نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸

بررسی اثر تنش گرما در سیستم های کشت زمستانه و تابستانه بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در شرایط مزرعه

Effects of heat stress on quantitative and qualitative yield of potato cultivars in winter and summer planting systems under field conditions

کوروش شجاعی نوفرست[1*]، عباس رخشنده[2]، حسین سرچاهی[2]، محمد مقیم زاده محبی[2]، صدیقه آناهید[3]

۱. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. کارشناس جهاد کشاورزی بشرویه
۳. کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹٦/۱۰/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.116938.1236

چکیده

شجاعی نوفرست، ک.، رخشنده، ع.، سرچاهی، ح.، مقیم زاده محبی، م.، آناهید، ص. بررسی اثر تنش گرما در سیستم های کشت زمستانه و تابستانه بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در شرایط مزرعه
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸: ۱۲۹-۱۰۸

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) **یکی از مهمترین محصولات زراعی دنیا بوده که در حال حاضر در بسیاری از اقلیم‌های مناطق مختلف جهان کشت می‌گردد. در این پژوهش به منظور ارزیابی امکان کشت سیب زمینی در منطقه بشرویه، دو آزمایش مستقل با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در طی سال های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ اجرا شد. در آزمایش اول (کشت زمستانه) تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه، ۵ و ۲۰ اسفند ماه، به عنوان عامل اصلی و سه رقم فونتانه، پیکاسو و سانته، به عنوان عامل فرعی بودند. در آزمایش دوم (کشت تابستانه) همان رقم ها، اما در تاریخ‌های کاشت ۲۰ مرداد، ۵ و۲۰ شهریور ماه کشت شدند. نتایج نشان داد که در تاریخ‌های کاشت زمستانه و تابستانه، تاخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد شد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد کشت زمستانه از رقم سانته در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن، و بیشترین عملکرد کشت تابستانه از رقم‌های فونتانه و پیکاسو بدون تفاوت معنی‌دار آماری با هم، از تاریخ کاشت ۲۰ مرداد، حاصل شد. درصد ماده خشک غده‌ها نیز با تاخیر در کاشت، در هر دو سیستم کشت زمستانه و کشت تابستانه، کاهش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش امکان کشت سیب زمینی در منطقه بشرویه در دو سیستم زمستانه و تابستانه وجود دارد، که به این منظور باید از رقم های زودرس و میان رس زودرس ودر اولین فرصت در بهمن ماه یا اواخر مرداد، استفاده کرد.**

واژه های کلیدی: تاریخ کاشت، وزن غده، تعداد غده، درجه حرارت

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: koshojaei@yahoo.com

مقدمه

سیب زمینی چهارمین محصول غذایی اصلی جهان پس از ذرت، برنج و گندم است (Trapero- Mozos *et al.,* 2017; FAO, 2016; Muthoni *et al.,*2011). انتظار می‌رود که در سال ۲۰۲۰ میزان رشد سالیانه سیب زمینی از سایر محصولات اصلی غذایی بیشتر باشد و به ویژه در کشورهای در حال توسعه، سیب زمینی به عنوان یک محصول کلیدی در امنیت غذایی مطرح خواهد بود (Kazemi *et al.,* 2016 ; Scott *et al.,* 2000). در ایران سطح زیرکشت سیب زمینی در سال ۹۵ حدود ۱۵۹ هزار هکتار بوده که از این مقدار حدود ۵۰۰۰ هکتار سهم استان خراسان رضوی گزارش شده است (Ministry of Jihade – Agriculture, 2017). گرچه مناطق سرد بدون یخبندان برای تولید سیب زمینی بهتر از مناطق گرم هستند، ولی در حال حاضر سیب زمینی در مناطق مختلفی از جهان با اقلیم‌های متفاوتی کشت می‌گردد (Kazemi & Mirhashemi, 2017; Haverkourt & Struick, 2015; Haverkourt, 1990). در نتیجه اثرات تغییر اقلیم، انتظار می رود که در دهه‌های آتی، بخش بزرگی از مناطق تولید سیب زمینی در معرض دمای‌های بالا قرار گیرند (Monneveux *et al.,* 2014). با استفاده از مدل‌های اقلیمی زراعی و سناریوهای تغییر اقلیم برای دوره زمانی ۲۰۴۰ تا ۲۰۶۹، پیش‌بینی شده که با افزایش درجه حرارت بین ۱/۳ تا ۳/۲ درجه سانتیگراد، در صورت استفاده از رقم‌ها و تاریخ‌های کشت کنونی، ۱۸ تا ۳۲ درصد تولید جهانی سیب زمینی کاهش خواهد یافت (Hijmans, 2003)، اما با استفاده از ارقام سازگار و تاریخ کاشت مناسب، این کاهش به ۹ تا ۱۸ درصد تقلیل خواهد یافت. به نظر می‌رسد که اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد سیب زمینی در مناطق معتدل مثبت و در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری منفی باشد (Hancock *et al.,* 2014). به هر حال یکی از روش‌های مناسب سازگاری تغییر در تاریخ‌های کاشت و معرفی رقم‌های مناسب برای این تغییر می‌باشد. به‌کارگیری روش مناسب مستلزم شناخت کافی از عوامل تاثیرگذار بر تولید و عملکرد سیب زمینی و مدیریت آنها در شرایط کنونی و آینده می‌باشد.

تولید محصول و کیفیت سیب زمینی توسط تعدادی از وقایع پیچیده فیزیولوژیکی تعیین می‌شود که یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر آنها، درجه حرارت می‌باشد (Struick, 2007). دما به عنوان مهمترین عامل غیر قابل کنترل موثر در رشد و عملکرد شناخته شده است (Levy & Veilleux, 2007). در یک نگاه کلی بهترین درجه حرارت متوسط روزانه برای رشد سیب ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد بوده (Ahmad *et al.,* 2011; Haverkort, 1990) و به درجه حرارت‌های بالا کاملا حساس است (Shojaei *et al.,* 2006; Haverkort *et al.,* 2008). در دماهای بالاتر تولید ماده خشک در سیب زمینی کاهش می‌یابد (Zhou *et al.,* 2017)، که این کاهش به دلیل اثرات منفی دماهای بالا بر راندمان استفاده از تشعشع می‌باشد. به عبارت دیگر دماهای بالا سبب کاهش فتوسنتز خالص در سیب زمینی شده و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد (Hancock *et al.,* 2014; Kaminski, 2014)، از

سوی دیگر در سیب زمینی دماهای بالا سبب بزرگ و نامتعادل شدن شکل سلول‌ها در هر دو سوی داخلی و خارجی آوندهای آبکش شده و فشارها به سلول‌های اطراف آوندها را افزایش می‌دهد، که این تغییرات سبب کاهش توانایی آوندهای آبکش در بارگیری و انتقال مواد فتوسنتزی به غده‌ها می‌شود (Paul *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2009)، بنابراین عملکرد غده در رقم‌هایی که توانایی حفظ ساختار و یا آسیب پذیری کمتر آوندهای آبکش در دماهای بالاتر را داشته باشند، به مقدار کمتری تحت شرایط نامساعد دماهای بالا، کاهش می‌یابد.

تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد بر شرایط مطلوب یا نامطلوب محیطی به خصوص درجه حرارت و فتوپریود ، تاثیر بسیار زیادی بر رشد و نمو وعملکرد سیب زمینی دارد. انتخاب صحیح تاریخ کاشت به ویژه در مناطقی که محدودیت فصل رشد دارد، شرط اصلی موفقیت تولید در سیب زمینی است (Dash, *et al.*, 2018). کشت زود به خصوص در تاریخ های کشت زمستانه و بهاره می تواند از طریق انطباق با روزهای کوتاه و درجات حرارت پایین سبب تاخیر در جوانه زنی و سایر مراحل نموی سیب زمینی شده و در نتیجه عملکرد غده کاهش یابد (Levy and Veilleux, 2007; Quiroz *et al.*, 2012; Levy *et al.*, 2013) از طرفی کشت دیر هم در تاریخ های کشت زمستانه و بهاره می تواند خطر برخورد مراحل رشد غده با دماهای بالا را افزایش داده و از این طریق عملکرد را کاهش دهد (Levy and Veilleux, 2007; Quiroz *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2015).

در ایران با توجه به تنوع اقلیمی موجود در کشور امکان کشت سیب زمینی تحت شرایط کشت استمرار در مناطق مختلف و در تاریخ‌های کشت بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه موجود می‌باشد. با عنایت به تغییرات آب و هوایی ناشی از تغییر اقلیم، با توجه به آنچه بیان شد، افزایش دما در بسیاری از مناطق فعلی زیر کشت سیب زمینی که عمدتاً در مناطق کشت بهاره نیز می‌باشند، می‌تواند مخاطراتی در ارتباط با کاهش تولید این محصول را درپی داشته باشد. بنابراین به نظرمی‌رسد که بررسی تولید سیب زمینی در مناطقی که از نظر خصوصیات آب و خاک مشکلات زیادی نداشته باشند و از طرفی تغییرات اقلیمی نیز سبب مناسب شدن شرایط آب و هوایی برای کشت سیب زمینی در یکی از تاریخ‌های کشت تابستانه، پاییزه و یا زمستانه شده باشد، می‌تواند تا حدی نگرانی‌های ناشی از کاهش تولید این محصول را کاهش دهد. . این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش گرما ناشی از تاریخ های کاشت زمستانه و تابستانه بر عملکرد کمی و کیفی ارقام سیب زمینی و نیز امکان کشت سیب زمینی در سیستم های کشت زمستانه و تابستانه در منطقه بشرویه، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی پاسخ رقم های مختلف سیب زمینی به تنش گرما، ناشی از تاریخ های مختلف کشت در منطقه بشرویه، دو آزمایش مستقل با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. بشرویه یکی

از شهرستان‌های استان خراسان جنوبی بوده، که از اقلیم گرم و خشک برخوردار می‌باشد. حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت هوا در ایستگاه بشرویه ۴۸ و ۲۱- درجه سانتی‌گراد گزارش شده‌است. روستاهای شمال بشرویه گرم‌ترند و روستاهای غربی و جنوب غربی که ارتفاع بیشتری دارند از درجه حرارت ملایم‌تری برخوردارند. بارندگی در این منطقه بیشتر از اوایل آبان‌ماه شروع می‌شود و حداکثر تا نیمه اردیبهشت ادامه دارد. از آن به بعد به ندرت باران می‌بارد. متوسط بارندگی در این منطقه ۱۱ ۹۶ میلی‌متر در سال می‌باشد. در آزمایش اول (کشت زمستانه) تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه، ۵ و ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۴، به عنوان عامل اصلی و سه رقم فونتانه، پیکاسو و سانته، به عنوان عامل فرعی بودند. رقم های مذکور هر سه از گروه رسیدگی میان رس زودرس تا میان رس دیررس هستندکه در بین آنها سانته از همه زودرس تر و پیکاسو از بقیه دیررس تر است. در آزمایش دوم (کشت تابستانه) همان رقم‌ها اما در تاریخ‌های کاشت ۲۰ مرداد، ۵ و ۲۰ شهریور ۱۳۹۵کشت شدند. تاریخ کاشت در کرت اصلی به مساحت ۱۸۰ مترمربع (۱۰×۱۸ متر) و رقم در کرت فرعی به مساحت ۳۰ مترمربع (۱۰×۳ متر) قرار گرفتند. جهت اجرای آزمایش غده های بذری و جوانه دار شده هر یک از رقم‌ها ابتدا ضدعفونی و سپس در جوی و پشته‌هایی با فاصله ۷۵ سانتی متر و فواصل بوته ۲۵ سانتی متر با تراکم ۵۳۰ هزار غده در هکتار، توسط کارگر به صورت دستی، کشت شدند. آبیاری با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه و وضعیت رشدی محصول با استفاده از روش جوی و پشته‌ای انجام شد. کودهای شیمیایی با توجه به آزمون خاک (جدول ۱) و بر اساس نیاز گیاه سیب زمینی استفاده شد. جهت کنترل علف‌های هرز از سم سنکور به مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار، در مرحله قبل از سبز شدن سیب زمینی استفاده شد همچنین یک مرحله وجین دستی علف های هرز قبل از گلدهی انجام شد. جهت کنترل بیماری آلترناریا، با مشاهده اولین علائم بیماری (حدود ۲۰ روز پس از سبز شدن)، گیاهان با ۲ لیتر در هکتار داکونیل سمپاشی شدند. ۱۰ روز بعد نیز سمپاشی با ۲/۵ کیلو سم ایپوردیدن+ کاربندازیم (رورال ts) تکرار گردید. جهت کنترل تریپس نیز یک مرحله سمپاشی با مخلوط سموم دیازینون و متاسیستوکس هر یک با غلظت یک لیتر در هکتار با مشاهده آفت (حدود یک ماه پس از سبز شدن)، انجام شد.

در طول فصل رشد هر دو هفته یک بار، ثبت مراحل نمو و اندازه گیری ارتفاع، انجام شدند. برای اندازه گیری بیشترین ارتفاع ساقه اصلی، با توجه به روند افزایش ارتفاع ساقه در سیب زمینی که معمولاً در اواسط دوره رشد غده ها به حداکثر ارتفاع خود می رسند، بیشترین ارتفاع ثبت شده در طی دوره پر شدن غده ها به عنوان بیشترین ارتفاع ساقه اصلی در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد ۱۰ متر مربع از وسط هر پلات فرعی برداشت وعملکرد کل، تعداد و وزن غده‌ها در اندازه های بزرگ تر از ۵۵ میلی متر، بین ۳۵ تا ۵۵ میلی متر به عنوان غده های متوسط و کوچک تر از ۳۵ میلی‌متر

به عنوان غده های ریز، اندازه گیری شدند. همچنین مجموع غده های درشت و متوسط به عنوان محصول بازارپسند (عملکرد اقتصادی) و مجموع غده های ریز و غده های سبز و بدشکل، به عنوان محصول غیر بازارپسند در نظر گرفته شدند. به منظور اندازه‌گیری درصد ماده خشک غده، از غده‌های با اندازه متوسط در هر تیمار نمونه‌هایی برداشت و پس از برش به صورت صفحات نازک، وزن خشک غده با قرار گرفتن در آون تهویه دار با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه گیری و با استفاده از روش تناسب، درصد رطوبت، اندازه‌گیری شد. آمار هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی شهرستان بشرویه اخذ و جهت تعیین حداقل و میانگین دمای خاک در مواردی که آمار موجود نبود، آمار مورد نیاز از طریق برازش معادله بین آمار هوا و خاک با استفاده از آمار بلند مدت، تخمین زده شد. آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C انجام و رسم نمودارها هم با نرم افزار اکسل انجام شد.

نتایج

آزمایش اول (تاریخ کشت‌های زمستانه)

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج نشان داد که عملکرد غده در تاریخ‌های کشت زمستانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تاریخ‌های کاشت نشان داد که عملکرد غده در تاریخ کشت ۲۰ اسفند به ترتیب به مقدار ۶۲ و ۵۷ درصد و به طور معنی داری کمتر از تاریخ‌های کاشت ۲۰ بهمن و ۵ اسفند بود، در حالی که اختلاف میان تاریخ‌های کشت ۲۰ بهمن و ۵ اسفند از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های عملکرد رقم‌های مختلف نیز نشان داد که رقم سانته با میانگین تولید ۲۷۰۰ گرم در متر مربع به ترتیب ۱۷ و ۲۵ درصد عملکرد بیشتری از دو رقم فونتانه و پیکاسو تولید کرده بود، اما میانگین عملکرد رقم‌های فونتانه و پیکاسو از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم نیز نشان داد که بیشترین عملکرد استحصالی در تاریخ‌های کشت زمستانه مربوط به رقم سانته در اولین تاریخ کاشت (۲۰ بهمن) می‌باشد، در حالی که کمترین عملکرد مربوط به رقم فونتانه و در آخرین تاریخ کاشت (۲۰ اسفند) بود (جدول ۲).

تعداد کل غده‌های تولیدی نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت اما اثر برهم‌کنش تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول۲). نتایج مقایسات میانگین‌ها برای این صفت نشان داد که با تاخیر در کاشت تعداد

جدول ۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Soil chemical and physical characteristics at the experimental farm

اسیدیته	هدایت الکتریکی		کربن آلی	شن	سیلت	رس	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بر
pH	EC	T.N.V.	O.C.	Sand	silt	Clay	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		ds/m			%					ppm			
7.7	2.21	17.7	0.37	37.2	35.4	27.4	8.8	219	2.58	4.2	0.76	0.86	2.72

کل غده‌های تولیدی کاهش یافت، به طوری‌که تعداد کل غده تولید شده در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند ماه حدود ۶۰ درصد کمتر از این تعداد در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه بود (جدول ۲).

تعداد و وزن غده‌های ریز نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت اما اثر برهم‌کنش تیمارها بر این صفات معنی‌دار نبود. تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه بیشترین تعداد غده‌های ریز را تولید کرد، و تفاوت بین تاریخ‌های کاشت ۵ اسفند و ۲۰ اسفند از نظر آماری معنی‌دار نبود. وزن غده‌های ریز نیز در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن بیشتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود. همچنین تاریخ کاشت ۲۰ اسفند وزن غده ریز بیشتری از تاریخ کاشت ۵ اسفند داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین رقم‌های مورد بررسی نشان داد که رقم‌های سانته و پیکاسو به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد و وزن غده‌های ریز را تولید کرده بودند (جدول ۲).

تعداد غده‌های متوسط تنها تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و اثر رقم و برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های این صفت در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که تاخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش تعداد غده‌های متوسط می‌شود (جدول ۲).

وزن غده‌های متوسط تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی و برهم‌کنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های وزن غده‌های متوسط تولید شده در تاریخ‌های کاشت مختلف نشان داد که بیشترین وزن غده متوسط در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه تولید شد که با تاریخ کاشت ۵ اسفند تفاوت معنی‌داری نداشت، اما وزن غده‌های متوسط در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند به طور معنی‌داری از دو تاریخ کاشت دیگر کمتر بود. مقایسه رقم‌ها برای این صفت نشان داد که رقم سانته به‌طور معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر وزن غده متوسط بیشتری داشت، در حالی که تفاوت دو رقم پیکاسو و فونتانه با یکدیگر معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تیمارها نشان داد که رقم سانته در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ماه بیشترین وزن غده‌های متوسط را تولید کرده بود، در حالی که رقم فونتانه در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند ماه کمترین وزن غده‌های متوسط را داشت (جدول ۲).

در ارتباط با تغییرات تعداد و وزن غده‌های درشت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی، تنها اثر تاریخ کاشت بر این صفت معنی‌دار بود و تغییرات ناشی از رقم و برهم‌کنش تیمارها بر این صفات از نظر آماری، معنی‌دار نبود (جدول۲).

اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد ماده خشک غده‌ها معنی‌دار بود ، اما برهم‌کنش تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۲). در این ارتباط تاخیر در کاشت سبب کاهش درصد ماده خشک غده‌ها شد، به‌طوری که غده‌های تاریخ کاشت‌های اول و سوم به ترتیب با ۱۷/۱۲ و ۱۶/۳۶ درصد، بیشترین و کمترین ماده خشک را داشتند و تاریخ کاشت دوم با دو تاریخ کاشت دیگر اختلاف معنی‌د ار آماری نداشت (جدول ۲). همچنین رقم‌های فونتانه و سانته بدون تفاوت معنی‌دار آماری بیشترین و رقم پیکاسو نیز کمترین درصد ماده خشک غده را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

جدول ۲) : عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخهای کاشت زمستانه در منطقه بشرویه (آزمایش اول)

Table 2. Potato yield and yield components as affected by winter and summer planting dates in Boshroyeh region (the first experiment)

عوامل تغییر S.O.V	تیمار Treatment		ارتفاع Height (cm)	ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	غده‌های درشت Large tubers		غده‌های متوسط Medium Tubers		غده‌های ریز Small Tubers		تعداد کل غده Total tuber number (no.m^{-2})	عملکرد اقتصادی Economic Yield (g.m^{-2})	عملکرد کل Total Yield (g.m^{-2})
					وزن Weight (g.m^{-2})	تعداد Number (no.m^{-2})	وزن Weight (g.m^{-2})	تعداد Number (no.m^{-2})	وزن Weight (g.m^{-2})	تعداد Number (no.m^{-2})			
تاریخ کاشت Planting date	۲۰ بهمن Feb/ 9		51.78	18.12	147.59	0.99	2762.54	51.59	294.88	25.71	78.29	2910.13	3205.01
	۵ اسفند Feb/23		69.78	17.58	153.19	1.28	2482.24	35.99	146.51	11.14	48.41	2635.43	2781.94
	۲۰ اسفند Mar/11		57.89	16.36	65.74	0.4	924.64	19.97	214.95	12.18	32.55	990.38	1205.33
LSD			10.75	1.45	ns	۰/۷۲	530.2	6.35	62.99	1.96	7.56	617.9	606.7
رقم Cultivar	Fontaneh	فونتانه	63.89	19.27	216.53	1.48	2384.01	32.98	107.13	7.07	41.53	2600.13	2157.44
	Picasso	پیکاسو	62.67	14.75	87.42	0.67	1911.3	39.12	328.44	25.3	65.08	1998.72	2327.17
	Santeh	سانته	52.89	18.04	62.57	0.51	1874.1	35.46	220.76	16.67	52.63	1936.67	2707.67
LSD			1.143	1.51	134.3	ns	294	1.48	88.21	4.77	7.84	290.4	254.9
تاریخ کاشت × رقم Planting date × Cultivar	۲۰ بهمن Feb/ 9	Fontaneh فونتانه	55.67	20.27	286.07	1.86	3411.71	49.53	163.09	10.65	62.03	3697.78	2877.87
		Picasso پیکاسو	54.67	15.35	43.17	0.25	2402.81	54.97	430.39	37.89	93.11	2445.98	2876.37
		Santeh سانته	45	18.74	113.52	0.87	2473.11	50.27	291.15	28.60	79.73	2586.63	3860.88
	۵ اسفند Feb/23	Fontaneh فونتانه	77	19.45	269.43	2.1	2558.83	30.09	96.26	5.82	38.01	2828.27	2709.50
		Picasso پیکاسو	72.33	14.91	146.43	1.36	2331.89	36.53	233.47	18.2	56.09	2478.32	2711.79
		Santeh سانته	60	18.37	43.7	0.37	2556	41.35	109.79	9.41	51.13	2599.70	2924.53
	۲۰ اسفند Mar/11	Fontaneh فونتانه	59	18.07	94.09	0.49	1181.5	19.31	62.02	4.75	24.56	1275.59	885.03
		Picasso پیکاسو	61	14	72.66	0.4	999.2	25.85	321.48	19.81	46.06	1071.86	1393.34
		Santeh سانته	53.67	17.01	30.48	0.3	593.21	14.76	261.35	11.99	27.04	623.69	1337.61
LSD			ns	ns	ns	ns	509.2	ns	ns	ns	ns	503	441.5

ارتفاع بلندترین ساقه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، اما برهم‌کنش تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۲). در این ارتباط گیاهان در تاریخ کاشت دوم با حدود ۷۰ سانتیمتر بلند ترین ساقه ها را داشتند، در حالی که ساقه ها در تاریخ‌های کاشت اول و سوم، با حدود ۵۲ و ۵۸ سانتی متر، بدون تفاوت معنی‌دار آماری با هم، کمترین ارتفاع را داشتند (جدول ۲). همچنین رقم‌های فونتانه و پیکاسو بدون تفاوت معنی‌دار آماری با هم بیشترین و رقم سانته نیز کمترین ارتفاع ساقه را نشان دادند (جدول ۲).

آزمایش دوم (تاریخ کشت‌های تابستانه)

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج نشان داد که عملکرد غده در تاریخ‌های کشت تابستانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول۳). مقایسه میانگین‌های تاریخ‌های کاشت نشان داد که تاخیر در کاشت از ۲۰ مرداد به ۵ شهریور و ۲۰ شهریور به ترتیب سبب ۲۰ و ۴۶ درصد کاهش در عملکرد کل غده شد که این مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بودند، همچنین کاهش عملکرد میان تاریخ‌های کاشت ۵ شهریور و ۲۰ شهریور، به مقدار ۳۲ درصد نیز از نظر آماری معنی دار بود. مقایسه میانگین‌های عملکرد رقم‌های مختلف نیز نشان داد که رقم فونتانه با میانگین تولید ۲۷۷۸ گرم در متر مربع به ترتیب ۱۳ و ۱۶ درصد عملکرد بیشتری از دو رقم پیکاسو و سانته تولید کرده بود، اما میانگین عملکرد رقم‌های پیکاسو و سانته از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم نیز نشان داد که بیشترین عملکرد استحصالی در تاریخ‌های کشت تابستانه مربوط به رقم‌های فونتانه و پیکاسو در اولین تاریخ کاشت (۲۰ مرداد) می‌باشد، در حالی که کمترین عملکرد مربوط به هر سه رقم (فونتانه، پیکاسو و سانته) در آخرین تاریخ کاشت (۲۰ شهریور) بود (جدول ۳).

در تاریخ‌های کاشت تابستانه، تعداد کل غده‌های تولیدی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی و برهم کنش آنها قرار نگرفت.

تعداد غده‌های ریز تنها تحت تاثیر تیمار رقم قرار گرفت و اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود. رقم فونتانه کمترین تعداد غده‌های ریز را تولید کرده بود که با تعداد غده‌های ریز تولیدی در رقم پیکاسو، تفاوت معنی‌دار نداشت، رقم سانته نیز بیشترین تداد غده‌های ریز را تولید کرده بود که تفاوت این مقدار نیز با رقم پیکاسو معنی دار نبود، اما تفاوت میان تعداد غده‌های ریز بین رقم‌های فونتانه و سانته از نظر آماری معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین رقم‌های مورد بررسی نشان داد که رقم‌های سانته و پیکاسو به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد و وزن غده‌های ریز را تولید کرده بودند.

نتایج نشان داد که وزن غده‌های ریز، تعداد و وزن غده‌های متوسط و تعداد و وزن غده‌های درشت در تاریخ‌های کاشت تابستانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی و برهم‌کنش آنها قرار نگرفت.

وزن غده‌های متوسط تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی و برهم‌کنش آنها قرار گرفت. تاخیر در کاشت از ۲۰ مرداد به ۵ و ۲۰ شهریور ماه

جدول ۳: عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در تاریخ‌های کاشت تابستانه در منطقه بشرویه (آزمایش دوم)

Table 3. Potato yield and yield components as affected by winter and summer planting dates in Boshroyeh region (the second experiment)

عوامل تغییر S.O.V	تیمار Treatment		ارتفاع Height (cm)	ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	غده‌های درشت Large tubers		غده‌های متوسط Medium Tubers		غده‌های ریز Small Tubers		تعداد کل غده Total tuber number ($no.m^{-2}$)	عملکرد اقتصادی Economic Yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد کل Total Yield ($g.m^{-2}$)
					وزن Weight ($g.m^{-2}$)	تعداد Number ($no.m^{-2}$)	وزن Weight ($g.m^{-2}$)	تعداد Number ($no.m^{-2}$)	وزن Weight ($g.m^{-2}$)	تعداد Number ($no.m^{-2}$)			
تاریخ کاشت Planting date	Aug/11	۲۰ مرداد	61.57	18.67	2910.13	1.3	2602.06	44.93	355.22	25.50	71.72	2849.96	3205.18
	Aug/26	۵ شهریور	55.11	17.22	289.41	1.45	1910.75	41.90	377.49	26.92	70.23	2200.15	2777.60
	Sep/11	۲۰شهریور	48.11	15.74	188.69	0.98	1295.78	23.89	257.66	20.24	45.11	1484.47	1742.13
LSD			3.59	0.9	ns	ns	334.5	ns	ns	ns	ns	459.7	218.6
رقم Cultivar	Fontaneh	فونتانه	58.56	19.44	202.64	0.95	2317.63	35.04	257.99	18.88	54.88	2520.46	2778.25
	Picasso	پیکاسو	58.11	14.25	338.33	1.77	1729.02	43.05	360.30	26.43	71.23	2067.34	2427.65
	Santeh	سانته	48.11	17.94	185.03	1.01	1761.95	32.62	372.03	27.35	60.98	1946.98	2319.01
LSD			6.61	1.58	ns	ns	300.4	ns	ns	7.22	ns	290.4	210.3
تاریخ کاشت × رقم Planting date × Cultivar	Aug/11 ۲۰ مرداد	Fontaneh فونتانه	66.67	21.13	126.27	0.55	3133.27	46.01	298.64	19.41	65.96	3259.54	3558.19
		Picasso پیکاسو	63.67	15.51	497.97	2.6	2682.11	46.68	414.01	26.62	75.89	3180.09	3594.09
		Santeh سانته	54.33	19.36	119.45	0.74	1990.8	42.09	353	30.46	73.29	2110.25	2463.26
	Aug/26 ۵ شهریور	Fontaneh فونتانه	56.67	19.51	229.17	1.09	2319.44	35.89	339.14	24.94	61.92	2548.61	2887.25
		Picasso پیکاسو	58.67	14.23	451.83	2.37	1212.64	56.38	352.25	25.62	84.37	1664.47	2016.72
		Santeh سانته	50	17.92	187.21	0.9	220.17	33.44	440.95	30.21	64.54	2387.38	2828.34
	Sep/11 ۲۰شهریور	Fontaneh فونتانه	52.33	17.67	252.46	1.21	1500.17	23.24	136.17	12.29	36.74	1752.63	1888.81
		Picasso پیکاسو	52	13.01	65.18	0.35	1292.29	26.08	314.65	27.04	53.47	1357.47	1672.13
		Santeh سانته	40	16.53	248.42	1.38	1094.88	22.34	322.15	21.39	45.11	1343.30	1665.45
LSD			ns	ns	ns	ns	520.4	ns	ns	ns	ns	503	363.3

به ترتیب سبب ۲۷ و ۵۰ درصد کاهش در وزن غده‌های متوسط شد. در مقایسه بین رقم‌های آزمایشی مشاهده شد که رقم فونتانه به ترتیب ۲۵ و ۲۴ درصد وزن غده‌ی متوسط بیشتری نسبت به رقم‌های پیکاسو و سانته داشت، و تفاوت بین رقم‌های پیکاسو و سانته از نظر آماری معنی‌دار نبود.

در تاریخ های کشت تابستانه، اثر تیمارهای آزمایشی و برهم‌کنش آنها بر درصد ماده خشک غده‌ها نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). در این ارتباط تاخیر در کاشت سبب کاهش درصد ماده خشک غده‌ها شد. همچنین رقم‌های فونتانه و پیکاسو به ترتیب بیشترین و کمترین درصد ماده خشک غده را به خود اختصاص دادند. رقم فونتانه در تاریخ کاشت اول (بیستم بهمن ماه) بیشترین و رقم پیکاسو در آخرین تاریخ کاشت (بیستم اسفند ماه) کمترین درصد ماده خشک را داشتند (جدول ۳).

ارتفاع بلندترین ساقه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت اما اثر برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود. در این ارتباط تاریخ کاشت اول و سوم به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه را داشتند. رقم‌های فونتانه و سانته نیز به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه را نشان دادند که تفاوت میان ارتفاع رقم فونتانه و پیکاسو معنی‌دار نبود (جدول ۳). بررسی میانگین‌های برهم‌کنش تیمارها نشان داد که ساقه‌های رقم فونتانه در تاریخ کاشت دوم بیشترین و ساقه‌های رقم سانته در تاریخ کاشت اول کمترین ارتفاع را داشتند. به طور کلی هر سه رقم در تاریخ کاشت‌های دوم و اول به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه را داشتند (جدول ۳).

بحث و نتیجه گیری

آزمایش اول (تاریخ‌های کشت زمستانه)

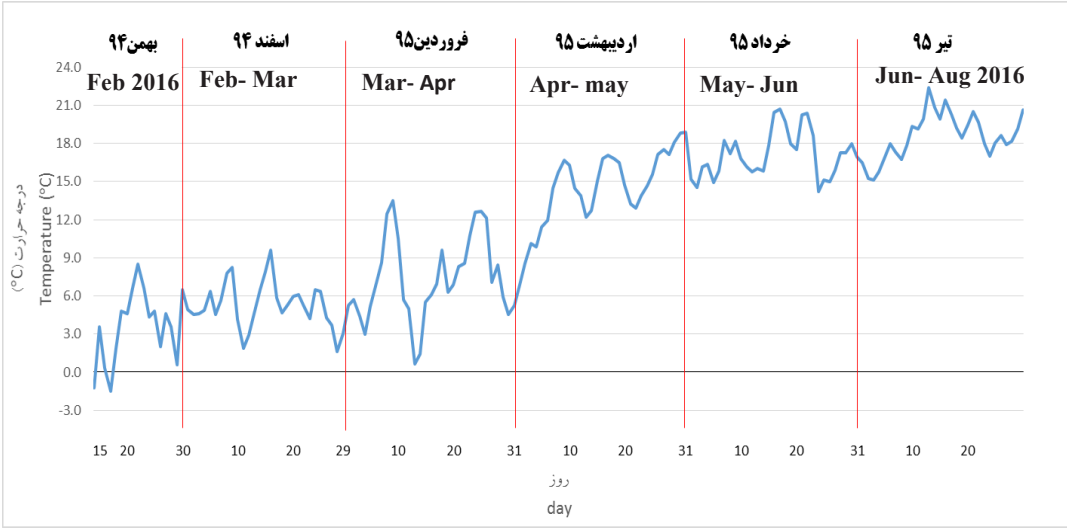
فتوپریود، درجه حرارت، رطوبت و وضعیت تغذیه ای گیاه از جمله عوامل محیطی بسیار مهم در تعیین فنولوژی ، سازگاری و عملکرد محصول میباشند. در این ارتباط اثرات متقابل میان درجه حرارت و فتوپریود به عنوان مهمترین عامل محیطی جهت برازش مدل فنولوژیکی سیب زمینی بکار رفته است (Yan & Wallace, 1998). تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد بر شرایط مطلوب یا نامطلوب محیطی به خصوص درجه حرارت و فتوپریود ، تاثیر بسیار زیادی بر رشد و نمو وعملکرد سیب زمینی دارد.

با توجه به اینکه دمای حداقل و بهینه خاک برای جوانه زنی و رشد جوانه‌های سیب زمینی به ترتیب ۶ و ۱۸ درجه سانتیگراد می‌باشد (Levy & Veilleux, 2007)، بررسی وضعیت درجه حرارت‌های خاک طی ماه‌های بهمن ۹۴ تا تیر ۹۵ (شکل ۱)، نشان می‌دهد که طی ماه‌های بهمن و اسفند ۹۴ و نیز فروردین ۹۵، درجه حرارت برای جوانه‌زنی غده و رشد جوانه‌ها محدودیت زیادی نداشته، البته ذکر این نکته ضروری است که در نیمه دوم بهمن ماه درجه حرارت خاک تا حدی محدود کننده رشد جوانه‌ها بود و همین عامل سبب شد که در این تاریخ کاشت مرحله کاشت تا سبز شدن به ترتیب ۵ و ۷ روز از دو تاریخ کاشت ۵ اسفند و ۲۰ اسفند دیرتر تکمیل گردد، اما به هر صورت در تمامی تاریخ‌های کاشت بیش از ۹۵ درصد غده‌های کشت شده

سبز شده بودند و تفاوت معنی‌داری در این ارتباط بین تاریخ‌های کاشت وجود نداشت، از طرفی همانطور که قبلاً نیز بیان شد، تاخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد شده بود، بنابراین به نظر نمی‌رسد که در آزمایش حاضر، تاریخ کاشت از طریق محدودیت ایجاد شده در ابتدای فصل سبب ایجاد تغییرات در عملکرد شده باشد. بررسی درجه حرارت‌های هوا طی بهمن ۹۴ تا تیر ۹۵، (شکل ۲) به ویژه دمای حداکثر روزانه، نشان می‌دهد که از اواخر اردیبهشت ماه فراوانی درجه حرارت‌های بالای ۴۰ درجه سانتیگراد زیاد بوده و با توجه به اینکه بهترین دما در دوره رشد غده‌ها برای فرآیندهایی مثل فتوسنتز، اختصاص مواد فتوسنتزی به غده‌ها، ساخت نشاسته و فرآیندهایی همانند اینها، دماهای ۱۴ تا ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشند (Lizana *et al.*,2017; Peltonen-Sainio *et al.*, 2010; Rosenzweig, 1996)، بنابراین طی خرداد ماه و ماه‌های پس از آن درجات محدود کننده رشد غده زیاد می‌باشد. با توجه به اینکه در سیب زمینی بر خلاف بسیاری از محصولات دانه‌ای، اندازه بخش اقتصادی (غده‌ها) از انعطاف پذیری بالایی برخوردار است (Ewing & Struik, 1992)، بنابراین اثر شرایط محیطی در دوره پرشدن غده‌ها، تاثیر زیادی بر عملکرد غده خواهد داشت (Shojaei *et al.*, 2014, b). بنابراین به نظر می‌رسد که با تاخیر در کاشت اثرات محدود کننده درجه حرارت‌های بالا بر رشد غده‌ها در دوره رشد غده‌ها، افزایش یافته و این عامل سبب کاهش عملکرد در شرایط تاریخ کاشت ۲۰ اسفند شده است. در شرایط دماهای بالا تغییر در فعالیت‌های آنزیمی سبب تاثیر بر متابولیسم کربن، تجمع نشاسته و ساخت ساکارز می‌شود (Ruan *et al.*, 2010). کاهش تولید آسیمیلات‌ها به همراه تغییر در اختصاص آنها به اندام‌های مختلف، سبب کاهش عملکرد سیب زمینی در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد می‌شود (Ahmad *et al.*, 2011). محققین زیادی کاهش عملکرد تحت تاثیر افزایش درجه حرارت راگزارش کرده‌اند، در این ارتباط، مقادیر کاهش ۳ تا ۴ درصدی عملکرد به ازای هر یک درجه افزایش دما (Fleisher *et al.*, 2016; Peltonen- Sainio *et al.*, 2010) و نیز ۱/۳ تن در هکتار کاهش عملکرد به ازای هر یک درجه افزایش دما گزارش شده است (Zhou *et al.*, 2017).

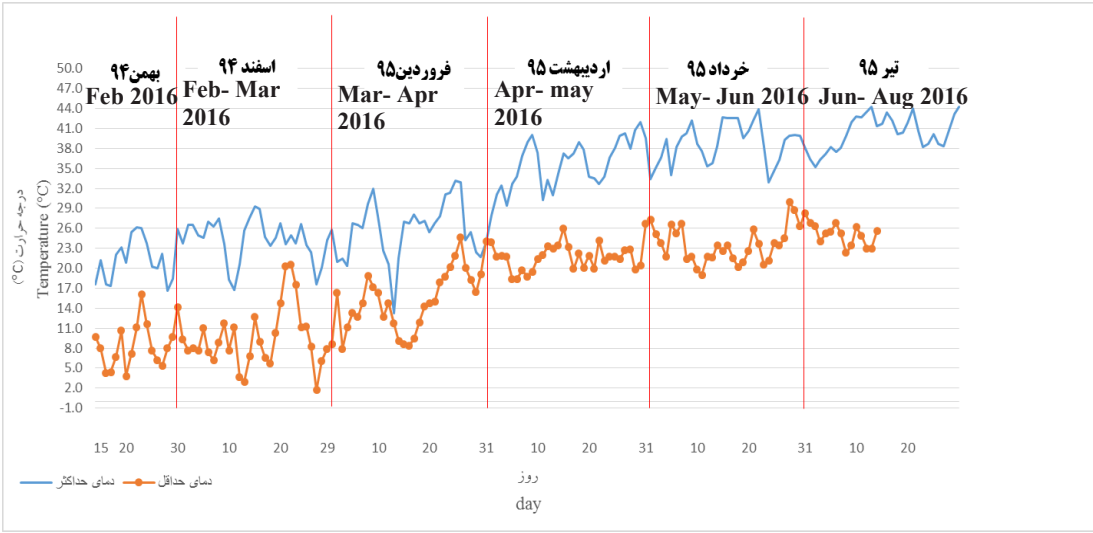
نتایج مقایسه عملکرد رقم‌های مختلف در تاریخ‌های مختلف کاشت (برهم‌کنش تیمارها) در سیستم کشت زمستانه نیز این مطلب را نشان داد. در کشت زمستانه تاخیر در کاشت سبب برخورد مراحل رشد غده سیب زمینی به دماهای بالا شد و در نتیجه تاریخ کاشت ۲۰ اسفند کمترین عملکرد را از آن خود کرد. با توجه به اینکه در رقم‌های دیررس سیب زمینی طول دوره رشد رویشی طولانی‌تر است (Shojaei *et al.*, 2014, a)، بنابراین در رقم‌های پیکاسو و فونتانه که دیررس‌تر از سانته هستند، آغازش و رشد غده‌ها دیرتر اتفاق افتاده و در نتیجه تطابق مراحل رشد غده با دماهای بالا در این رقم‌ها برای زمان‌های طولانی‌تری ادامه داشته و اثرات نامطلوب دماهای بالا در این رقم‌ها بیشتر و مشخص‌تر است. در واقع در تاریخ کاشت ۲۰

بهمن رقم سانته که زودرس‌تر از بقیه بوده، بیشترین عملکرد را داشته و عملکرد دو رقم دیگر فونتانه و پیکاسو (این دو رقم به‌طور متوسط ۱۰ تا ۱۵ روز از رقم سانته دیررس‌تر هستند) در دو تاریخ کاشت ۲۰ بهمن و ۵ اسفند با یکدیگر و با عملکرد رقم سانته در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند معنی‌دار نبوده، بنابراین می‌توان نتیجه گیری کرد که تاخیر در کاشت به مدت ۱۵ روز در منطقه بشرویه برای رقم زودرسی مثل سانته باعث شده که فشار گرمای محیط به حدی شود که دیگر زودرس‌تر بودن این رقم نسبت به مارفونا و پیکاسو نیز مشکل را حل نکرده و عملکرد آن با این رقم‌ها اختلاف معنی‌دار آماری نداشته باشد، پس می‌توان گفت که در صورت مساعد بودن شرایط خاک و محیط برای کاشت در منطقه بشرویه حداکثر باید تا ۲۰ بهمن سیب زمینی کاشته شده باشد. در این ارتباط در بررسی شرایط دمایی مختلف بر سیب زمینی، 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 به دلیل تفاوت دراندازه آوندهای آبکش و در نتیجه توانایی آنها در بارگیری و انتقال مواد، متفاوت می‌باشد (Paul *et al.*, 2017).



شکل ۱) درجه حرارت خاک طی ماه های بهمن ۹۴ تا تیر ۹۵

Fig 1. Soil temperature from February till August 2016



شکل ۲) درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه طی ماه های بهمن ۹۴ تا تیر ۹۵

Fig 2. Maximum and minimum daily temperature from February till August 2016

کاهش تعداد کل غده‌های تولیدی تحت تاثیر تاریخ کاشت نیز می تواند به دلیل تاثیر دماهای بالا و نیز طول روز بر این صفت باشد. به نظر می‌رسد که تاخیر در آغازش غده‌ها تحت تاثیر دماهای بالا (Daccache *et al.*, 2011) از دلایل اصلی کاهش تعداد غده‌های تولیدی باشد. نکته قابل توجه اینکه دماهای بالا در ابتدای آغازش غده‌ها سبب کاهش تعداد غده‌هایی می‌شوند که این غده‌ها توانایی تبدیل شدن به غده‌های درشت را دارند، و ادامه گرما سبب کاهش وزن این غده‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد خواهند شد (Zhou *et al.*, 2017; Struik, 2007; O'Brien *et al.*, 1998). بنابراین دماهای بالا علاوه بر اینکه بر عملکرد غده تاثیرگذارند، می توانند 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 غده‌های بازار پسند کاهش می‌یابد (Kim *et al.*, 2017; Fleisher, *et al.*, 2017; Peltonen-Sainio, 2010).

دماهای کمتر از ۲۱ درجه سانتیگراد، آغازش غده در سیب زمینی را تسریع می کند (Kooman *et al.*, 1996). دماهای بالاتر سبب کاهش اختصاص مواد فتوسنتزی به غده‌ها می‌شود (Struik & Ewing, 1995). دراین شرایط افزایش دما و طول روزهای بلند، در مرحله رشد غده‌ها سبب افزایش نسبت جیبرلیک اسید به آبسیسیک اسید (GA\ABA) 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 و افت عملکرد خواهد بود. از طرف دیگر سیب زمینی یک گیاه روز کوتاه برای آغازش و رشد غده‌ها و روز بلند یا روز خنثی برای گلدهی است (Ewing & Struik, 1992 Van Dam *et al.*, 1996;)

، به عبارت دیگر روزهای بلند سبب کاهش آغازش و بزرگ شدن غده‌ها شده و در نتیجه تعداد و وزن غده‌ها را کاهش می‌دهد. در این آزمایش نیز تاخیر در کاشت سبب برخورد بیشتر دوره رشد غده‌ها با روزهای بلندتر شده و در نتیجه می‌تواند سبب کاهش آغازش و رشد غده شده که خود تعداد و وزن غده‌ها را کاهش می‌دهد. در ارتباط با پاسخ تعداد و وزن غده‌های درشت به تیمار تاریخ کاشت، چون غده‌های درشت در واقع بیشتر غده‌هایی هستند که زودتر در گیاه آغازش پیدا کرده و تشکیل شده‌اند، در کاشت دیر، اثر منفی دما و فتوپریود روی آغازش آنها بیشتر بوده و بنابراین تعداد این غده‌ها در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته و از دو تاریخ کاشت دیگر کمتر شده، اما وزن این دسته از غده‌ها تفاوت معنی داری بایکدیگر در تاریخ‌های مختلف کاشت نداشته‌اند که این موضوع نشان دهنده کاهش اختصاص مواد فتوسنتزی بر این غده‌ها در طی دوره پر شدن غده و اثر طولانی‌تر دما روی این صفت می‌باشد. البته باید توجه داشت که به طور کلی به نظر می‌رسد که دما اثر بیشتری نسبت به فتوپریود در ارتباط با نتایج حاصله داشته باشد، زیرا در سیب زمینی، فتوپریود بیشتر از مرحله سبز شدن تا آغازش غده اثر گذاشته (Kooman *et al.,* 1996; Ewing & Struik, 1992) به نحوی که طول روزهای کوتاه (۱۰ تا ۱۲ ساعت) سبب تسریع آغازش غده و طول روزهای بلند (۱۴تا ۱۸ ساعت)، سبب کاهش آغازش غده می‌گردند (Kooman *et al.,* 1996). از مرحله آغازش غده‌ها به بعد اثر طول روز یا حذف شده و یا کاهش می‌یابد، و رشد و نمو پس از این مرحله بیشتر توسط دما هدایت می‌شود (Kooman & Haverkort, 1995). تنش گرما در مرحله رشد غده‌ها، به عنوان مهمترین عامل محدود کننده تولید سیب زمین در تاریخ‌های کشت زمستانه در منطقه کرمان معرفی شده است (Taei Samiromi *et al.,* 2017). نتایج بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد رقم‌های سیب زمینی در همدان نیز حاکی از این است که تاخیر در کاشت، سبب کاهش عملکرد ارقام سیب زمینی شده و در شرایط این آزمایش نیز نقش دما در کاهش عملکرد، مهم ارزیابی شده است (Parvizi *et al.,* 2011).

آزمایش دوم (تاریخ‌های کشت تابستانه)

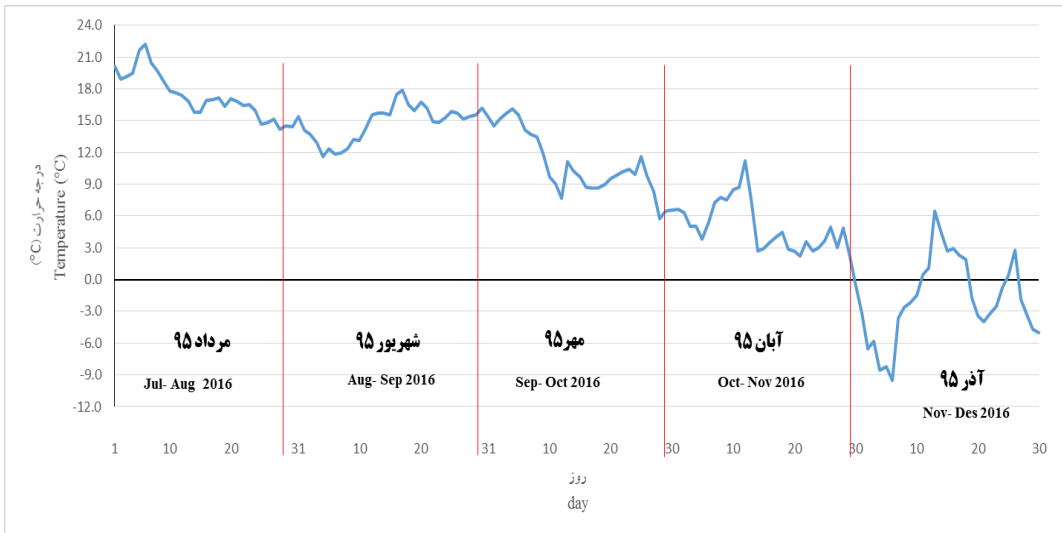
بررسی وضعیت درجه حرارت‌های خاک طی ماه‌های مرداد تا آذر ۹۵ (شکل ۳)، نشان می‌دهد که طی ماه‌های مرداد و شهریور ۹۵، درجه حرارت خاک بین ۱۲ تا ۲۰ درجه بوده که برای جوانه‌زنی غده و رشد جوانه‌ها بسیار مطلوب می باشد، بنابراین تفاوت دوره کاشت تا سبز شدن تیمارهای تاریخ کاشت تقریباً از تفاوت میان روزهای تاریخ‌های کاشت مختلف تبعیت کرد. به هر حال در این تاریخ‌های کاشت نیز بیش از ۹۵ درصد غده‌های کاشته شده سبز شده بودند و اختلافی میان تعداد بوته‌های سبز شده در تیمارهای مختلف تاریخ‌های کاشت تابستانه وجود نداشت.

بررسی درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه طی ماه‌های مهر و آبان نشان می‌دهد که در تاریخ‌های کاشت ۲۰ مرداد و ۵ شهریور، دماهای حداکثر و حداقل روزانه برای رشد

رویشی اندام‌های هوایی بسیار مطلوب بوده و بنابراین در این دو تاریخ کاشت گیاهان تا رسیدن به مرحله آغازش غده‌ها از شرایط بسیار مطلوبی برخوردار بودند و گیاهان با شرایط نسبتاً مطلوبی وارد مرحله آغازش و رشد غده‌ها شدند. تاریخ کاشت ۲۰ شهریور نیز از شرایط مطلوبی برای رقم‌های فونتانه و پیکاسو و نسبتاً مطلوب برای رقم سانته بود.

در تاریخ کاشت دوم رقم‌های سانته، فونتانه و پیکاسو به ترتیب در تاریخ‌های ۲۷ شهریور، ۳ مهر و ۷ مهر وارد مرحله‌ی آغازش غده شده بودند، با توجه به اینکه در دهه آخر شهریور دما در محدوده ۴۰ تا ۴۲ درجه و در دهه اول مهر دما در محدوده ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داشته (شکل ۴)، بنابراین در این تاریخ کاشت آغازش غده‌ها در رقم‌های فونتانه و پیکاسو در شرایط مناسب تر دمایی نسبت به رقم سانته اتفاق افتاده بود. رشد گیاهان درکلیه تیمارهای آزمایشی در تاریخ ۲۱ آبان به دلیل سرمازدگی متوقف شد. بنابراین در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم گیاهان به ترتیب ۹۰، ۷۵ و ۶۰ روز پس از کاشت زمان برای رشد و نمو داشتند.

این در حالی است که شرایط طول روز در تاریخ کاشت اول برای هر دو رقم فونتانه و پیکاسو در شرایطی مناسب‌تر از سانته برای آغازش غده‌ها قرار داشته است. با توجه به آنچه بیان شد به نظر می‌رسد که اولین عامل محدود کننده در تاریخ‌های کاشت تابستانه سرمای پایان فصل رشد بوده (Shojaei *et al.*, 2006)، و بر اساس آنچه تا به حال بحث شد، انتظار می‌رفت که در بین رقم‌ها، رقم زودرس‌تر از موفقیت بیشتری برخوردار باشد. در ارتباط با تاریخ‌های کاشت تابستانه مشاهده می‌شود که نتایج بر خلاف این است و رقم سانته که از بقیه زودرس‌تر است، از عملکرد کمتری نسبت به رقم فونتانه برخوردار بوده است، در این ارتباط همان‌طور که قبلاً هم بیان شد، مرحله آغازش غده در رقم سانته، هم از نظر دمایی و هم از نظر



شکل ۳) درجه حرارت خاک طی ماه های مرداد تا آذر ۹۵

Fig 3. Soil temperature from July till December 2016

طول روز در شرایط نامساعدتری نسبت به دو رقم دیگر قرار داشته، از طرفی باید توجه داشت که روزهای کوتاه گرچه شرایط مناسبی برای آغازش غده‌ها است، اما با توجه به کاهش دوره روشنایی، فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی برای تولید عملکرد کاهش می‌یابد. در کشت پاییزه سیب زمینی در چین، کاهش دما در مرحله رشد غده‌ها سبب کاهش تعداد و اندازه غده‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد گردید (Zheng *et al.*, 2016). از طرفی روزهای کوتاه در پاییز گرچه برای شکل گیری و رشد غده‌ها مناسبند، اما با توجه به کاهش طول دوره روشنایی فتوسنتز گیاه محدود شده (Gin *et al.*, 2013) و کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌تواند سبب کاهش عملکرد گردد. در آزمایش دیگری در بررسی رقم‌های سیب زمینی در تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه، عامل اصلی محدود کننده عملکرد در این شرایط سرمای پایان فصل عنوان شده و میان رقم‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار آماری گزارش شد (Darabi, 2007). همچنین تنش سرما و یخزدگی به عنوان مهمترین عامل محدود کننده تولید سیب زمینی در مناطق مرتفع شمالی و غربی استان کرمان معرفی شده است (Taei Samiromi ۲۰۱۷)

نتیجه گیری کلی

با عنایت به تغییرات اقلیمی و اثرات ملموس آن بر تولیدات کشاورزی، هماهنگی نظام‌های تولید با این تغییرات، نیازی اساسی می‌باشد. یکی از این نیازها توجه به تغییر تاریخ‌های کاشت محصولات کشاورزی با توجه به تغییرات محلی می‌باشد. بر این اساس و با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش پیشنهادهای زیر ارایه می‌شوند.

۱- خربزه در منطقه بشرویه به عنوان یکی از محصولات اصلی بهاره محسوب شده و کشاورزان پس از برداشت آن در حدود نیمه دوم مرداد تا اوایل شهریور ماه، مبادرت به کشت ارزن نموده که معمولا از بازده اقتصادی بالایی برخوردار نمی‌باشد. با عنایت به نتایج این تحقیق در صورت تامین امکانات لازم و نیز بذر مناسب امکان کشت تابستانه سیب زمینی در این منطقه وجود دارد.

۲- با توجه به عدم تولید سیب زمینی در منطقه خراسان جنوبی و تامین آن (سیب زمینی تازه غیر انباری) از استان‌های خراسان رضوی و شمالی در فصل پاییز و زمستان و استان‌های کرمان و هرمزگان در فصل بهار، در صورت تولید این محصول در سیستم کشت زمستانه در شهرستان بشرویه، می‌توان گام مهمی در کاهش قیمت این محصول در سبد خانوارهای استان خراسان جنوبی و نیز افزایش درآمد کشاورزان منطقه، برداشت. به این منظور سیب زمینی باید در اولین فرصت در زمستان (در نیمه اول) بهمن ماه کشت گردد.

۳- جهت کشت در سیستم زمستانه در منطقه از رقم‌های زودرس و برای کشت در سیستم تابستانه از رقم‌های میان‌رس زودرس استفاده شود.

۴- با عنایت به وضعیت تغییرات ماده خشک سیب زمینی در این آزمایش پیشنهاد می‌شود که تولید محصول در این منطقه با هدف

مصرف تازه خوری برنامه‌ریزی گردد.

۵- قطعاً انجام آزمایشات تکمیلی در ارتباط با تولید سیب زمینی در این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بنابراین پیشنهاد می‌شود قبل از برنامه ریزی برای تولید در سطح وسیع در این منطقه حتما نسبت به انجام تحقیقات در زمینه آفات و بیماری‌ها، رقم‌های جدید و به خصوص تحقیقات اقتصادی، اقدام گردد.

References

Ahmad, A., Rajeev, N.B., Sangeeta, K., Madan. P.S. 2011. Higher glycine betaine and antioxidant enzymes activity are associated with high temperature tolerance in potato. *Indian Journal of Plant Physiology*. 16, 285–293.

Daccache, A., Weatherhead, E.K., Stalham, M., Knox, J.W., 2011. Impacts of climatechange on irrigated potato production in a humid climate. *Agricultural and Forest Meteorology*.151, 1641–1653.

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 Production*, 23(3).373-386. (In Persian with English Summary).

Dash, S.N., Behera, S., Pushpavathi, Y. 2018. Effect of planting dates and varieties on potato yield. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(3): 1868-1873.

Ewing, E.E., Struik, P.C., 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation, and growth. *Horticulture*. *Review*. 14, 89–198.

Fleisher, D.H., Condori, B., Quiroz, R., Alva, A., Asseng, S., Barreda, C., Bindi, M.,Boote, K.J., Ferrise, R., Franke, A.C., 2 016. A potato model inter-comparisonacross varying climates and productivity levels. *Global Change Biology*. http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13411.

Fleisher, D.H., Condori, B., Quiroz, R., Alva, A., Asseng, S., Barreda, C., Bindi, M., Boote, K.J., Ferrise, R., Franke, A.C., 2017. A potato model intercomparison across varying climates and productivity levels. *Global Change Biology*. 23, 1258–1281.

Food and Agricultural Organization. 2017. FAOstat database for agriculture http://faostat.fao.org/faostat/collection=agriculture.

Gawronska, H., Thornton, M.K., Dwelle, R.B., 1992. Influence of heat stress on drymatter 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., et al., 2014. Physiological, biochemicaland molecular responses of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant tomoderately elevated temperature. *Plant Cell and Environment*. 37, 439–450.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M., Roychowdhury, R., Fujita, M., 2013. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerancein plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 14, 9643–9684.

Haverkort, A.J., 1990. Ecology of potato cropping systems in relation to latitude andaltitude. *Agricultural Systems*. 32, 251–272.

Haverkort, A.J., Boonekamp, P.M., Hutten, R., Jacobsen, E., Lotz, L.A.P., Kessel, G.J.T,.van der Vossen, E.A.G., 2008. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Research*. 51, 47–57.

Haverkort, A.J., Struik, P.C., 2015. Yield levels of potato crops: recent achievementsand future prospects. *Field Crops Research*. 182, 76–85.

Haverkort, A.J., Verhagen, A., 2008. Climate change and its repercussions for thepotato supply chain. *Potato Research*. 51, 223–237.

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

Kaminski, K.P., Kørup, K., Nielsen, K.L., Liu, F., Topbjerg, H.B., Kirk, H.G., Andersen,M.N., 2014. Gas-exchange, water use efficiency and yield responses of elitepotato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to changes in atmospheric carbondioxide concentration, temperature and relative humidity. *Agricultural and Forest Meteorology*. 187, 36–45.

Kazemi, M. , Mirhashemi, S. M. 2017. *Potato* (*Production Technology*, *Food security*). Agricutural Research and Education Publication). Tehran, Iran. (In Persian).

Kazemi, M., Banayan Aval, M., Ghorbani, R. 2016. Quantitative analysis of food security in khorasan razavi province based on potato production. *Applied Field Crop Research* (*Agronomy Journal*). 29 (3): 63_75. (In Persian with English Summary).

Kim, Y.U., Beom-Seok Seo, B.S., Choi, D.H., Ban, H.Y., 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.

Kooman PL., Haverkort, AJ. 1995. Modelling development and growth of the potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL- POTATO. In: AJ Haverkort and DKL MacKerron (eds), *Potato Ecology and Modeling of Crops under Conditions Limiting Growth*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp. 41–60.

Kooman, PL., Fahem, M., Tegera, P., Haverkort, A.J., 1996. Effects of climate on different potato genotypes 2: Dry matter allocation and duration of the growth cycle. *European Journal of Agronomy*. 5, 207–217.

Levy, D., Coleman, W.K., Veilleux, R.E., 2013. Adaptation of potato to water shortage: irrigation management and enhancement of tolerance to droughtand salinity. *American Journal of Potato Research*. 90, 186–206

Levy, V., Veilleux, R.E., 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review. *American Journal of Potato Research*. 84:487-506.

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.

Ministry of Jihade – Agriculture. 2017. database for agriculture. http:// http://maj.ir/Index.

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

Muthoni, J., Mbiyu, M., Kabira, J.N., 2011. Up-scaling production of certified potato seed tubers in Kenya: potential of aeroponics technology. *Journal of. Horticulture and Forestry*. 3, 238–243.

O'Brien, P., Allen, E., Firman, D., 1998. A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum*) crops. *The Journal of Agricultural Science*. 130, 251–270.

Parvizi, Kh., Souri, J., 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. (In Persian with English Summary).

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.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Trnka, M., Olesen, J.E., Calanca, P., Eckersten, H.,Eitzinger, J., Gobin, A., Kersebaum, K.C., Kozyra, J., 2010. Coincidence ofvariation in yield and climate in Europe. *Agriculture*, *Ecosystems and Environment*. 139, 483–489.

Qin,YZ., Chen, J., Xing,Z., etal. 2013. Effects of low temperature stress on photosynthesis in potato leaves. *Journal of Hunan Agricultural University* (*Natural Sciences*). 39, 26–30.

Quiroz, R., Chujoy, E., Mares, V., 2012. Potato. In: Steduto, P., Hsiao, T., Fereres, E., Raes, D. (Eds.), *Crop Yield Response to Water*. FAO Irrig Drain Paper, 66. , pp. 184–189.

Rosenzweig, C., Phillips, J., Goldberg, R., Carroll, J., Hodges, T., 1996. Potentialimpacts of climate change on citrus and potato production in the US. *Agricultural Systems*. 52, 455–479.

Ruan, Y.L., Jin, Y., Yang, Y.J., Li, G.J., Boyer, J.S., 2010. Sugar input, metabolism, and signalling mediated by invertase: roles in development yield potential, and response to drought and heat. *Molecular Plant*. 3, 942–955.

Scott, G.J., Rosegrant, M.W., Ringler, C., 2000. Global projections for root and tubercrops to the year 2020. *Food Policy*. 25, 561–597.

Shojaei Noferest, K., Alavi Shahri, H., Anahid, S., 2006. The survey of temperature limitation effects on growth and yield of potato cultivars under different environmental condition. Final Report. Seed and Plant Improvement Institute (SPII). (In Persian with English Summary).

Shojaei Noferest, K., Khazaei, HR., Kafi, M. Khodadadi, M. 2015a. Evaluation of morpho- physiological characteristics in association with water stress tolerance in potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). PhD. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Shojaei Noferest, K., Khazaei, HR., Kafi, M. Khodadadi, M. 2015b. Effect of drought stress at vegetative growth stage on allometric relationships for root and shoot characteristics of late and early maturity potato cultivars (*Solanumtu berosum* L.) under controlled conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 7(1). 25-40. (In Persian with English Summary).

Struik, P., et al., 2007. Responses of the potato plant to temperature. In: Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C. (Eds.), *Potato Biology and Biotechlogy*: Advances and Perspectives. Elsevier, Amsterdam, TheNetherlands, pp. 367–393.

Struik, P., Ewing, E., 1995. Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum*): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In: *Potato Ecology and Modelling of Crops Under Conditions Limiting Growth*. Springer, pp. 19–40.

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

Torrance, L., J. Bryan, G., D. Hancock, R., A. Taylor, M. 2017. Engineering heat tolerance in potato by temperature-dependent expression of a specific allele of heat-shock cognate 70. *Plant Biotechnology Journal*. 1–11.

Trapero-Mozos, A., L. Morris, W. Ducreux, L., McLean, K., Stephens, J.

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

Wang, C.-L., Shen, S.-H., Zhang, S.-Y., Li, Z., Yao, Y.-B., 2015. Adaptation of

potato production to climate change by optimizingsowing date in the Loess Plateau of central Gansu, *Journal of Integrative Agriculture*. 14 (2), 398–409

Yan, W., Wallace, D.H. (1998). Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod * temperature interaction. *Annals of Botany*. 81, 705-716.

Zhang, G.L., Chen, L.Y., Zhang, S.T., Zheng, H., Liu, G.H., 2009. Effects of high temperature stress on microscopic and ultrastructural characteristics of mesophyll cells in flag leaves of rice. *Rice Science*. 16, 65–71.

Zheng, S.L., Wang, L.J., Wan, N.X., Zhong, L., Zhou, S. M., He, W., Yuan, j.C., 2016. Response of Potato Tuber Number and Spatial Distribution to Plant Density in Different Growing Seasons in South west China. *Frontiers in Plant Science*. 7, 1-8.

Zhou, Z., Plauborg, F., Kristensen, K., Neumann Andersen, M., 2017. Dry matter production, radiation interception and radiation use efficiency of potato in response to temperature and nitrogen application regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*. 232: 595–605.

Effects of heat stress on quantitative and qualitative yield of potato cultivars in winter and summer planting systems under field conditions

K. Shojaei[1*], A. Rakhshandeh[2], H. Sarchahi[2], M. Moghimzade Mohebi[2], S. Anahid[3]

1. Assistant professor of Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. (Corresponding author)
2. Researcher of Agriculture Organization of Bashiriyeh.
3. Researcher of Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

Received: January 2018 - Accepted: May 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.116938.1236

Extended Abstract

Shojaei, K., Rakhshandeh, A., Sarchahi, H., Moghimzade Mohebi, M., Anahid, S. 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 Vol 32, No. 02, 2019- Page: 16-18:** 108-129(in Persian)

Introduction: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is the world`s fourth most important food crop after corn, rice and wheat (Trapero- Mozos *et al*., 2017). Due to the effects of global warming, it is expected that most of the areas under potato cultivation will be exposed to extreme temperatures in the upcoming decades (Hijmans, 2003). Based on current climate-crop models and climate change scenarios for the period from 2040 till 2069, a temperature increase of 1.3 to 3.2 °C is projected to occur in the areas where potato is grown, which will result in 18 to 32 % decrease in potato global production if the current potato cultivars and plantation dates are continued to be used. However, this expected decline can be reduced to 9 to 18 % by using adaptable potato cultivars and choosing proper planting dates. Due to its diverse climate, it is possible to grow potato across different areas and seasons in Iran. But, because of rising temperatures in many production areas of potato in Iran, particularly in those areas where the growing season takes place in spring, potato production can be associated with the risk of yield decline. The aim of the investigation was to evaluate the effects of heat stress due to winter and summer planting dates on quantitative and qualitative yield of potato cultivars and also explore the possibility of winter and summer cropping of potato in Boshruyeh region.

Email address of the corresponding author: koshojaei@yahoo.com

Materials and Methods: Two independent experiments were performed based on a split plot design arranged in a completely randomized block layout with three replications in the years 2015 and 2016. The first experiment (summer cropping) consisted of three planting dates (Feb. 9, Feb. 23 and Mar. 11) as main factors and three cultivars (Fontaneh, Picasso and Santeh) as sub factors. The second experiment (winter cropping) consisted of the same cultivars as the first experiment with three different planting dates (Aug. 11, Aug. 26 and Sep. 15). During the growing season, cultivars growth stages and height were recorded once per two weeks. At the end of the growing season, 10 m^2 from the middle of each sub plot was harvested and yield and number of tubers as well as their weight (large tubers greater than 55 m, medium tubers between 35 and 55 mm and small tubers less than 35 mm) were measured. Data analysis was performed by MSTAT-C statistical software and graphs were drawn by Excel software.

Results and Discussion: The results showed that the potato tuber yield was affected by winter planting dates. The total tuber yield at the winter sowing date of Mar.11 was significantly 62 and 57 % lower than that of Feb. 9 and 23 sowing dates, respectively. However, there was not any significant difference in the total tuber yield between Feb 9 and Feb 23 sowing dates. The cultivar Santeh with an average yield of 2700 kg/m^2 gave 17 and 25 % higher yield than Fontaneh and Picasso cultivars, respectively. Interaction effects of planting date and cultivar revealed that the highest yield in winter cropping was obtained from Santeh cultivar at the first planting date (Feb.9) whereas the lowest yield was related to Fontaneh cultivar at the last sowing-date (Mar.11). The potato tuber yield was also affected by summer planting dates. Delaying planting date from Aug. 11 to Aug. 26 and to Sep. 15 resulted in significant drop of 20 and 46 % in total tuber yield, respectively. The tuber yield decrease (32 %) arising from the difference in the summer planting dates of Aug 26 and Sep. 15 was found to be statistically significant. The interaction between summer planting date and cultivar showed that the highest obtained yield was related to Fontaneh and Picasso cultivars at the first planting date (Aug. 11) and the lowest yield was recorded with the all three cultivars at the last summer-planting date (Sep. 15). It seems that the delayed cropping increased the limiting effects of high temperatures on tuber growth, which resulted in reduced yield at the late winter sowing date (Mar.11). Under high temperature conditions, changes in enzymatic activities can negatively influence carbon metabolism, starch accumulation and sucrose production (Ruan *et al.,* 2010).

Key word: planting date, tuber weight, tuber number, temperature

References

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

Ruan, Y.L., Jin, Y., Yang, Y.J., Li, G.J., Boyer, J.S., 2010. Sugar input, metabolism, and signalling mediated by invertase: roles in development yield potential, and response to drought and heat. *Molecular Plant.* 3, 942–955.

Trapero-Mozos, A., L. Morris, W. Ducreux, L., McLean, K., Stephens, J.

Torrance, L., J. Bryan, G., D. Hancock, R., A. Taylor, M. 2017. Engineering heat tolerance in potato by temperature-dependent expression of a specific allele of heat-shock cognate 70. *Plant Biotechnology Journal*, 1–11.