نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۴- شماره ۴- پیایند ۱۳۳ زمستان ۱۴۰۰

ارزیابی پاسخ ارقام جدید سیب زمینی به دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیر

Evaluation of new potato cultivars response to autumn and winter cultivation seasons in tropical regions

مهدی جهان نجاتی[1]، احمد آئین[2*]، محمد حسن شیرزادی[3] و غلامرضا افشارمنش[4]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.
۲. دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. (نگارنده مسئول)
۳. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.
۴. دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱ - شناسهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2022.356697.1575

چکیده

جهان نجاتی، م.، آئین، ا.، حسن شیرزادی، م. ح.، افشارمنش، غ.، . **ارزیابی پاسخ ارقام جدید سیب زمینی به دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیر.**
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۴ - شماره ۴- پیایند ۱۳۳ زمستان ۱۴۰۰ صفحه: ۵۶-۳۱

این تحقیق به‌منظور معرفی ارقام جدید سازگار با کاشت درپاییز و زمستان در مناطق گرمسیر جنوب استان کرمان انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به‌مدت دو سال زراعی اجرا شد. فصل کشت در دو سطح (پاییز و زمستان) به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام سیب‌زمینی در ۱۰ سطح شامل کنکوردیا، اوتاوا، جورجینا، ریبرا، کرونادا، کولومبا، سیلوانا، چلنجر، آتوسا و سانته به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین وزن غده قابل فروش در بوته از رقم کولومبا در کشت پاییزی سال اول و رقم اتاوا در کشت زمستانی در هر دو سال حاصل شد. کمترین درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش مربوط به رقم کولومبا در کشت پاییزی سال اول و کشت زمستانی سال دوم بود. بالاترین شاخص برداشت (۷۸/۴ درصد) از رقم کولومبا درکشت پاییزی به‌دست آمد. وزن غده قابل فروش در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک در هردو سال آزمایش، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد قابل فروش داشتند. ارقام کولومبا، اتاوا و سانته در کشت پاییزی سال اول به ترتیب با عملکرد قابل فروش ۴۴/۲۳، ۴۴/۱۹ و ۴۲/۹۴ تن در هکتار و در سال دوم با ۴۲/۳۵، ۴۰/۶۵ و ۴۰/۳۷ تن در هکتار برتر از سایر ارقام بودند. هم‌چنین در کشت زمستانی ارقام اتاوا و کولومبا با تولید ۴۶/۱ و ۴۲/۳۶ تن در هکتار در سال اول و۴۸/۴ و ۴۳/۰۲ تن در هکتار در سال دوم، برتر بودند. بنابراین ارقام کولومبا، اتاوا و سانته برای کاشت پاییزی و ارقام اتاوا و کولومبا برای کشت زمستانی در مناطق گرمسیر جنوب کرمان،توصیه می‌شوند.

واژه های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد قابل فروش، فصل کشت و ماده خشک غده.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: A.Aien@areeo.ac.ir

مقدمه:

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا است که پس از ذرت، گندم و برنج از نظر میزان تولید جهانی در رتبه چهارم قرار دارد (F.A.O, 2021). بر اساس آمار وزارت جهادکشاورزی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، سطح زیرکشت و میزان تولید سیب‌زمینی کشور به‌ترتیب ۱۴۲ هزار هکتار و ۵/۲۴ میلیون تن برآورد شده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). امروزه تولید سیب‌زمینی در بسیاری از اقلیم‌های مختلف از مناطق سرد، سرد معتدل تا نیمه‌گرمسیر و گرمسیر صورت می‌گیرد. انتظار می‌رود که در نتیجه تغییرات اقلیمی، بخش بزرگی از مناطق تولید سیب‌زمینی در دهه‌های آتی در معرض دماهای بالا قرار گیرند(Monneveux *et al.,* 2014). به‌نظر می‌رسد که اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد سیب‌زمینی در مناطق معتدل مثبت و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری منفی باشد (Hancock *et al.,* 2014). برآورد شده است تولید سیب‌زمینی در هند، تا سال ۲۰۵۰ در اثر گرم شدن جهانی ۱۳/۷۲ درصد کاهش یابد (Singh *et al.,* 2009). یکی از مهم‌ترین راهکارهای تخفیف و تعدیل اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی، معرفی ارقام سازگار و تاریخ کاشت مناسب برای هر منطقه است (Hijmans *et al.,* 2003). سازگاری گیاه زراعی به شرایط محیطی (که در وهله اول به اختصاص متناسب فصل کشت به دوره‌های رویش و زایشی بر می‌گردد) نتیجه برهم‌کنش پاسخ‌های گیاه به عوامل محیطی مختلف (نظیر دما و دوره نوری) است (Hay & Porter, 2006).رقم و میزان سازگاری آن با شرایط اقلیمی منطقه مورد کاشت، از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر تعیین عملکرد گیاهان زراعی است (Kang, 2002). همچنین گزارش شده است که بسیاری از صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی، تحت تأثیر رقم، شرایط منطقه کشت، چگونگی مدیریت مزرعه و سایر نهاده‌ها است (Liu *et al.,* 2007). ارقام سیب‌زمینی در محیط‌های مختلف، عکس‌العمل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند که میزان شدت و ضعف آن نیز با نوع رقم مرتبط می‌باشد و رقمی مناسب است که دارای تغییرات کمتر در محیط‌های مختلف باشد (Musapour Gorji *et al.,* 2008). تولید و کیفیت غده سیب‌زمینی تحت تاثیر عوامل متعددی از جمله رقم مورد استفاده، تنش‌های دمایی (گرما و سرما) و رطوبتی و عوامل تغذیه‌ای قرار می‌گیرد(Levy, 1985; Levy & Veilleux, 2007; Aien *et al.,* 2017) . در راستای معرفی ارقام سازگار و متحمل به درجه حرارت‌های بالا، رقم کوفری سوریا به‌عنوان رقم متحمل به تنش گرمایی برای کشت در مناطق جلگه‌ای گرمسیر هند (دهلی‌نو) توصیه گردید (Aien *et al.,* 2017).

زراعت سیب‌زمینی در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر کشور همواره با چالش گرمای اول فصل و سرمازدگی مراحل پایانی رشد درکشت پاییزیو با گرمای شدید آخر فصل درکشت زمستانی همراه است. یکی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله با این معضلات، شناسایی و معرفی ارقام سازگار از گروه‌های زودرس تا

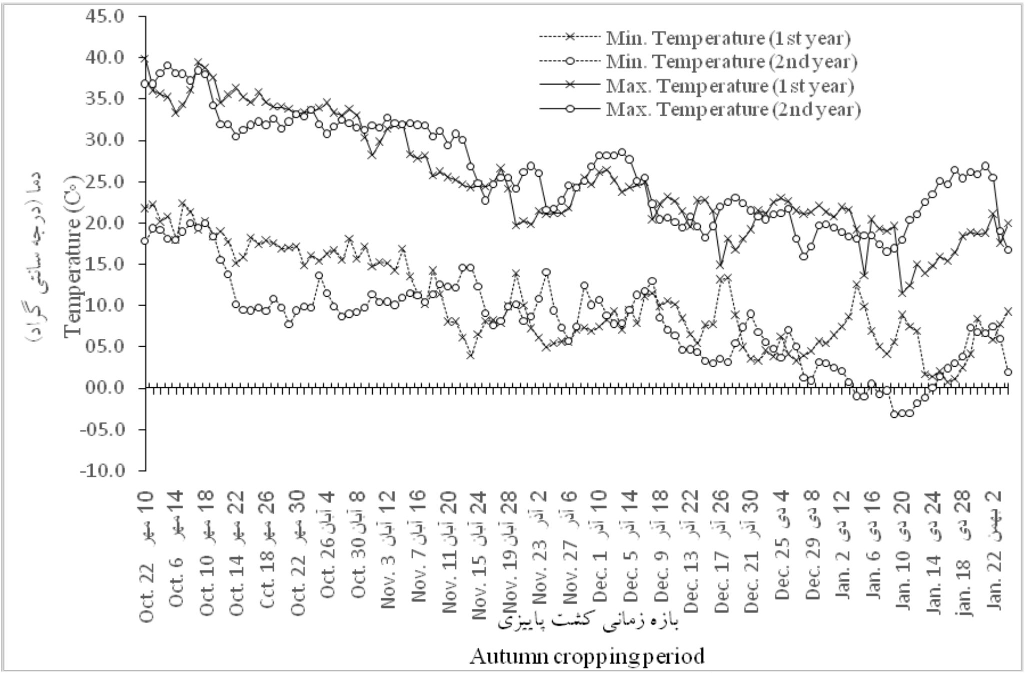
نیمه‌زودرس است که تحقیقات متعددی در این زمینه انجام شده است. در بررسی اثر فصل و عمق کاشت بر خصوصیات عملکرد ارقام تجاری سیب‌زمینی در اصفهان مشاهده شد تاریخ‌های کاشت اسفند و بهمن از نظر عملکرد کل، عملکرد غده‌های درشت (بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر)، غده‌های بذری (۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر) و غده‌های ریز (کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر) برتری معنی‌داری نسبت به تاریخ کاشت آبان ماه دارند (Mortazavibak &Aminpour, 2001). در تحقیق دیگری نشان داده شد که امکان کاشت سیب زمینی در منطقه بشرویه استان خراسان جنوبی در دو فصل زمستان و تابستان وجود دارد و به این منظور باید از رقم های زودرس و میان رس و در اولین فرصت در بهمن ماه و یا اواخر مرداد ، استفاده کرد (Shojaei *et al.,* 2019). گزارش تحقیقات انجام شده در خصوص ارقام مناسب و سازگار برای مناطق گرمسیر کشور نشان می‌دهد که برای کاشت پاییزی مناطق گرمسیر کشورارقام سانته (Khodadadi *et al.,* 2003; Darabi 2007; Felenji & Ahmadizadeh, 2011) ، ساتینا (Felenji & Ahmadizadeh, 2011) و خاوران و جاوید (Darabi & Eftekhari, 2014) مناسب است. هم چنین برای کاشت زمستانی در این مناطق، ارقام ایلونا، بینلا، آریندا،کاسموس، سانته و ساتینا (Darabi 2007; Aien & Jalali, 2018) ، بانبا و جلی (Darabi, 2020) و ساوالان(Darabi & Salehi, 2015) توصیه شده‌اند.

ارقام سیب‌زمینی برای کشت‌های خارج از فصل در مناطق گرمسیر، باید دارای ویژگی‌های خاص ازجمله زودرسی، جوانه‌زنی سریع، دوره خواب کوتاه، سرعت بالای رشد غده، متحمل به تنش‌های دمایی و پتانسیل تولید بالا، باشند (Aien, 2010; Darabi, 2020). معرفی ارقام جدید سازگار با شرایط کشت خارج از فصل (پاییزی و زمستانی) در مناطق گرمسیر با توجه به محدودیت فصل رشد و تنش گرمایی اول فصل رشد درکشت پاییزی و آخر فصل رشد درکشت زمستانی و هم‌چنین تنش سرمایی درکشت پاییزی، دارای اهمیت زیادی است. سئوال اصلی این تحقیق این است که آیا ارقام جدید سیب‌زمینی، ویژگی‌های مطلوب و موردنظر برای کشت پاییزی یا زمستانی و یا هر دو کشت، در مناطق جنوبی کشور ازجمله جنوب استان کرمان را دارند و آیا نسبت به ارقام رایج منطقه برتری دارند و درنهایت می‌توان آن‌ها را به کشاورزان توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

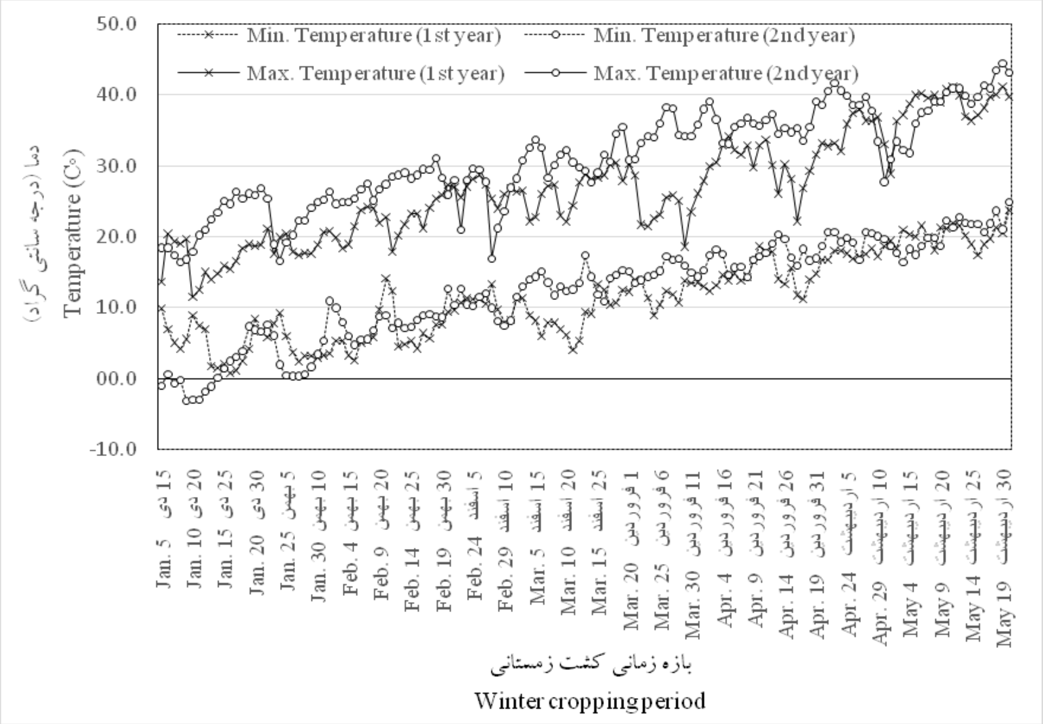
این تحقیق به‌منظور معرفی ارقام جدید سازگار با فصل کشت پاییزی و زمستانی، به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب استان کرمان (واقع درجیرفت) اجرا شد. در این تحقیق فصل کشت در دو سطح شامل کاشت پاییزی و کاشت زمستانی به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام سیب زمینی در ۱۰ سطح شامل کنکوردیا، اوتاوا، جورجینا، ریبرا، کرونادا، کولومبا، سیلوانا، چلنجر، آتوسا و سانته به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. ویژگی‌های

آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. قبل از کاشت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تعیین شد (جدول ۱). قبل از عملیات خاکورزی زمین مورد نظر آبیاری شد و پس از گاورو شدن زمین، عملیات آماده سازی زمین شامل شخم عمیق و دیسک انجام و بلافاصله کشت در خاک با رطوبت مناسب (هیرم کاری) صورت گرفت. زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل، آیش بود. تاریخ کاشت در فصل کشت پاییزی ۱۰ مهرماه و در فصل کشت زمستانی ۱۵ دی‌ماه بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۴ متر بود. فواصل ردیف‌ها ۷۵ و فواصل بین بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.(Mirzaei, 1999) غده‌ها قبل از کاشت به‌صورت یکنواخت پیش‌جوانه‌دار شدند. برای پیش‌جوانه دار کردن غده‌ها، حدود یک ماه قبل از کاشت غده‌ها از سردخانه خارج شدند و ابتدا به‌مدت یک هفته در شرایط تاریکی با دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس غده‌ها به‌مدت سه هفته در معرض نور غیرمستقیم و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا جوانه‌زنی آن‌ها تکمیل و جوانه‌های قوی و محکم تولید شوند. بذر تمام ارقام از طبقه بذری سوپرالیت انتخاب شدند. میانگین وزن غده های مورد کاشت ۶۰ گرم بود. مصرف کودهای شیمیایی موردنیاز بر اساس نتایج آزمون خاک و با در نظر گرفتن میزان کود مرغی مورد استفاده صورت گرفت و میزان آن عبارت بود از ۱۵۰ و ۱۲۵ کیلوگرم درهکتار به‌ترتیب سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاس در سال اول



شکل ۱- ویژگی‌های آب و هوایی در مدت اجرای آزمایش در کشت پاییزی

Fig 1.The meteorological features during the research period in autumn cropping



جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site

سال Year	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (mg kg^{-1})	پتاسیم K (mg kg^{-1})
سال اول First year	شنی لومی Sandy loam	2.36	7.7	0.017	9.3	238
سال دوم Second year	شنی لومی Sandy loam	2.52	7.8	0.012	10.7	214

اجرای آزمایش و در سال دوم آزمایش ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار به‌ترتیب سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاس، که کودهای مذکور قبل از سبز شدن بوته‌ها به‌صورت نواری استفاده شدند. کود نیتروژن به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار طی سه مرحله (قبل از سبز شدن بوته‌ها، در مرحله خاک‌دهی پای بوته‌ها و سه هفته پس از آن) مصرف شد. کود مرغی حدود سه هفته پس از سبز شدن به میزان ۵ تن در هکتار در زیر نوار تیپ‌ها و با فاصله تقریبی ۲۰ سانتی‌متری بوته، استفاده شد. آبیاری به صورت قطره‌ای و با نوار تیپ انجام شد. علف‌های هرز مزرعه به‌صورت وجین دستی و طی دو مرحله، کنترل شدند. برای کنترل بیماری لکه موجی آلترناریایی سیب‌زمینی از قارچ‌کش کلرتالونیل (داکونیل) به‌میزان ۲ لیتر درهکتار استفاده شد. در طول دوره آزمایش هیچ آفت خسارت‌زایی مشاهده نشد.

تاریخ برداشت در کشت پاییزی در سال اول ۵ بهمن و در سال دوم ۲۰ دی و در کشت

زمستانی در هر دو سال آزمایش، ۲۵ اردیبهشت بود. برای اندازه‌گیری صفات تعداد غده در بوته و میانگین وزن غده به تفکیک قابل‌فروش و غیرقابل فروش، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی در هر کرت انتخاب و تعداد غده در بوته و میانگین وزن غده آن‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (در سال دوم کشت پاییزیبا توجه به رخداد سرمازدگی، هم‌زمان با برداشت و در سایر موارد حدود ۵ تا ۷ روز قبل از برداشت نهایی) اندازه‌گیری شد. غده‌های با وزن کمتر از ۲۵ گرم به همراه غده‌های ترک خورده، پوسیده و با رشد ثانویه، به‌عنوان غده‌های غیرقابل فروش منظور شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد غده قابل‌فروش و غیرقابل فروش، سه ردیف میانی هر کرت پس از حذف حاشیه در نظر گرفته شدند. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های گیاه به تفکیک (اندام‌های هوایی، غده و ریشه) و برآورد شاخص برداشت، یک مترمربع از مساحت هر کرت به‌طور کامل برداشت و اندام‌های گیاه تفکیک، خشک و توزین شدند. شاخص برداشت از طریق تقسیم وزن خشک غده قابل فروش بر عملکرد بیولوژیک (وزن خشک اندام هوایی، ریشه، غده قابل فروش و غیرقابل فروش) ضربدر ۱۰۰، محاسبه گردید. برای خشک‌کردن اندام‌های گیاهی از آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد. برای تعیین درصد ماده خشک غده‌ها، از هر تیمار مقدار ۲۰۰ گرم نمونه تصادفی از قسمت‌های مختلف چندین غده به صورت مکعب یک در یک سانتی‌متری تهیه و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند و با استفاده از روش تناسب، درصد ماده خشک محاسبه گردید (Mousapour Gorji & Hassanabadi, 2012).

تجزیه وتحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزارآماری SAS 9.4 انجام و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس دو سال، تجزیه مرکب و ساده صفات به تفکیک سال اول و دوم، انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب بر اساس داده‌های دو سال نشان داد که اثر متقابل سال در فصل کشت در رقم بر همه صفات موردبررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). این موضوع بیانگر تاثیر پذیری صفات ارزیابی شده از عوامل مورد مطالعه و عوامل محیطی به‌خاطر شرایط متفاوت در طی دو سال آزمایش می‌باشد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سال و عوامل مورد بررسی، جهت بررسی دقیق‌تر روند تغییرات صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه واریانس داده‌های دو سال به‌صورت جداگانه انجام گردید (جداول ۳ و ۵).

وزن غده قابل فروش و غیرقابل فروش در بوته

نتایج تجزیه واریانس سال اول و دوم بیانگر معنی‌دار بودن اثر متقابل فصل کشت و رقم بر میانگین وزن غده قابل فروش و غیرقابل فروش در بوته بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کشت و رقم نشان داد که واکنش ارقام مورد بررسی به فصل کشت متفاوت می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میانگین وزن

غده قابل فروش در بوته در سال اول به‌ترتیب به‌میزان ۷۳۴ و ۶۹۸ گرم در بوته از رقم کولومبا در فصل کشت پاییزیو رقم اتاوا در فصل کشت زمستانی حاصل شد و کمترین میانگین وزن غده قابل فروش در بوته از ارقام ریبرا و کرونادا در فصل کشت زمستانی به‌دست آمد. در سال دوم بالاترین میانگین وزن غده قابل فروش در بوته به‌میزان ۷۳۵ گرم در بوته مربوط به رقم اتاوا در فصل کشت زمستانی بود و رقم چلنجر در فصل کشت پاییزی کمترین میانگین وزن غده قابل فروش در بوته را داشت (جدول ۴).

در بررسی اثر متقابل فصل کشت و رقم بر میانگین وزن غده غیرقابل فروش در بوته، ملاحظه شد که پاسخ ارقام به فصول کاشت بسیار متفاوت بود. رقم کولومبا در هر دو فصل کشت کمترین میانگین وزن غده غیرقابل فروش در بوته را داشت و از این نظر نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برتر بود. بیشترین میانگین وزن غده غیر قابل فروش در سال اول به میزان ۹۷ گرم در بوته مربوط به رقم جورجینا در فصل کشت زمستانی بود. اما در سال دوم ارقام ریبرا و جورجینا در فصل کشت زمستانی به‌ترتیب با تولید ۷۴ و ۷۳ گرم غده غیرقابل فروش در بوته بیشترین مقدار غده غیر قابل فروش در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۴)، افزایش میانگین وزن غده‌های غیرقابل فروش در بوته شامل غده‌های ریز، غده‌های با رشد ثانویه و پوسیده در ارقام مذکور در فصل کشت زمستانی احتمالا به‌دلیل برخورد مرحله حجیم‌شدن غده‌ها با درجه حرارت‌های بالا، است (شکل ۲). دماهای بالا علاوه بر این‌که بر عملکرد غده تاثیرگذارند، می‌توانند سبب تغییر در نسبت تعداد و وزن غده‌های درشت و ریز شده و در نتیجه بازارپسندی محصول را تحت تاثیر قرار دهند، در این شرایط معمولا تعداد و وزن غده های بازار پسند کاهش می‌یابد(Kim *et al.,* 2017; Fleisher *et al.,* 2017). حساسیت رشد غده به دما دارای اهمیت قابل‌توجهی است، به‌نظر می‌رسد که کاهش سریعی در سرعت نسبی در دماهای بالاتر از ۲۱ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد (Smith & Hamel, 1999). واکنش ارقام به شرایط محیطی (به‌ویژه دمای بالا) توسط برخی محققین از جمله (Aien *et al.,* 2017) گزارش شده است، این محققین نشان دادند که افزایش دما به‌طور معناداری سبب کاهش میانگین وزن غده در ارقام سیب‌زمینی شد و میزان کاهش میانگین وزن غده در رقم کوفری سوریا که به‌عنوان یک رقم با تحمل نسبی به گرما معرفی شده است، بسیار کمتر از دیگر ارقام بود.

هم‌چنین تنش سرمایی آخر فصل رشد در سال دوم در فصل کشت پاییزی(شکل ۱)، سبب افزایش میانگین وزن غده‌های غیرقابل فروش (غده‌های ریز) در بوته در همه ارقام مورد بررسی گردید. نتایج تحقیقات انجام شده در خوزستان نیز نشان داد که رخداد یخبندان سبب افزایش معنادار درصد غده های ریز در ارقام سیب‌زمینی شد(Darabi & Salehi Mohammadi, 2015) .

تعداد غده قابل فروش و غیر قابل فروش در بوته

اثراصلی فصل کشت و رقم و هم‌چنین اثر متقابل رقم و فصل کشت بر تعداد غده قابل فروش و تعداد غده غیرقابل فروش در بوته، در

جدول ۲-تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مرکب عملکرد قابل فروش و اجزای عملکرد ارقام سیب‌زمینی

Table 2. Combined analysis of variance (mean squares) for marketable yield and yield components of potato cultivars

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	تعداد غده قابل فروش در بوته No. of marketable tuber/plant	تعداد غده غیر قابل فروش در بوته No. of non-marketable tuber/plant	میانگین وزن غده قابل فروش در بوته Mean weight of marketable tuber /plant	میانگین وزن غده غیر قابل فروش در بوته Mean weight of non-marketable tuber /plant	درصد وزنی غده های غیرقابل فروش Weight percentage of non-marketable tubers	درصد ماده خشک غده Dry matter content	وزن خشک اندام هوایی Haulm dry weight	عملکرد قابل فروش Marketable yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Year سال	1	11.04**	1.1*	77775**	907.5**	56.2**	0.71^{ns}	23773**	329.4**	208417**	4.3^{ns}
بلوک در سال Block × year	4	0.37	0.06	2574	40.9	1.6	0.61	514	11.2	9014	6.4
فصل کشت Cropping season	1	0.15^{ns}	25.3**	13000*	9222.5**	249.1**	36.96**	92574**	53.9*	2159^{ns}	1385.8**
سال در فصل کشت Year× cropping season	1	0.18^{ns}	0.05^{ns}	33367**	5.6^{ns}	0.4^{ns}	1.45^{ns}	10212*	141.8**	9666^{ns}	117.6*
خطای(a) Error (a)	4	0.08	0.12	1272	77.3	1.6	0.54	1281	5.3	3421	6.5
رقم Cultivar	9	7.49**	7.71**	22179**	3368.4**	89.3**	49.94**	9826**	95.8**	173004**	247.4**
سال در رقم Year× Cultivar	9	1.41**	0.97**	6346**	515.1**	8.2**	0.64*	2687**	29.2**	14750**	11**
فصل کشت در رقم Cropping season×cultivar	9	1.38**	1.93**	9815**	777.6**	19.3**	1.77**	6366**	44.3**	22442**	71.1**
سال در فصل در رقم Year×cropping season×cultivar	9	0.65**	0.7**	8743**	400.9**	7.8**	0.82**	2926**	36.4**	25990**	20.9**
خطای(b) Error (b)	72	0.21	0.14	712	62.5	1.6	0.28	402	3.4	2474	2.2
ضریب تغییرات(درصد) CV (%)		7.25	23.17	4.5	22.33	22.01	2.75	5.11	6.7	5.43	2.08

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی دار.

*, ** and ns means significant at 0.05, 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳-تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد قابل فروش و اجزای عملکرد ارقام سیب زمینی

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for marketable yield and yield components of potato cultivars.

منبع تغییرات (S.O.V)	سال Year	درجه آزادی (df)	تعداد غده قابل فروش در بوته No. of marketable tuber/plant	تعداد غده غیر قابل فروش در بوته No. of non-marketable tuber/ plant	میانگین وزن غده قابل فروش در بوته Mean weight of marketable tuber /plant	میانگین وزن غده غیر قابل فروش در بوته Mean weight of non-marketable tuber /plant	درصد وزنی غده های غیر قابل فروش Weight percentage of non-marketable tubers	عملکرد قابل فروش Marketable yield
تکرار	1st	2	0.11^{ns}	0.04^{ns}	1466.6^{ns}	9.95^{ns}	0.61^{ns}	7.09^{ns}
(Rep)	2nd	2	0.48^{ns}	0.03^{ns}	611.2^{ns}	5.9^{ns}	0.36^{ns}	6.26^{ns}
فصل کشت	1st	1	4.32*	31.97**	101517.1*	13290.8**	395.27**	327.97*
Cropping season	2nd	1	7.21**	2.13*	24766.0^{ns}	290.4^{ns}	0.60^{ns}	54.99^{ns}
خطای (a)	1st	2	0.17	0.14	1951.7	13.7	0.32	11.03
Error (a)	2nd	2	0.05	0.06	2857.7	109.1	1.45	11.01
رقم	1st	9	3.71**	4.31**	14201.5**	2084.2**	54.67**	45.99**
Cultivar	2nd	9	3.88**	3.73**	11997.4**	1583.1**	43.13**	55.69**
فصل کشتدر رقم	1st	9	0.84	0.90**	4206.4**	418.6**	9.14**	24.33**
Cropping season×cultivar	2nd	9	0.77**	1.38**	7131.4**	518.9**	16.01**	22.37**
خطای (b)	1st	36	0.23	0.14	710.8	51.6	1.29	3.09
Error (b)	2nd	36	0.20	0.15	758.0	70.8	1.66	3.63
ضریب تغییرات (درصد)	1st	-	7.46	24.39	4.40	21.73	21.44	4.43
CV (%)	2nd	-	7.02	22.52	4.75	22.03	20.66	4.95

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی دار

*, ** and ns means significant at 0.05, 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۴-اثر متقابل فصل کشت و رقم بر عملکرد قابل فروش و اجزاء عملکرد ارقام سیب زمینی

Table4. Interaction effects of croppingseason and cultivar on marketable yield and yield components of potato cultivars

فصل کشت Cropping season	رقم Cultivar	تعداد غده قابل فروش در بوته No. of marketable tuber/plant		تعداد غده غیر قابل فروش دربوته No. of non-marketable tuber/plant		میانگین وزن غده قابل فروش(گرم دربوته) Mean weight of marketable tuber(g/plant)		میانگین وزن غده غیر قابل فروش(گرم دربوته) Mean weight of non-marketable tuber (g/plant)		درصد وزنی غده های غیر قابل فروش Weight percentage of non-marketable tubers		عملکرد غده قابل فروش (تن درهکتار) Marketable yield (ton/ha)	
		1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year
پاییزی Autumn	کنکوردیا	5.8^{ef}	5.2^{h}	1.2^{f-h}	1.2^{g-i}	627^{c-e}	571^{c-f}	28^{g-i}	31^{dh}	4.2^{fg}	5.1^{g-j}	41.18^{b-d}	37.38^{d-h}
	Concordia اتاوا	5.7^{eg}	5.5^{gh}	0^{i}	0.7^{i}	672^{bc}	615^{bc}	0^{j}	25^{f-h}	0^{h}	3.9^{ij}	44.19^{ab}	40.65^{b-d}
	Ottawa جورجینا	7.3^{a-c}	6.5^{c-f}	1.7^{d-g}	2.2^{c-e}	595^{e-g}	536^{fg}	33^{e-f}	54bc	5.1^{ef}	9.1^{b-d}	39.27^{d-g}	35.2^{g-i}
	Georgina ریبرا	7.8^{a}	6.8^{b-e}	1.8^{c-f}	2.7^{bc}	626^{c-e}	578^{c-f}	36^{e-g}	47^{b-d}	5.4^{ef}	7.6^{d-f}	41.67^{b-d}	37.94^{d-g}
	Ribera کرونادا	7.7^{ab}	7.3^{bc}	1.2^{f-h}	2^{c-f}	647^{cd}	552^{e-g}	25^{g-i}	36^{d-g}	3.7^{fg}	6.1^{f-i}	42.75^{bc}	36.8^{e-h}
	Coronada کولومبا	5.7^{e-g}	5.2^{h}	0^{i}	0.7^{i}	734^{a}	580^{c-f}	0^{j}	19^{h}	0^{h}	3.1^{ij}	44.23^{ab}	42.35^{bc}
	Colomba سیلوانا	6.5^{c-e}	5.8^{f-h}	0^{i}	1.8^{d-g}	608^{d-f}	542^{fg}	0^{j}	39^{c-f}	0^{h}	6.7^{e-h}	40.05^{c-f}	35.85^{f-h}
	Sylvana چلنجر	6.5^{c-e}	5.2^{h}	1.3^{e-h}	2.2c-e	666^{bc}	443^{h}	31^{f-h}	57^{b}	4.4^{fg}	11.3^{ab}	40.97^{b-e}	32.12^{i}
	Challenger آتوسا	5.6^{e-g}	5.2^{h}	0.7^{h}	0.7^{i}	655^{b-d}	560^{d-g}	19^{hi}	20gh	2.9^{g}	3.5^{ij}	42.71^{bc}	36.88^{e-h}
	Atosa سانته	7.7^{ab}	7.5^{b}	0^{i}	1.3^{d-g}	648^{cd}	612^{b-d}	0^{j}	31^{d-h}	0^{h}	4.8^{h-j}	42.94^{a-c}	40.37^{b-e}

	Sante												
زمستانی Winter	کنکوردیا Concordia	4.8^{g}	5.5^{gh}	2.7^{b}	2.5^{b-d}	508^{ij}	533^{fg}	56^{c}	52^{bc}	10^{c}	8.9^{c-e}	33.41^{ij}	35.12^{g-i}
	اتاوا Ottawa	6^{d-f}	6.8^{b-e}	2^{b-e}	1.8^{d-g}	698^{ab}	735^{a}	43^{c-f}	38^{c-f}	5.8^{d-f}	5^{g-j}	46.1a	48.4^{a}
	جورجینا Georgina	6^{d-f}	6.7^{b-f}	4.2^{a}	3^{b}	545^{hi}	584^{c-f}	97^{a}	73^{a}	15.2^{a}	11^{a-c}	36.03^{hi}	38.46^{d-g}
	ریبرا Ribera	7.8^{a}	8.5^{a}	3.7^{a}	3.8^{a}	484^{j}	555^{e-g}	71^{b}	74^{a}	12.7^{b}	11.8^{a}	31.84^{j}	36.7^{e-h}
	کرونادا Coronada	6.8^{b-d}	7.2^{b-d}	1^{gh}	1^{hi}	489^{j}	515^{g}	20^{hi}	21^{gh}	3.9^{fg}	4^{i-j}	32.03^{j}	33.99^{h-i}
	کولومبا Colomba	6^{d-f}	6.2^{e-g}	0.6^{hi}	0^{j}	644^{c-e}	652^{b}	18^{i}	0^{i}	2.7^{g}	0^{k}	42.36^{b-d}	43.02^{b}
	سیلوانا Sylvana	5.2^{fg}	6.3^{d-g}	1.5^{e-g}	1.2^{g-i}	560^{f-h}	604^{b-e}	34^{e-g}	25^{f-h}	5.8^{d-f}	4^{ij}	37.07^{f-h}	39.8^{b-e}
	چلنجر Challenger	6.2^{de}	6.8^{b-e}	2.3^{b-d}	2^{c-f}	605^{d-f}	616^{bc}	52^{cd}	43^{b-e}	7.8^{d}	6.5^{f-h}	40.11^{c-f}	40.63^{b-d}
	آتوسا Atosa	5.8^{ef}	6^{e-h}	2.5^{bc}	2.3^{b-d}	554^{g-i}	580^{c-f}	45^{c-e}	46^{b-e}	7.5^{de}	7.3^{d-g}	36.53^{gh}	38.49^{d-g}
	ساانته Sante	6.2^{de}	7.2^{b-d}	2^{b-e}	1.5^{e-h}	570^{f-h}	623^{bc}	44^{c-f}	31^{d-h}	7.1^{de}	4.8^{h-j}	37.74^{e-h}	40.89^{b-d}

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنادار دارند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan’s Multiple Range test.

هر دو سال آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل فصل کشت و رقم بیانگر این است که در سال اول آزمایش، رقم ریبرا در هر دو فصل کشت به همراه ارقام سانته، کرونادا و جورجینا در فصل کشت پاییزی، بیشترین تعداد غده قابل فروش در بوته را داشتند. هم چنین در سال دوم رقم ریبرا در فصل کشت زمستانی بالاترین تعداد غده قابل فروش در بوته را به‌خود اختصاص داد. مقایسه میانگین تعداد غده غیر قابل فروش در بوته آشکار نمود که در هر دو سال اجرای آزمایش، بیشترین تعداد غده غیرقابل فروش در بوته مربوط به ارقام ریبرا و جورجینا در فصل کشت زمستانی بود. در فصل کشت زمستانی به‌دلیل دماهای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله حجیم شدن غده‌ها (شکل ۲)، تعداد غده‌های غیرقابل فروش شامل غده‌های با رشد ثانویه، پوسیده و ریز، افزایش یافت. رقم کولومبا در هر دو فصل کشت و رقم اتاوا در فصل کشت پاییزی در هر دو سال آزمایش کمترین تعداد غده غیرقابل فروش در بوته را داشتند. شرایط مساعدتر در طول دوره غده‌زائی و حجیم شدن غده‌ها به ویژه در سال اول در فصل کشت پاییزی(شکل ۱)، سبب کاهش تعداد غده غیرقابل فروش در بوته، در این فصل کشت گردید. اما رخداد سرما در مرحله حجیم شدن غده‌ها در کشت پاییزیدر سال دوم، تعداد غده‌های غیر قابل فروش (عمدتا غده‌های ریز) را افزایش داد. تعداد غده در بوته بستگی به رقم، تعداد ساقه در بوته و شرایط محیطی در مرحله غده‌زائی (ابتدای فصل رشد) دارد (Mihovilovich *et al.,* 2009). نتایج تحقیقات انجام شده در خوزستان بیانگر این است که در فصل کشت پاییزی به‌دلیل پایین بودن دما در هنگام غده‌بندی و حجیم شدن غده‌ها، درصد غده‌های پوسیده و رشد ثانویه، نسبت به فصل کشت زمستانی کمتر است، اما وقوع سرما در مراحل پایانی رشد غده‌ها، درصد غده‌های ریز را افزایش داد (Darabi, 2007). در آزمایش حاضر نیز تعداد غده در بوته متأثر از رقم و فصل کشت(شرایط محیطی) بود که با گزارشات دیگر محققان مطابقت و همخوانی دارد (Darabi, Mihovilovich *et al.,* 2009 ;2007).

درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش

اثر اصلی فصل کشت در سال اول و اثر رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم بر درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش در هر دو سال، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کشت و رقم بیانگر این است که کمترین درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش در سال اول مربوط به ارقام کولومبا، اتاوا، سیلوانا و سانته در فصل کشت پاییزیبود و در سال دوم رقم کولومبا در فصل کشت زمستانی پایین‌ترین درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش را داشت. اما بیشترین درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش در سال اول آزمایش به ترتیب با ۱۵/۲ و ۱۲/۷ درصد، مربوط به ارقام جورجینا و ریبرا در فصل کشت زمستانی بود. در سال دوم ارقام ریبرا و جورجینا در فصل کشت زمستانی و رقم چلنجر در فصل کشت پاییزی بالاترین درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش را داشتند (جدول ۴) که بیانگر

جدول ۵- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) درصد ماده خشک غده، وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارقام سیب‌زمینی

Table 5. Analysis of variance (mean squares) for tuber dry matter content, haulm dry weight, biological yield and harvest index of potato cultivars

منبع تغییرات (S.O.V)	سال Year	درجه آزادی (df)	درصد ماده خشک غده Dry matter percentage of tuber	وزن خشک اندام هوایی Haulm dry weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار	1^{st}	2	0.31^{ns}	29.1^{ns}	10549.3^{ns}	0.3^{ns}
(Rep)	2^{nd}	2	0.51^{ns}	581.7^{ns}	468.6^{ns}	31.2^{*}
فصل کشت	1^{st}	1	27.61^{*}	84150.1^{*}	16600.1^{ns}	1546.4^{*}
Cropping season	2^{nd}	1	11.18^{*}	18270.2^{*}	36753.8^{ns}	121.6^{**}
خطای (a)	1^{st}	2	0.39	1862.6	4532.8	30.1
Error (a)	2^{nd}	2	0.50	889.8	2546.6	1.2
رقم	1^{st}	9	26.99^{**}	5435.8^{**}	104600^{**}	99.7^{**}
Cultivar	2^{nd}	9	23.80^{**}	6103.5^{**}	74729.2^{**}	143.6^{**}
فصل کشتدر رقم	1^{st}	9	0.83^{**}	3008.4^{**}	12424.8^{**}	54.4^{**}
Cropping season× cultivar	2^{nd}	9	1.26^{**}	4477.9^{**}	16154.8^{**}	32.9^{**}
خطای (b)	1^{st}	36	0.17	354.2	2762.6	5.6
Error (b)	2^{nd}	36	0.42	503.5	2672.9	8.5
ضریب تغییرات (درصد)	1^{st}	-	2.13	6.33	4.45	3.65
CV (%)	2^{nd}	-	3.40	8.72	4.87	4.22

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی دار

*, ** and ns means significant at 0.05, 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

تاثیرپذیری ارقام مذکور از شرایط نامطلوب دمایی آخر فصل رشد می‌باشد. دمای بالا باعث تغییر در نسبت تعداد و وزن غده‌های درشت و ریز شده و در نتیجه بازار پسندی محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kim *et al.,* 2017; Fleisher *et al.,* 2017). هم‌چنین گزارش شده است که رخداد یخبندان سبب افزایش درصد وزنی غده‌های ریز در سیب‌زمینی می‌شود (Darabi & Salehi Mohammadi, 2015). در پژوهش حاضر نیز درجه حرارت‌های بالا در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها در فصل کشت زمستانی و رخداد تنش سرمایی در سال دوم در فصل کشت پاییزی سبب افزایش درصد وزنی غده‌های غیرقابل فروش گردید.

درصد ماده خشک غده

اثر اصلی فصل کشت و رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم بر درصد ماده خشک غده معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین درصد ماده خشک غده آشکار کرد که در سال اول آزمایش، ارقام سانته و چلنجر در فصل کشت پاییزی بالاترین میزان ماده خشک غده را داشتند. در سال دوم بیشترین درصد ماده خشک غده مربوط به ارقام سانته، چلنجر، آتوسا و اتاوا در فصل کشت پاییزی و چلنجر، سانته و آتوسا در فصل کشت زمستانی بود. کمترین درصد ماده خشک غده در رقم کرونادا و در فصل کشت زمستانی ثبت شد (جدول ۶). میزان ماده خشک سیب‌زمینی هر چند صفتی ژنتیکی بوده و تحت تأثیر وراثت قرار می‌گیرد، اما برخی محققین گزارش نموده‌اند که درصد ماده خشک غده ارقام سیب‌زمینی می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی و تغییرات آن قرار گیرد. بروز تنش‌های محیطی و به‌ویژه تنش‌های دمایی در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها می‌تواند بر ماده خشک

غده تأثیر بگذارد (Parvizi *et al.,* 2011). بالا بودن میزان ماده خشک در فرآوری سیب‌زمینی اهمیت زیادی دارد. مشخص شده است که تحت شرایط محیطی مختلف، درصد ماده خشک می‌تواند حتی برای یک رقم خاص، تغییر نماید (Mousapour Gorji *et al.,* 2005) که مؤید نتایج تحقیق حاضر می باشد. تفاوت بین ارقام از نظر ماده خشک در محیط‌های مختلف توسط برخی محققین گزارش شده است. ژنوتیپ‌های کریسپ فورآل، اینوتور و تاوروس با توجه به درصد بالای ماده خشک آن‌ها (به‌ترتیب با ۲۳/۸۸، ۲۱/۹۱ و ۲۱/۲۴ درصد)، با هدف مصرف در بخش صنعت پیشنهاد شدند (Hasani *et al.*, 2021). در تحقیق دیگری، نتیجه‌گیری شده است که درصد ماده خشک غده‌ها با تأخیر در کاشت در سیستم‌های کاشت زمستانی و تابستانه کاهش یافت (Shojaei *et al.,* 2019).

وزن خشک اندام‌های هوایی

نتایج تجزیه داده‌های وزن خشک اندام‌های هوایی، نشان داد که اثر اصلی فصل کشت و رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم در هر دو سال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در بررسی مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی مشخص شد که در سال اول آزمایش بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی به‌میزان ۴۱۱ گرم در بوته مربوط به رقم جورجینا در فصل کشت زمستانی بود، اما در سال دوم بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی به‌ترتیب به‌میزان ۳۵۵، ۳۳۱ و ۳۲۷ گرم در مترمربع از ارقام جورجینا، کرونادا و آتوسا در فصل کشت زمستانی حاصل شد. بیشترین تغییرات در وزن خشک اندام‌های هوایی مربوط به رقم جورجینا بود، به‌طوری‌که وزن خشک اندام‌های هوایی در این رقم در سال اول آزمایش از ۲۵۶ گرم در مترمربع در فصل کشت پاییزی به ۴۱۱ گرم در مترمربع در فصل کشت زمستانی به میزان ۱۶۰درصد، افزایش یافت. کمترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم کولومبا در فصل کشت پاییزی و در هر دو سال آزمایش بود (جدول ۶). بالا بودن دما، رشد اندام‌های هوایی را تحریک می‌کند. دما اثر زیادی بر تسهیم مواد پرورده به اندام‌های مختلف گیاه سیب‌زمینی دارد. دمای بالا تسهیم مواد پرورده به غده را کاهش و حرکت آن‌ها به سمت اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد (Van Dam *et al.,* 1996; Aien, *et al.,* 2017; Lafta & Lorenzen 1995; Wolf *et al.,* 1991). افزایش دما و طول روزهای بلند، در مرحله رشد غده‌ها سبب افزایش نسبت جیبرلیک اسید به آبسزیک اسید شده (Levy & Veilleux 2007; Van Dam *et al.,* 1996; Gawronska *et al.,* 1992) و این امر سبب اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و در نتیجه کاهش سهم غده‌ها از این مواد و کوچک‌تر ماندن غده‌ها و افت عملکرد می‌شود. در آزمایش حاضر در کشت زمستانی، گیاهان از اواسط دوره رشد و نمو با افزایش دما مواجه گردیدند (شکل ۲)، که این امر سبب انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها در اکثر ارقام مورد بررسی شده است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس سال اول و دوم بیانگر

این است که اثر اصلی فصل کشت و رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت آشکار کرد که در سال اول ارقام سانته، اتاوا، چلنجر، سیلوانا، ریبرا، کولومبا، کرونادا و کنکوردیا درفصل کشت پاییزی به‌همراه رقم کولومبا در فصل کشت زمستانی بالاترین شاخص برداشت را داشتند. در سال دوم ارقام کولومبا و سانته در فصل کشت پاییزی و ارقام اتاوا، سانته و کولومبا در فصل کشت زمستانی بالاترین میزان شاخص برداشت را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۶). در فصل کشت پاییزی به ویژه در سال اول آن، به‌دلیل مطلوب‌تر بودن شرایط دمایی (شکل ۱)، میزان بیشتری از مواد فتوسنتزی به سمت غده‌ها انتقال یافته و در نتیجه شاخص برداشت در این فصل کشت بهبود یافت. اما دمای نسبتا بالای هوا در فصل کشت زمستانی در مرحله حجیم شدن غده‌ها، سبب شد که تخصیص و انباشت مواد فتوسنتزی در غده‌ها کمتر و در اندام‌های هوایی بیشتر باشد. کمترین شاخص برداشت در سال اول در ارقام ریبرا و جورجینا در فصل کشت زمستانی و در سال دوم در ارقام کرونادا و جورجینا در فصل کشت زمستانی ثبت شد (جدول ۶)، که بیانگر ناکارآمدی این ارقام در انتقال مواد فتوسنتزی به غده‌ها در فصل کشت زمستانی و هم‌چنین تاثیر فصل کشت (شرایط محیطی) بر شاخص برداشت است.

شاخص برداشت ویژگی است که تحت تاثیر بسیاری از عوامل محیطی و خصوصیات ژنتیکی گیاه قرار دارد. رطوبت خاک در طول فصل رشد، مواد مغذی خاک، دمای بالای هوا، تراکم گیاهی و شوری آب آبیاری از جمله عواملی هستند که بر شاخص برداشت گیاه موثر می‌باشند (Shabani & Sepaskhah, 2019). شاخص برداشت در واقع بیانگر توانائی گیاه در توزیع و تسهیم مواد فتوسنتزی به غده‌ها می‌باشد. شاخص برداشت محصول رسیده (یعنی سهم ماده خشک غده‌ها از کل ماده خشک) که در شرایط مناسب کشت شده باشد، معمولا بین ۰/۷ تا ۰/۸ است (Smith & Hamel, 1999). در تحقیق دیگری نشان داده شد که شاخص برداشت دامنه‌ای از ۶۵ تا ۷۵ درصد داشت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (Jalali & Salehi, 2015). نتایج تحقیق حاضر مبنی براین‌که شاخص برداشت سیب‌زمینی تحت تاثیر فصل کشت و رقم قرار گرفت و در شرایط دمایی مطلوب تر فصل کشت پاییزی افزایش نشان داد، با یافته‌های مذکور مطابقت و همسویی دارد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر اصلی رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد و غیرمعنی‌دار بودن اثر فصل کشت بر عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کشت و رقم آشکار نمود که در سال اول ارقام اتاوا، چلنجر و سانته در هر دو فصل کشت به‌همراه رقم آتوسا در فصل کشت پاییزی، بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشتند، اما در سال دوم ارقام اتاوا، چلنجر و آتوسا در فصل کشت زمستانی بالاترین

جدول ۶- اثر متقابل فصل کشتو رقم بر درصد ماده خشک غده، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارقام سیب‌زمینی

Table 6. Interaction effects of cropping season and cultivar on tuber dry matter content, haulm dry weight, biological yield and harvest index of potato cultivars

فصل کشت Cropping season	رقم Cultivar	درصد ماده خشک غده Dry matter content of tuber (%)		وزن خشک اندام هوایی (گرم در مترمربع) Haulm dry weigh (g/m^2)		عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g/m^2)		شاخص برداشت Harvest index (%)	
		1^{st} year	2^{nd} year	1^{st} year	2^{nd} year	1^{st} year	2^{nd} year	1^{st} year	2^{nd} year
پاییزی Autumn	کنکوردیا Concordia	19.1^{f}	18.6^{de}	298^{f}	281^{cd}	1153^{c-e}	1085^{d-f}	68.2^{a-d}	64^{gh}
	اتاوا Ottawa	21.5^{b}	21.1^{ab}	308^{d-f}	241^{d-h}	1318^{a}	1189^{bc}	71.9^{ab}	72.3^{b-d}
	جورجینا Georgina	18.3^{g}	19.3^{cd}	256^{gh}	238^{e-h}	1088^{d-f}	1009^{f-i}	66.2^{cd}	67.4^{d-g}
	ریبرا Ribera	19.8^{e}	18.2^{ef}	230^{g-i}	211^{gh}	1167^{dc}	970^{g-i}	70.7^{ab}	71^{b-e}
	کرونادا Coronada	17.1^{g-i}	16.2^{gh}	245^{gh}	216^{f-h}	1060^{e-g}	870^{j}	68.8^{a-d}	68.6^{c-g}
	کولومبا Colomba	17.8^{gh}	17.2^{fg}	208^{i}	203^{h}	1115^{de}	929^{h-i}	70.4^{a-c}	78.4^{a}
	سیلوانا Sylvana	19.5^{ef}	19.3^{cd}	224^{hi}	224^{e-h}	1097^{de}	962^{h-j}	71.1^{ab}	71.8^{b-d}
	چلنجر Challenger	23^{a}	21.3^{a}	263^{g}	243^{d-h}	1321^{a}	1025^{e-h}	71.2^{ab}	66.8^{d-h}
	آتوسا Atosa	21.3^{b-d}	21.3^{a}	303^{ef}	282^{cd}	1306^{ab}	1148^{cd}	69.6^{a-d}	68.5^{c-g}
	سانته Sante	22.6^{a}	21.8^{a}	263^{g}	250^{d-g}	1339^{a}	1182^{bc}	72.7^{a}	74.3^{ab}
	کنکوردیا Concordia	16.5^{i-k}	16.1^{gh}	321^{c-f}	281^{cd}	999^{f-h}	915^{j}	55.3^{g}	61.7^{hi}
	اتاوا Ottawa	20.6^{cd}	20.1^{bc}	334^{b-f}	206^{h}	1403^{a}	1293^{a}	67.8^{b-c}	75.13^{ab}
	جورجینا Georgina	16.6^{i-k}	17.1^{f-h}	411^{a}	355^{a}	1171^{dc}	1122^{e-h}	51^{h}	58.8^{i}

زمستانی Winter	ریبرا Ribera	17.3^{ih}	$17.1^{f\text{-}h}$	362^{b}	297^{bc}	1119^{de}	$964^{h\text{-}j}$	49.1^{h}	$64.9^{f\text{-}h}$
	کرونادا Coronada	16.2^{k}	15.9^{h}	$339^{b\text{-}d}$	331^{ab}	915^{h}	$930^{h\text{-}j}$	56.7^{g}	58.2^{i}
	کولومبا Colomba	16.4^{jk}	16.9^{gh}	253^{gh}	202^{h}	991^{gh}	$992^{f\text{-}i}$	$70^{a\text{-}c}$	$73.1^{a\text{-}c}$
	سیلوانا Sylvana	19.1^{f}	19.5^{cd}	$305^{d\text{-}f}$	$252^{d\text{-}g}$	$1146^{c\text{-}e}$	$1062^{d\text{-}g}$	61.8^{ef}	$71.8^{b\text{-}d}$
	چلنجر Challenger	21.8^{b}	21.4^{a}	$333^{b\text{-}f}$	$254^{d\text{-}f}$	1333^{a}	1243^{ab}	65.5^{de}	$70.1^{b\text{-}f}$
	آتوسا Atosa	20.6^{d}	20.6^{ab}	$337^{b\text{-}e}$	327^{ab}	1226^{bc}	$1203^{a\text{-}c}$	61.4^{ef}	$66.1^{e\text{-}h}$
	سانته Sante	21.3^{bc}	21^{ab}	352^{bc}	$243^{d\text{-}h}$	1330^{a}	1144^{cd}	60.7^{f}	75^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار دارند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan's Multiple Range test.

عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۶)، که نشان دهنده پتانسیل بالای تولید مواد فتوسنتزی در این ارقام است. رقم کرونادا در فصل کشت زمستانی، در سال اول و در فصل کشت پاییزی در سال دوم به‌همراه رقم کنکوردیا در فصل کشت زمستانی، کمترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمودند (جدول ۶)، که بیانگر ناکارآمدی این ارقام درتولید مواد فتوسنتزی است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک با عملکرد غده (در سال اول r=۰/۵۱ و در سال دوم r=۰/۵۶) و هم‌چنین بین عملکرد بیولوژیک و درصد ماده خشک غده (در سال اول r=۰/۸۵ و در سال دوم r=۰/۷۴۰) مؤید این موضوع است (جدول ۷).

عملکرد غده قابل فروش

اثر اصلی فصل کشت در سال اول در سطح ۵ درصد و اثر اصلی رقم و اثر متقابل فصل کشت و رقم بر عملکرد غده قابل فروش در هر دو سال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد غده قابل فروش (جدول ۴) بیانگر واکنش متفاوت ارقام موردبررسی به فصل کشت و تاثیر فصل کشت بر ارقام مورد مطالعه، است. در سال اول رقم اتاوا در هر دو فصل کشت به‌ترتیب با تولید ۴۶/۱ و ۴۴/۱۹ تن در هکتار، به‌همراه ارقام کولومبا و سانته در فصل کشت پاییزی به‌ترتیب با ۴۴/۲۳ و ۴۲/۹۴ تن در هکتار بیشترین عملکرد غده قابل فروش را به‌خود اختصاص دادند و کمترین عملکرد غده قابل فروش در سال اول به‌ترتیب به‌میزان ۳۱/۸۴ و ۳۲/۰۳ تن در هکتار از ارقام

جدول ۷- همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 7. Simple correlation between measured traits

ویژگی مورد مطالعه Studied traits	۱-عملکرد قابل فروش 1- Marketable yield		۲-تعداد غده قابل فروش در بوته 2- No. of marketable tuber/plant		۳-تعداد غده غیر قابل فروش دربوته 3- No. of non-marketable tuber/plant		۴-وزن غده قابل فروش دربوته 4- Weight of marketable tuber/plant		۵-وزن غده غیر قابل فروش در بوته 5- Weight of non-marketable tuber/plant		۶-درصد وزنی غده‌های غیر قابل فروش 6- Weight percentage of non-marketable tubers		۷-وزن خشک اندام‌های هوایی 7- Haulm dry weight		۸-درصد ماده خشک غده 8-Percentage of dry matter content		۹-عملکرد بیولوژیک 9- Biological yield		۱۰-شاخص برداشت 10-Harvest index	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year
1	1	1																		
2	-0.04^{ns}	0.11^{ns}	1	1																
3	-0.57**	-0.25*	0.03^{ns}	0.42**	1	1														
4	0.97**	0.96**	-0.07^{ns}	0.20^{ns}	-0.59**	-0.22^{ns}	1	1												
5	-0.52**	-0.29*	-0.002^{ns}	0.29*	0.97**	0.94**	-0.54**	-0.28*	1	1										
6	-0.62**	-0.46**	0.00^{ns}	0.20^{ns}	0.98**	0.90**	-0.64**	-0.46**	0.99**	0.97**	1	1								
7	-0.49**	-0.35**	-0.19^{ns}	0.12^{ns}	0.69**	0.29*	-0.53**	-0.27*	0.68**	0.35**	0.69**	0.33**	1	1						
8	0.43**	0.17^{ns}	0.01^{ns}	-0.17^{ns}	-0.26*	-0.15^{ns}	0.41**	0.16^{ns}	-0.27*	-0.07^{ns}	-0.32*	-0.07^{ns}	-0.08^{ns}	-0.10^{ns}	1	1				
9	0.51**	0.56**	-0.06^{ns}	-0.03^{ns}	0.002^{ns}	-0.08^{ns}	0.47**	0.60**	0.01^{ns}	-0.01^{ns}	-0.07^{ns}	-0.13^{ns}	0.22^{ns}	0.15^{ns}	0.85**	0.74**	1	1		
10	0.84**	0.64**	0.04^{ns}	-0.05^{ns}	-0.78**	-0.36**	0.82**	0.52**	-0.75**	-0.41**	-0.82**	-0.46**	-0.76**	-0.75**	0.50**	0.42**	0.27*	0.21^{ns}	1	1

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns means significant at 0.05, 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

ریبرا وکرونادا در فصل کشت زمستانی حاصل شد. در سال دوم آزمایش، بالاترین عملکرد غده قابل فروش به‌میزان ۴۸/۴ تن در هکتار از رقم اتاوا در فصل کشت زمستانی به‌دست آمد و بعد از آن ارقام کولومبا، سانته و اتاوا در فصل کشت پاییزی و ارقام کولومبا، سانته، چلنجر و سیلوانا در فصل کشت زمستانی در جایگاه بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مذکور، ارقام اتاوا و کولومبا در فصل کشت زمستانی در هر دو سال آزمایش نسبت به سایر ارقام برتر بودند و برای فصل کشت زمستانی توصیه می‌شوند. اما در فصل کشت پاییزی ارقام کولومبا، اتاوا و سانته در هر دو سال آزمایش نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برتری معنی‌داری نشان دادند، بنابراین می‌توان آن‌ها را برای فصل کشت پاییزی توصیه نمود. برتری عملکرد غده قابل فروش در ارقام اتاوا و کولومبا در فصول کاشت زمستانی و پاییزی، به‌دلیل برتری و بالاتر بودن میانگین وزن غده قابل فروش آن‌ها در بوته می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد (سال اول r=۰/۹۷ و سال دوم r=۰/۹۶) بین عملکرد غده قابل فروش و میانگین وزن غده قابل فروش در بوته، مشاهده شد. درحالی‌که همبستگی بین عملکرد غده قابل فروش و تعداد غده قابل فروش در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۷). موارد مذکور بیانگر سازگاری ارقام کولومبا و اتاوا به هر دو فصل کشت است و این ارقام قابلیت کاشت در فصول پاییزی و زمستانی در مناطق گرمسیر جنوب کشور را دارند. تفاوت عملکرد غده در بین ارقام سیب‌زمینی در فصول مختلف کاشت توسط محققین زیادی گزارش شده است (Hasani *et al.,* 2020; Darabi, 2020; Darabi, 2007; Hassanpanah & Hassanabadi, 2011; Shojaei *et al.,*2019). به‌نظر می‌رسد تفاوت معنی‌دار بین ارقام موردبررسی از نظر عملکرد غده قابل فروش، ناشی از تفاوت خصوصیات ژنتیکی ارقام و هم‌چنین تأثیر فصل کشت (شرایط متفاوت آب و هوایی فصل کشت پاییزی و زمستانی) باشد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که علاوه بر شرایط اقلیمی و خاکی، خصوصیات ژنتیکی گیاه سیب‌زمینی نظیر تفاوت بین ارقام، عملکرد (میزان غده تولیدی) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعه سایر محققان نیز نشان می‌دهد که عملیات مدیریتی نظیر ارقام مختلف کاشت برای هر منطقه، تاریخ کاشت، عوامل محیطی و حاصل‌خیزی خاک، نقش ویژه‌ای در مقدار جذب نور و فتوسنتز ایفاء می‌کنند که در نهایت، عملکرد غده را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zrust & Geple, 2002; Rosati *et al.,* 2004; Darabi & Salehi, 2015; Musapour Gorji & Hassanabadi; 2012). در همین راستا، گزارش شده است که در دماهای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش هر درجه سانتی‌گراد دما، کارایی مصرف عناصر و کارایی مصرف نور کاهش می‌یابد(Hosseinpanahi *et al.,* 2010). سیب‌زمینی نیاز به آب و هوای خنک داشته و دمای مناسب برای آن در مرحله رشد رویشی ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد، غده‌دهی ۲۰ درجه سانتی‌گراد و فتوسنتز ۲۵-۱۶ درجه سانتی‌گراد است. دما اثر زیادی بر تسهیم مواد پرورده به

اندام‌های مختلف گیاه سیب‌زمینی دارد. دمای بالا (تنش گرما) تسهیم مواد پرورده به غده را کاهش و حرکت آن‌ها به سمت اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد (Van Dam *et al.,* 1996; Lafta & Lorenzen 1995; Wolf *et al.,* 1991; Lizana *et al.,*2017) کاهش تولید آسیملات ها به‌همراه تغییر در اختصاص آنها به اندام‌های مختلف، سبب کاهش عملکرد سیب‌زمینی در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی گراد می‌شود (Aien *et al.,* 2017). حساسیت رقم‌های مختلف به دماهای بالا متفاوت بوده و گزارشات حاکی از این است که در شرایط دماهای بالا) تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد(، نه تنها جذب و فرآوری CO_2 به میزان ۴ تا ۲۷ درصد کاهش می‌یابد، بلکه انتقال قند تولید شده در برگ‌ها به مخازن (غده‌ها) نیز کاهش می‌یابد که میزان کاهش در رقم‌های مختلف به‌دلیل تفاوت در اندازه آوندهای آبکش و در نتیجه توانایی آن‌ها در بارگیری و انتقال مواد، متفاوت می‌باشد (Paul *et al.,* 2017). بررسی درجه حرارت‌های هوا به‌ویژه دمای حداکثر روزانه در فصل کشت زمستانی طی سال‌های مورد بررسی (شکل ۲)، بیانگراین است که فراوانی درجه حرارت‌های بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌خصوص در سال دوم زیاد بود. در سال دوم از تاریخ ۱۳ اسفند ماه تا زمان برداشت میانگین دمای حداکثر، بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در سال اول از تاریخ ۱۴ فروردین به بعد میانگین دمای حداکثر، بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۲)، در نتیجه گیاهان در فصل کشت زمستانی در سال اول از شروع مرحله حجیم شدن غده‌ها و در سال دوم از اواسط مرحله حجیم شدن غده‌ها با درجه حرارت‌های محدود کننده رشد مواجه بودند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که در فصل کشت زمستانی اثرات محدود کننده درجه حرارت‌های بالا در دوره رشد غده‌ها بر حجیم شدن آن‌ها، افزایش یافته و این عامل سبب کاهش عملکرد غده قابل فروش اکثر ارقام مورد مطالعه در شرایط کشت زمستانی گردید. نتایج مذکور با یافته‌های برخی محققین ازجمله (Shojaei *et al.,*2019; Aien *et al.,* 2017) مطابقت و همخوانی دارد. تنش گرمایی در مرحله رشد غده‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید سیب‌زمینی در فصل کشت زمستانی در جنوب استان کرمان است (Taei Samirimi *et al.,* 2017). بررسی درجه حرارت‌های هوا به‌ویژه دمای حداقل در مراحل پایانی فصل رشد در فصل کشت پاییزی به‌خصوص در سال دوم اجرای آزمایش (شکل ۱) نشان می‌دهد که گیاهان از تاریخ ۸ دی ماه با درجه حرارت‌های کمتر از سه درجه سانتی‌گراد مواجه بوده و در نهایت در تاریخ ۱۴ دی ماه، دما به زیر صفر رسید و مزرعه دچار سرمازدگی و خسارت شدید گردید. تنش‌های سرمایی آخر فصل رشد در برخی سال‌ها، عامل محدود کننده تولید سیب‌زمینی در فصل کشت پاییزی در مناطق گرمسیر کشور از جمله جنوب استان کرمان است، به‌همین خاطر عملکرد غده قابل فروش همه ارقام مورد بررسی در کشت پاییزی در سال دوم نسبت به سال اول کاهش معنی داری نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن شامل بروز تنش‌های گرمایی در کشت زمستانی و افزایش احتمال وقوع یخبندان و تنش‌های سرمایی در کشت پاییزی سیب‌زمینی در مناطق گرمسیر جنوب کشور، به‌نظر می‌رسد که یکی از مهم‌ترین راهکارهای مناسب برای تعدیل اثرات تغییر اقلیم در کشت‌های مذکور معرفی ارقام سازگار و با پتانسیل تولید بالا از گروه‌های زودرس تا نیمه زودرس سیب‌زمینی برای هر فصل کشت است. بنابراین با درنظر گرفتن محدویت‌های دوره رشد و نمو در کشت‌های پاییزی و زمستانی به‌واسطه تغییر اقلیم و با توجه به این‌که ارقام کولومبا، اتاوا و سانته (به‌ویژه رقم کولومبا) در کشت پاییزی هم در صورت رخداد یخبندان و تنش سرمایی (سال دوم آزمایش) و هم در صورت عدم وقوع یخبندان (سال اول آزمایش) به‌ترتیب بیشترین عملکرد غده قابل فروش را در بین ارقام مورد مطالعه تولید کردند، به‌عنوان ارقام مناسب جهت کشت پاییزی در مناطق گرمسیر جنوب استان کرمان و اقلیم های مشابه توصیه می‌شوند. از طرف دیگر در کشت زمستانی نیز به‌ترتیب ارقام اتاوا و کولومبا برتر از سایر ارقام مورد بررسی بودند و برای کشت زمستانی در جنوب استان کرمان و اقلیم های مشابه توصیه می‌شوند. باتوجه به نتایج آزمایش ملاحظه می‌شود که رقم زودرس کولومبا برای هر دو فصل کشت و به‌خصوص فصل کشت پاییزی که محدویت دوره رشد وجود دارد، مناسب‌تر از سایر ارقام مورد بررسی است، اما ارقام نیمه دیررس به‌واسطه محدویت‌های دمایی آخر فصل رشد، نتوانستند عملکرد قابل قبولی تولید نمایند. نکته مهم دیگر این که نتایج این آزمایش در تاریخ کاشت‌های مناسب و مطلوب منطقه حاصل شده است، بنابراین برای دستیابی به عملکرد مطلوب در ارقام توصیه شده، رعایت تاریخ کاشت مناسب در هر فصل کشت بسیار حائز اهمیت است.

References:

Aien, A. 2010. Impact of high temperature and CO_2 on physiological and biochemical characteristics of potato cultivars. Ph.D. Thesis. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi. India.

Aien, A., and Jalali, A. 2018. Effect of foliar application of calcium nitrate application on yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars under terminal heat stress condition in south of Kerman province. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 20(3): 193 - 208 (In Persian with English Summary).

Aien, A., Chaturvedi, A.K., Bahuguna, R.N., and Pal, M. 2017. Phenological sensitivity to high temperature stress determines dry matter partitioning and yield in potato. *Indian Journal of Plant Physiology*, 22 (1):63-69.

Darabi, A. 2007. Effects of autumn and winter planting and temperature stress on total yield, marketable yield and yield components of some potato cultivars. *Seed and Plant Journal,* 23(3):373-386 (In Persian with English Summary).

Darabi, A. 2020. Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and yield of new potato cultivars in winter planting. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 50(4): 769-778 (In Persian with English Summary).

Darabi, A., and Eftekhari, A. 2014. Investigation in to the phenology stages, some growth indices and qualitative and quantitative characteristics of three potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Journal of Plant productions*, 37(3):53-67 (In Persian with English Summary).

Darabi, A., and Salehi Mohammadi, R. 2015. Effect of planting date on dry matter content and agronomical characteristics of potato cultivars influenced by natural frost in field conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 46(1):27-39 (In Persian with English Summary).

Felenji, H., and Ahmadizadeh, M. 2011. Evaluating yield and some traits of potato cultivars in fall cultivation of Jiroft Area. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences,* 1(12): 643-649.

Fleisher, D.H., Condori, B., Quiroz, R., Alva, A., Asseng, S., Barreda, C., Bindi, M., Boote, K.J., Ferrise, R., and Franke, A.C., 2017. A potato model intercomparison across varying climates and productivity levels. *Global*

*Change Biology.*23:1258–1281.

Food and Agricultural Organization. 2021. FAOstat database for agriculture http://faostat.fao.org/faostat.

Gawronska, H., Thornton, M.K., and Dwelle, R.B. 1992. Influence of heat stress on dry matter production and photoassimilate partitioning by four potato clones. *American Journal of Potato Research,* 69: 653–665.

Hancock, R.D., Morris, W.L., Ducreux, L.J.M., Morris, J.R., Fuller, J., Simpson, C.G., Zhang, R., Hedley, P.E., and Taylor, M.A. 2014. Physiological, biochemicaland molecular responses of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant to moderately elevated temperature. *Plant Cell and Environment,* 37: 439–450.

Hasani, F., Moslemkhani, C., Tahernezhad, Z., and Jazayeri Nooshabadi, M.R. 2020. Adaptation and yield stability evaluation of new potato genotypes using GGE biplot method. *Journal of Crop Breeding,* 12(35): 91-101 (In Persian with English Summary).

Hassanabadi, H., Mosapor Gorgi, A., Hasanpanah, D., Ahmadvand, R., Parvizi, K.H., Kazemi, M., Hajianfar, R., and Abdi, H.R. 2013. Khavaran, a new potato cultivar with high yielding and quality. *Research Achievement for Field and Horticultural Crops.* 2(1): 67-97 (In Persian with English Summary).

Hassanpanah, D., and Hassanabadi, H. 2011. Evaluation of quantitative traits of potato cultivars in the spring cultivation and after barley harvest plantings in Ardabil region. *Journal of Crop Ecophysiology,* 5, 17(1): 27-40. (In Persian with English Summary).

Hassanpanah, D., Hassanabadi, H., Yarnia, M., and Khorshidi, M.B. 2008. Evaluation of quantitative and qualitative characters of advanced cultivars and clones of potato in Ardabil region. *Journal of Agricultural Science*, 2(5): 19-31.

Hay, R.K.M., and Porter, J.R. 2006. The physiology of crop yield. Second edition. Oxford. Blackwell publishing. Pp.314.

Hijmans, R. 2003. The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research,* 80: 271–280.

Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.)/ corn (*Zea mays* L.) intercropping. *Journal of Agroecology,* 2(1): 45-54 (In Persian with English Summary).

Jalali, A.H., and Salehi, F. 2015. Effect of nitrogen application and its split on yield, tuber dry matter and harvest index of Potato, Marfona cultivar. *Journal of Crop Production and Processing,* 5(15): 63-69 (In Persian with English Summary).

Kang, M.S. 2002. Genotype–Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Kang, M.S (ed.) Quantitative genetics, genomics, and plant breeding. UK, CABI International, pp. 221-243.

Kim, Y.U., Beom-Seok Seo, B.S., Choi, D.H., Ban, H.Y., and Lee, B.W. 2017. Impact of high temperatures on the marketable tuber yield and related traits of potato. *European Journal of Agronomy,* 89: 46–52.

Kodadadi, M., Darabi, A., Ghareye Mirzaei, Y., Hayatzadeh, M., and Khiri, K. 2003. Investigation and determination of suitable and high yielding potato cultivars in the southern provinces of Iran. In: 3rd Iranian Congress of Horticultural Science, Karaj, Iran, 1-3 September 2003, p. 300-301 (In Persian).

Lafta, A. M., and Lorenzen, J. H. 1995. Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato. *Plant Physiology*, 109: 637-643.

Levy, D. 1985. The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth. *Potato Research,* 28(3) : 415-425.

Levy, D., and Veilleux, R.E. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity. A Review. *The American Journal of Potato Research,* 84: 487-506.

Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D., and Skjodt, N.M. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry,* 105: 897-907.

Lizana, X.C., Avila, A., Tolaba, A., and Martinezc, J.P. 2017. Field responses of potato to increased temperature during tuberbulking: Projection for climate change scenarios, at high-yieldenvironments of Southern Chile. *Agricultural* *and Forest Meteorology*, 239: 192–201.

Mihovilovich, E., Carli, C., de Mendiburu, F., Hualla, V., and Bonierbale, M. 2009. Protocol tuber bulking maturity assessment of elite and advanced potato clones. International Potato Center. Lima.

Ministry of Jihade – Agriculture. 2020. database for agriculture. http:// http://maj.ir/Index.

Mirzaei, Y. 1999. Final report of project "Effect of plant density on potato cultivars in jiroft area". Jiroft Agricultural Research Center. (In Persian).

Monneveux, P., Ramírez, D.A., Awais Khan, M., Raymundo, R.M., Loayza, H., and Quiroz, R. 2014. Drought and heat tolerance evaluation in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato* Research, 57: 225–247.

Mortazavibak, A., and Aminpour, R. 2001. Effects of season and planting date on the yield characteristics of commercial potato cultivars. *Seed and Plant Journal.* 17(1): 95-106 (In Persian with English Summary).

Mousapour Gorji, A., and Hassanabadi, H. 2012. Analysis of growth and variation in trend of some traits of potato cv. Agria in different planting dates. *Seed and Plant Production*, 28(2): 187-208 (In Persian with English Summary).

Mousapour Gorji, A., and Shavakhi, F. 2007. Evaluation of physico-chemical properties of new potato varieties and introducing proper varieties for processing purpose. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 8(2): 63-78 (In Persian with English Summary).

Musapour Gorji, A., Mortazavi Bak, A., Hassanpanah, D., Parvizi, K.H., Shojaei, K., and Mohammadi, M. 2008. Evaluation of qualitative and quantitative characteristics of new cultivars in spring cultivation. Final Report, Seed and Plant Improvement Institute. 44 p. (In Persian).

Parvizi, K.H., Souri, J., and Mahmoodi, R. 2011. Evaluation of cultivation date effect on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in Hamadan province. *Journal of Horticultural Science,* 25(1):82-93.

Paul, S., Kumar Das, M., Baishya, P., Ramteke, A., Farooq, M., Baroowa, B., Sunkarf, S., and Gogoia, N. 2017. Effect of high temperature on yield associated parameters and vascular bundle development in five potato cultivars. *Scientia Horticulturae, 225*:134-140.

Rosati, A., Metcalf, S.G., and Lampinen, B.D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annals of Botany*, 93: 567-574.

Shabani, A., and Sepaskhah, A.R., 2019. Reviewing the harvest index estimation in crop modeling. *Iran Agricultural Research*, 39(2): 1-8.

Shojaei, K., Rakhshandeh, A., Sarchahi, H., Moghimzade Mohebi, M., and Anahid, S. 2019. Effects of heat stress on quantitative and qualitative yield of potato cultivars in winter and summer planting systems under field conditions. *Applied Research in Field Crops.* 32(2): 108-129 (In Persian with English Summary).

Singh, J.P., Lal, S.S., and Pandey, S. K. 2009. Effect of climate change on potato production in India. Central Potato Research Institute, Shimla, Newsletter, 40: 17-18.

Smith, D.L., and Hamel, C., (eds) 1999. Crop Yield: Physiology and Processes. Springer-veriag, Berlin. 504 Pp.

Struik, P.C., Geertsema, J., and Custers, C.H.M.G. 1989. Effect of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. III. Development of tubers. *Potato Research, 32(2)*: 151–158.

Taei Samirimi, J., Mirbageri, V., Amiri, A., and Azami, Z. 2017. Agro climatic suitability assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) winter cropping system in Kerman province. *Electronical Journal of Crop Production, 10 (1)*: 95- 113 (In Persian with English Summary).

Van Dam. J., Kooman, P.L., and Struik, P.C. 1996. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research,* 39: 51-62.

Wolf, S., Marani, A., and Rudich, J. 1991. Effect of temperature on carbohydrate metabolism in potato plants. *Journal of Experimental* Botany, 42: 619-625.

Zrust, J., and Geple, J. 2002. Dependence of yield of early potato on some growth characteristics. *Field Crops Abstract, 45(10)*:922.

Evaluation of new potato cultivars response to autumn and winter cultivation seasons in tropical regions

Mehdi Jahannejati[1], Ahmad Aien[*2], Mohamad Hasan Shirzadi[3], Gholamreza Afsharmanesh[4]

1. Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agricultural, Jiroft Branch, Islamic Azad University, Jiroft, Iran .
2. Associate Professor of Seed and Plant Improvement Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran.(Corresponding author)
3. Assistant Professor, Faculty of Agricultural, Jiroft Branch, Islamic Azad University, Jiroft, Iran.
4. 4- Associate Professor of Seed and Plant Improvement Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran .

Received: November 2021 Accepted: April 2022- DOI: 10.22092/aj.2022.356697.1575

Extended Abstract

Jahannejati, M., Aien, A., Shirzadi, M, H., Afsharmanesh, GH., Evaluation of new potato cultivars response to autumn and winter cultivation seasons in tropical regions
Applied Research in Field Crops Vol 34, No. 4, 2022 7-9: 31-56 (in Persian)

Introduction:

Potato production in tropical and subtropical regions of Iran has always been associated with high temperatures attuberbulking stage in winter cropping and also low temperatures at tuber bulking stage in autumn cropping. Some quantitative and qualitative traits of potato are affected by cultivar and growing regions (Liu *et al.,* 2007). One of the most important strategies to mitigate these challenges is to identify and introduce compatible cultivars from early to mid-early maturity groups and determine the effects of cropping seasons on cultivars, which were addressed in this study.

Materials & Methods:

In order to introduce new compatible cultivars for autumn and winter cropping seasons, this study was performed as a split plot based on a randomized complete block design with three replications in the years 2019-2020 and 2020-2021. In this study, cropping season at two levels (autumn and winter cropping) was considered as the main factor and tencultivars including Concordia, Ottawa, Georgina, Ribera,

Email address of the corresponding author: A.Aien@areeo.ac.ir

Coronada, Colomba, Sylvana, Challenger, Atosa and Sante) were considered as sub-factor. The measured traits included the average number of tubers per plant, mean weight of marketable and non-marketable tuber per plant, weight percentage of non-marketable tubers, marketable yield, tuber dry matter content, separate dry weight of plant organs (haulm and tubers), biological yield and harvest index.

Results & Discussion:

The response of the studied cultivars to the autumn and winter cropping seasons was very different. The highest tuber weight per plant was obtained from Colomba cultivar in the autumn croppingin the first year and Ottawa cultivar in winter cropping of the both years. The lowest weight percentage of non-marketable tubers was registered in Colombus cultivar in the autumn cropping of the first year and the winter cropping of the second year, but the highest weight percentage of non-marketable tubers was observed in Georgina and Ribera cultivars in the winter cropping in the both years and in Challenger cultivar in the autumn cropping of the second year. Sante, Challenger, Atosa and Ottawa cultivars in the autumn cropping and Challenger, Sante and Atosa cultivars in the winter cropping had the highest tuber dry matter content. Production and quality of potato tubers are affected by several factors, including cultivar and temperature stresses (Aien *et al.,* 2017). The highest harvest index (78.4%) was obtained from Colomba cultivar in the autumn cropping. Georgina, Coronada and Atosa cultivars produced the highest haulm dry weight in the winter cropping. In the present study, plants in the winter cropping in the first year from the beginning of the tuber bulking stage and in the second year from the middle of the tuber bulking stage were exposed to high temperatures. High temperatures reduce the production of assimilates in potatoes and decline the partitioning of assimilates to the tubers and increase their movement towards the haulm (Aien *et al.,* 2017; Lizana *et al.,*2017). Marketable tuber weight per plant, harvest index, biological yield in the both years and tuber dry matter percentage in the first year had a positive and significant correlation with marketable yield. However, the correlation between the number and weight of non-marketable tubers per plant, weight percentage of non-marketable tubers and haulm dry weight with marketable yield was negative and significant. Colomba, Ottawa and Sante

cultivars in the first year of autumn cropping with marketable yields of 44.23, 44.19 and 42.94 tons/ha, respectively, and in the second year with the yields of 42.35, 40.65 and 40.37 tons/ha, were superior than other cultivars. Also in the winter cropping, Ottawa and Colomba cultivars were superior by producing the yields of 46.1 and 42.36 tons/ha in the first year and 48.4 and 43.02 tons/ha in the second year,respectively. Therefore, Colomba, Ottawa and Sante cultivars are recommended for autumn cropping and Ottawa and Colomba cultivars for winter cropping in the tropical regions of south of Kerman.

Keywords: Biological yield, Cropping season, Harvest index, Marketable yield, Tuber dry matter content.

References

Aien, A., Chaturvedi, A.K., Bahuguna, R.N., and Pal, M. 2017. Phenological sensitivity to high temperature stress determines dry matter partitioning and yield in potato. *Indian Journal of Plant Physiology,* 22 (1):63-69.

Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D., and Skjodt, N.M. 2007. Physicochemical properties of dry matter andstarch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry, 105*: 897-907.

Lizana, X.C., Avila, A., Tolaba, A., Martinezc, J.P. 2017. Field responses of potato to increased temperature during tuberbulking: Projection for climate change scenarios, at high-yieldenvironments of Southern Chile. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239: 192–201.