبی در همه ارقام نیز در این دوره مشاهده گردید. از دوره سوم نمونه‌برداری به‌دلیل بالا رفتن سن برگ‌ها، کاهش کارایی فتوسنتزی، وقوع سایه‌اندازی روی افق‌های تحتانی و نیز افزایش بافت‌های غیر فتوسنتزی (غده و استولون) سرعت رشد نسبی گیاه کاهش یافت (۲۰). در این تاریخ کاشت حداکثر سرعت رشد نسبی (۰/۲۱۱ گرم در گرم در روز) به رقم ساوالان مربوط بود. سرعت رشد نسبی رقم ساوالان تا اواسط دوره سوم نمونه‌برداری (حدود ۵۲ روز بعد از خروج) به‌نحو قابل‌ملاحظه‌ای از سایر ارقام بیش‌تر بود ولی از روز ٦٠ بعد از خروج تا هنگام برداشت اختلاف سرعت رشد نسبی همه ارقام مورد بررسی از نظر این شاخص قابل‌توجه نبود. در آخرین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی همه ارقام به‌استثنای ساوالان منفی گردید (شکل ۱۰). منفی شدن سرعت رشد نسبی در سیب‌زمینی توسط دارابی (۲۰۱۷) نیز گزارش شده است (۱۲).



شکل ۱۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت ۲۱ آذر.

Fig. 10. Changes trend of relative growth rate of studied cultivars in 11 Dec. planting date.

مقایسه عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد ماده خشک غده همه تیمارهای آزمایشی: نتایج تجزیه واریانس عملکرد همه تیمارهای آزمایشی در سه تاریخ کاشت مورد مطالعه مشخص نمود که اثر تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد غده در سطح ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد غده معنی‌دار نبود (جدول ۲). در مقایسه سه تاریخ کاشت مشخص گردید که عملکرد تاریخ کاشت اول دی ماه بر عملکرد دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۱ آذر در سطح ۱ درصد برتری داشت (جدول ۳). رقم ساوالان حداکثر عملکرد را تولید نمود. افزایش عملکرد این رقم در مقایسه با ارقام سانته، سانتانا و المرا معنی‌دار بود (جدول ٤). مطالعه اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت مشخص نمود که حداکثر عملکرد به رقم ساوالان در تاریخ کاشت اول دی مربوط بوده است. کاهش عملکرد ارقام سانته و سانتانا در این تاریخ کاشت و رقم ساوالان در تاریخ کاشت ۲۱ آذر نسبت به این تیمار معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد کل، متوسط تعداد غده، متوسط وزن غده، درصد وزنی غده‌های ریز، عملکرد قابل‌فروش و درصد ماده خشک غده.

Table 2. The results of variance analysis for yield, mean tuber number, mean tuber weight, small tuber percentage, marketable yield and tuber dry matter percentage.

منابع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		عملکرد Yield	تعداد غده Tuber numbrt	وزن غده Tuber weight	غده ریز Small tuber	عملکرد قابل‌فروش Marketable yield	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter percentage
تکرار Rep	2	3.180^{ns}	0.275^{ns}	9.822^{ns}	0.947^{ns}	2.588^{ns}	0.346^{ns}
تاریخ کاشت Planting date (P)	2	160.455**	3.398^{ns}	1053.580**	89.362**	115.404**	1.651^{ns}
خطای الف Error (a)	4	2.089	0.646	19.023	0.931	3.001	1.570
رقم Cultivar (C)	3	48.490**	5.454**	593.614**	52.783**	40.267**	43.825**
رقم × تاریخ کاشت R×C	6	4.483^{ns}	1.201^{ns}	66.384$^{n.s}$	25.709**	6.848*	1. 519^{ns}
خطای ب Error (b)	18	27.178	0.828	31.585	1.642	1.954	0.780

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

^{ns}, * and ** Non significant, significant at 5% and 1% probability level respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد کل، متوسط تعداد غده، متوسط وزن غده، درصد وزنی غده‌های ریز، عملکرد قابل‌فروش و درصد ماده خشک غده در تاریخ کاشت‌های مطالعه شده.

Table 3. Means comparison of yield, mean tuber number, mean tuber weight, small tuber percentage, marketable yield and tuber dry matter percentage in studied planting dates.

تاریخ کاشت Planting date	عملکرد کل Total yield (t ha^{-1})	تعداد غده Tuber number	وزن غده Tuber weight (gr)	عملکرد قابل‌فروش Marketable yield (t ha^{-1})	غده ریز Small tuber	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter percentage
۱۱ آذر 1 December	7.39^{b}	5.13^{a}	36.52^{b}	6.09^{b}	12.86^{a}	19.06^{a}
۲۱ آذر 11 December	7.60^{b}	5.52^{a}	41.13^{b}	6.80^{b}	9.96^{b}	19.20^{a}
۱ دی 21 December	13.99^{a}	6.18^{a}	54.56^{a}	11.78^{a}	7.41^{c}	19.76^{a}

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 1% probablity level using Duncan's Multiple Range.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های عملکرد کل، متوسط تعداد غده، متوسط وزن غده، درصد وزنی غده‌های ریز، عملکرد قابل‌فروش و درصد ماده خشک غده در ارقام مطالعه شده.

Table 4. Means comparison of yield, mean tuber number, mean tuber weight, small tuber percentage, marketable yield and tuber dry matter percentage in studied cultivars.

رقم Cultivar	عملکرد کل Total yield (t ha^{-1})	تعداد غده Tuber number	وزن غده Tuber weight (gr)	غده ریز Small tuber	عملکرد قابل‌فروش Marketable yield (t ha^{-1})	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter percentage
سانته Sante	8.92^{b}	6.31^{a}	42.93^{b}	11.57^{a}	7.80^{b}	20.99^{a}
ساوالان Santana	13.25^{a}	4.68^{b}	55.27^{a}	10.35^{a}	11.27^{a}	20.50^{a}
سانتانا Santana	8.48^{b}	5.25^{ab}	42.25^{b}	6.58^{b}	7.40^{b}	19.74^{a}
المرا Almera	8.74^{b}	6.20^{a}	35.84^{b}	11.82^{a}	5.41^{b}	16.12^{b}

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 1% probablity level using Duncan's Multiple Range.

با تجزیه واریانس تعداد غده در بوته مشخص گردید که اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر رقم بر میانگین تعداد غده در بوته در سطح ۱درصد معنی‌دار شد. رقم سانته حداکثر تعداد غده را تولید نمود. افزایش صفت مزبور در این رقم در مقایسه با ارقام سانتانا و المرا معنی‌دار نبود (جدول ٤).

اثر تاریخ کاشت و رقم بر میانگین وزن غده در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین وزن غده به تاریخ کاشت اول دی ماه مربوط بود و از نظر این صفت اختلاف این تاریخ کاشت با دو تاریخ کاشت دیگر معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تعداد غده در بوته به‌دلیل افزایش رقابت درون‌بوته‌ای، متوسط وزن غده کاهش می‌یابد. به‌همین دلیل در این بررسی بیش‌ترین متوسط وزن غده به رقم ساوالان که کم‌ترین تعداد غده را تولید نموده بود، تعلق داشت (جدول ٤). هماهنگ با این نتایج دارابی (۲۰۱٦) نیز گزارش نمود با کاهش تعداد غده در بوته، متوسط ورن غده افزایش یافته است (۱۱). یکسان بودن روند تغییرات میانگین وزن غده ارقام مورد بررسی در سه

تاریخ کاشت مورد مطالعه سبب گردید که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر این صفت معنی‌دار نشود (جدول ۲).

در سیب‌زمینی علاوه بر عملکرد کل، عملکرد قابل‌فروش نیز بسیار دارای اهمیت می‌باشد، زیرا بخش قابل توجهی از غده‌ها به علل مختلف از جمله رشد ثانویه، ریز بودن، ترک‌خوردگی و گندیدگی ممکن است قابلیت عرضه به بازار را نداشته باشند. به‌همین دلیل در این بررسی علاوه بر عملکرد کل، عملکرد قابل‌فروش نیز مورد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که همانند عملکرد کل، بیش‌ترین عملکرد قابل‌فروش به تاریخ کاشت اول دی ماه تعلق داشت (جدول ۳). رقم ساوالان حداکثر عملکرد قابل‌فروش را تولید نمود. بررتری عملکرد قابل فروش رقم مزبور بر سه رقم دیگر در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ٤). به دلیل یکسان نبودن روند تغییرات عملکرد قابل‌فروش ارقام موردبررسی در سه تاریخ کاشت مطالعه شده، اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر این صفت در سطح ۱درصد معنی‌دارشد (جدول ۲). رقم ساوالان در تاریخ کاشت اول دی ماه بیش‌ترین عملکرد قابل فروش را به خود اختصاص داد. از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری بین دو رقم سانته و ساوالان در تاریخ کاشت اول دی ماه مشاهده نشد (جدول ٤).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد کل، متوسط تعداد غده، متوسط وزن غده، درصد وزنی غده‌های ریز، عملکرد قابل‌فروش و درصد ماده خشک غده در اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم.

Table 5. Means comparison of yield, mean tuber number, mean tuber weight, small tuber percentage, marketable yield and tuber dry matter percentage in interaction effect of planting date and cultivar.

تاریخ کاشت Planting date	رقم Cultivar	عملکرد کل Total yield (t ha^{-1})	تعداد غده Tuber number	وزن غده Tuber weight (gr)	غده ریز Small tuber	عملکرد قابل‌فروش Marketable yield (t ha^{-1})	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter percentage
۱۱ آذر 1 December	سانته Sante	5.25^{f}	5.39^{ab}	37.00^{cdef}	17.33^{a}	4.32^{e}	20.40^{ab}
	ساوالان Santana	10.41^{bcdef}	4.13^{b}	48.67^{abcd}	15.20^{ab}	8.25^{cd}	20.09^{ab}
	سانتانا Santana	6.80^{def}	5.33^{ab}	31.14^{ef}	7.00f^{g}	6.03^{de}	19.00^{bc}
	المرا Almera	7.09^{cdef}	5.67^{ab}	29.27^{f}	11.92^{cd}	5.74^{de}	16.74^{cd}
۲۱ آذر 11 December	سانته Sante	6.64^{def}	6.12^{ab}	41.23^{bcdef}	11.31^{cde}	5.79^{de}	20.70^{ab}
	ساوالان Santana	12.04^{abcd}	4.06^{b}	55.62^{ab}	8.61^{efg}	10.70^{bc}	20.13^{ab}
	سانتانا Santana	6.24^{f}	5.27^{ab}	35.16^{def}	5.89^{g}	5.41^{de}	19.77^{ab}
	المرا Almera	6.92^{ef}	6.62^{a}	32.25^{ef}	14.05^{bc}	5.29^{de}	16.21^{d}
۱ دی 21 December	سانته Sante	14.87^{ab}	7.41^{a}	50.55^{abc}	6.06^{g}	13.29^{ab}	21.88^{a}
	ساوالان Santana	17.29^{a}	5.86^{ab}	61.52^{a}	7.24^{fg}	14.86^{a}	21.29^{ab}
	سانتانا Santana	12.40^{abc}	5.15^{ab}	60.44^{a}	6.84^{fg}	10.76^{bc}	20.46^{ab}
	المرا Almera	11.40^{bcde}	6.30^{ab}	45.71^{bcde}	9.49^{def}	8.20^{cd}	15.41^{d}

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 1% probablity level using Duncan's Multiple Range.

غده‌های ریز یکی از اجزا مهم تشکیل‌دهنده عملکرد غیر قابل‌فروش می‌باشند. به دلیل عدم امکان حجیم شدن غده‌های یک بوته، همیشه تعدادی از غده‌های یک بوته ریز می‌باشند (۲۱). نتایج تجزیه واریانس غده‌های ریز مشخص نمود که اثر تاریخ کاشت، اثر رقم و اثر متقابل این دو عامل بر درصد وزنی غده‌های ریز در سطح ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین درصد وزنی غده‌های ریز به علت پایین بودن قدرت ترمیم بوته‌ها به تاریخ کاشت ۱۱ آذر مربوط بود. این صفت در دو تاریخ کاشت دیگر در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۱ آذر افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). کم‌ترین درصد وزنی غده‌های ریز به رقم سانتانا تعلق داشت. افزایش این صفت در سه رقم مطالعه شده دیگر در مقایسه با رقم مزبوردر سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). مطالعه میانگین‌ها در اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت نشان داد که بیش‌ترین درصد وزنی غده‌های ریزبه رقم سانته در تاریخ کاشت ۱۱ آذر تعلق داشته است. افزایش این صفت در همین تاریخ کاشت در رقم ساوالان نسبت به رقم سانته معنی‌دار نبود (جدول ۵).

در این پژوهش علی‌رغم تغییر قابل ملاحظه شرایط محیطی در تاریخ کاشت‌های مورد مطالعه در دوره رشد و نمو گیاه اثر تاریخ کاشت بر درصد ماده خشک غده معنی‌دار نشد (جدول ۳) که بیانگر این مطلب است که این صفت به‌شدت تحت کنترل خصوصیات ژنتیکی گیاه می‌باشد. بیش‌ترین درصد ماده خشک غده به رقم سانته تعلق داشت. اختلاف درصد ماده خشک این رقم با ارقام ساوالان و سانتا در سطح ۱ درصد معنی‌دار نبود (جدول ٤).

نتیجه‌گیری

حال با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری نمود با عنایت به احتمال ۵۰ درصدی وقوع یخ‌بندان در دی و یا اوایل بهمن ماه در منطقه، از کشت زمستانه این محصول قبل از دی ماه باید اجتناب نمود. هر چه فاصله زمانی تاریخ کاشت با اول دی بیش‌تر شود در صورت وقوع یخ‌بندان کاهش عملکرد این محصول شدیدتر خواهد بود. رقم ساوالان هم در صورت وقوع و هم در صورت عدم وقوع یخ‌بندان برترین رقم برای کشت سیب‌زمینی در منطقه خوزستان می‌باشد.

منابع

1.Abbas, G. 2011. Evaluation and selection of potato genotypes for better yield, storage and processing attributes. Ph.D. Thesis. Faculty of Crop and Food Science. Arid Agriculture. University Rawalpindi, Pakistan. 298p.

2.Al-Mahmud, A., Altaf, H., Abdullah, A., Shamimuzzaman, E.H., Shafiur, R., Shawquat, A.K. and Bazzaz, B. 2014. Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. J. Plant Sci. 2: 5. 201-208.

3.Anonymus. 2018. Agricultural statistics, first volume-horticultural and field crop, 2016-17. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Programing and Economic Deputy, Statistics and Information Technology Office, 68p. (In Persian)

4.Arvin, M.J. and Donnelly, D.J. 2008. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. J. Agric. Sci. Technol. 10: 33-42.

5.Birch, P.R., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E.M., Hein, I., Jones, J.T., Prashar, A., Taylor, M.A., Torrance, L. and Toth, I.K. 2012. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? Food Sec. 4: 4. 477-508.

6.Boydstone, R.A., Seymour, M.D. and Alva, K. 2006. Freezing behavior of potato (*Solanum tuberosum*) in soil. Am. J Potato Res. 83: 308-315.
7.Carrasco, E., Devaux, A., Garcia, W. and Esprella, R. 1997. Frost tolerant potato varieties for the Andean Highlands. In: International Potato Center, Program Report 1995–1996. International Potato Center, Lima, pp. 227-232.
8.Chang, D.C., Sohn, H.B. and Cho, J.H. 2014. Freezing and frost damage of potato plants: a case study on growth recovery, yield response, and quality changes. Potato Res. 57: 2. 99-110.
9.Condori, B., Hijmans, R.J., Ledent, J.F. and Quiroz, R. 2014. Managing potato biodiversity to cope with frost risk in the high Andes: A modeling perspective. Plos One. 9: 1. 1-11.
10.Cottenie, A., Verloo, M., Velghe, G. and Aerlynk, R.C.O. 1982. Chemical Analysis of Plant and Soil. Laboratory of analytical and agro-chemistry State University, Ghent, Belgium.
11.Darabi, A. 2016. Comparison agronomic characteristics and yield of advanced clones and potato cultivars in autumn planting in farmers conditions in Behbahan and Ramhormoz regions. Final report. Khuzestan Agricultural and Natural Sources Research and Education Center. 15p. (In Persian)
12.Darabi, A. 2017. Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and growth analysis of new potato genotypes. Iran. J. Hort. Sci. Tech. 18: 3. 271-286. (In Persian)
13.Darabi, A. and Hassanabadi, H. 2013. Evaluation of potato yield damaged by frost in Khuzestan province. Proceedings of the 8th Iranian Horticultural Science Congress. Bu-Ali Sina University. 26-29 August 2013. Hamedan. 28p. (In Persian)
14.Darabi, A. and Eftekhari, S.A. 2014. Investigaton the phenology stages and some growth indices of three potato (*Solanum Tuberosum* L.) cultivars. Plant Prod. Agron. Bre. Hort. (Sci. J. Agric.) 37: 2. 53-68. (In Persian)
15.Ewing, E.E. and Struik, P.C. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. Hort. Rev. 14: 89-198.
16.Haverkort, A.J. and Struik, P.C. 2015. Yield levels of potato crops: recent achievements and future prospects. Field Crop Res. 182: 76-85.
17.Hijmans, R.J., Condori, B., Carillo, R. and Kropff, M.J. 2003. A quantitative and constraint-specific method to assess the potential impact of new agricultural technology: the case of frost resistant potato for the Altiplano (Peru and Bolivia). Agric. Sys. 76: 895-911.
18.Kazemi, M., Hassanabadi, H. and Tavakoli, H. 2011. Potato production management. Nashr-e-Amozesh and Tarvij Keshavarzi, Tehran. 156p. (In Persian)
19.KleinKopf, G.E., Brandt, T.L. and Olsen, N. 2003. Physiology of tuber bulking. In: Proceedings of Idaho Potato Conference. Idaho, ID, 23-January. 4p.
20.Koocheki, A., Rashed Mohassel, M.H., Nasiri, M. and Sadar Abadi, R. 1995. Physiology of Plant Growth and Development. Emam Reza University, Mashhad. 404p. (In Persian)
21.Levy, D. and Veilleux, R.E. 2007. Adaptation of potato to high temperature and salinity - a review. Am. J. Potato Res. 84: 6. 486-506.
22.Lizan, X.C., Avilab, A., Tolabab, A. and Martinez, J.P. 2017. Field responses of potato to increased temperature during tuber bulking: Projection for climate change scenarios, at high-yield environments of Southern Chile. Agric. Forest Met. 239: 192-201.
23.Malakoti, M.G. and Tehrani, M.M. 1999. The Role of Micronutrients in Increasing Yield and Qulatiy of Agricultural Crops.Trabiat Modarres University Publication, Tehran. 185p. (In Persian)
24.Mompie, E.I.J., Martín, R. M., Guevara, D.M. and Hernandez, Y.D. 2016. Classic growth analysis in three potato (*Solanum tuberosum* L.) Varities. Cul. Trop. 37: 2. 79-87.

25.Mousapour Gorgh, A. and Hassanabadi, H. 2012. Analysis of growth and variation in trends of potato cv. Agria in different planting date. Seed Plant Prod. J. 28-2: 2. 187-208. (In Persian)
26.Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. P 403-427. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
27.Palta, J.P., Bamberg, J.B. and Vega, S.E. 2008. Improving freezing tolerance of cultivated potatoes: Moving frost hardy genes from wild potatoes and making real progress using precise screening tools. J. Hort. Sci. 43: 1108.
28.Parvizi, K., Souri, J. and Mahmoodi, R. 2011. Evaluation of cultivation date on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in Hamadan province. J. Hort. Sci. 25: 1. 82-93. (In Persian)
29.Shields, E.J. and Wyman, J.A. 1984. Effect of defolation at specific growth stages on potato yield. J. Eco. Ento. 77: 1194-1199.
30.Sobhani, A.R. and Hamidi, H. 2014. Evaluation of yield and growth index of potato under deficit irrigation. Iran. J. Field Crop Res. 12: 2. 283-295. (In Persian)
31.Tekalign, T. and Hammes, P.S. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. Sci. Hort. 105: 29-44.
32.Venter, C. 2006. Inheritance of freezing stress in South African potato (*Solanum tuberosum* L.) germplasm. Submitted in fulfillment of the requirements for the degree M.SC.. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. 80p.
33.Waglay, A., Karboune, S. and Alli, I. 2014. Potato protein isolates recovery and characterization of their properties. Food Chem. 142: 373-382.