

استفاده از آمار هواشناسی برای مقابله با تنش گرمایی در سیب زمینی

امیر هوشنگ جلالی^{۱*}، علیرضا نیکوئی^۲

^۱ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول)

^۲ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و توسعه روستایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

* آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول: jalali51@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰

تاریخ انجام اصلاحات: ۱۳۹۹/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴

چکیده

تنش گرمایی یکی از عوامل اصلی در افت عملکرد در مناطق تولید سیب زمینی محسوب می شود. شهرستان بوئین و میان دشت یکی از شهرستان های غربی استان اصفهان و یکی از مناطق تولید سیب زمینی این استان محسوب می شود. با استفاده از آمار بلندمدت ۱۳ ایستگاه هواشناسی، احتمال وقوع تنش گرمایی (متوسط روزانه دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و بالاتر) در این شهرستان بررسی شد. بر پایه نتایج به دست آمده، اگرچه احتمال برخورد مراحل حساس به تنش گرما (طویل شدن استولون، آغاز غده دهی و حجیم شدن غده ها) در این شهرستان وجود دارد اما با انتخاب دهه سوم خردادماه برای تاریخ کاشت ارقام زودرس و متوسط رس و دهه اول تیرماه (با در نظر گرفتن طول دوره رشد) برای ارقام دیررس می توان خسارت ناشی از تنش گرما را به حداقل رساند. خوشبختانه در این شهرستان، احتمال وقوع دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد و هم زمانی آن با مراحل حساس رشد سیب زمینی بسیار کم (غالباً کمتر از ۱۵ درصد) است. به طور خلاصه استفاده از آمار درازمدت هواشناسی منطقه می تواند ابزار مفیدی برای مدیریت تنش های محیطی محسوب شود.

واژگان کلیدی: تاریخ کاشت، دما، رشد استولون، هواشناسی

مقدمه

اگرچه ارقام و کلون‌های مختلف سیب‌زمینی واکنش متفاوتی به تنش گرمایی داشته و ارقام متحمل‌تر در دماهای بالا سرعت فتوسنتز بالاتر و تنفس تاریکی کمتری نسبت به ارقام حساس دارند (۳)، با این حال دمای بهینه برای تعادل سرعت فتوسنتز و تنفس در سیب‌زمینی، ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد ذکر شده و به ازاء هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش در این دمای بهینه، سرعت تنفس تاریکی در گیاه سیب‌زمینی دو برابر می‌شود (۲). در پژوهش‌هایی که در اروپا صورت گرفته، دمای بهینه برای انجام فتوسنتز ۲۰ درجه سانتی‌گراد تشخیص داده شده و کاهش این دما به ۱۰ درجه سانتی‌گراد و یا افزایش به ۵ درجه بالاتر از این دما، سرعت فتوسنتز را ۲۵ درصد کاهش داده است. بر این اساس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، آسیمیلاسیون خالص به صفر رسیده و عملکرد کاهش می‌یابد (۶). برخی پژوهش‌های دیگر، دمای بهینه فتوسنتز را ۲۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌دانند و معتقدند که کاهش آسیمیلاسیون خالص در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد شروع می‌شود (۲).

با توجه به این‌که در اکثر مواقع تنش گرمایی معمولاً در مراحل گل‌دهی تا رسیدن غده موجب کاهش عملکرد می‌شود، بررسی تأثیر تنش دما در این فاصله زمانی می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار ما بگذارد. در مطالعه‌ای تأثیر تنش گرمایی (۳۵ درجه سانتی‌گراد روز و ۲۵ درجه سانتی‌گراد شب) در سه مرحله گل‌دهی، توسعه غده‌ها و آغاز رسیدگی غده‌های سیب‌زمینی بررسی شد و نتایج نشان

داد که تنش گرمایی به‌ویژه در مرحله گل‌دهی باعث تحریک شدید رشد اندام‌های هوایی و افزایش ارتفاع گیاه شده درحالی‌که در مرحله توسعه غده‌ها باعث افزایش تعداد غده‌ها و تولید غده‌های ثانویه شد (۴). در شرایط تنش گرمایی، کاهش وزن غده‌ها (و البته اندازه آن‌ها) یکی از دلایل عمده افت عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود و ارقام زودرس از این جهت نسبت به دو گروه میان‌رس و دیررس کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۷).

کیفیت غده‌های سیب‌زمینی و بسیاری از ناهنجاری‌های فیزیولوژیک پدیدآمده در غده‌های سیب‌زمینی با تنش گرمایی ارتباط نزدیکی دارد. دلیل ناهنجاری فیزیولوژیک لکه قهوه‌ای غده سیب‌زمینی که گاهی از آن با نام زنگ داخلی غده یا لکه شکلاتی یاد می‌شود، تنش گرمایی است. در این نوع ناهنجاری ابتدا سلول‌ها بی‌رنگ شده، حالت زخمی پیدا کرده و با پیوستن این سلول‌ها به یکدیگر لکه‌های قهوه‌ای ایجاد می‌شود. شدت ایجاد این لکه‌های نکروزه شده با توجه به رقم، شدت تنش گرمایی و سایر شرایط محیطی (رطوبت، دسترسی به مواد غذایی و هم‌زمانی با سایر تنش‌ها) تغییر می‌کند. از دیگر اثرات مضر تنش گرمایی ایجاد رشد ثانویه غده‌ها، ایجاد رشته‌ای از غده‌ها که به‌صورت زنجیره‌ای به هم متصل هستند (استولون‌ها منقبض می‌شوند)، جوانه‌زنی غده‌ها و کاهش درصد ماده خشک غده است (۵).

در میان عوامل مدیریتی برای مقابله با تنش گرمایی، انتخاب تاریخ کاشت مناسب با توجه به آمار هواشناسی

اثرات این نوع تنش با اثرات تنش خشکی توأم شده و بنابراین توجه لازم به اثرات آن صورت نمی‌پذیرد.

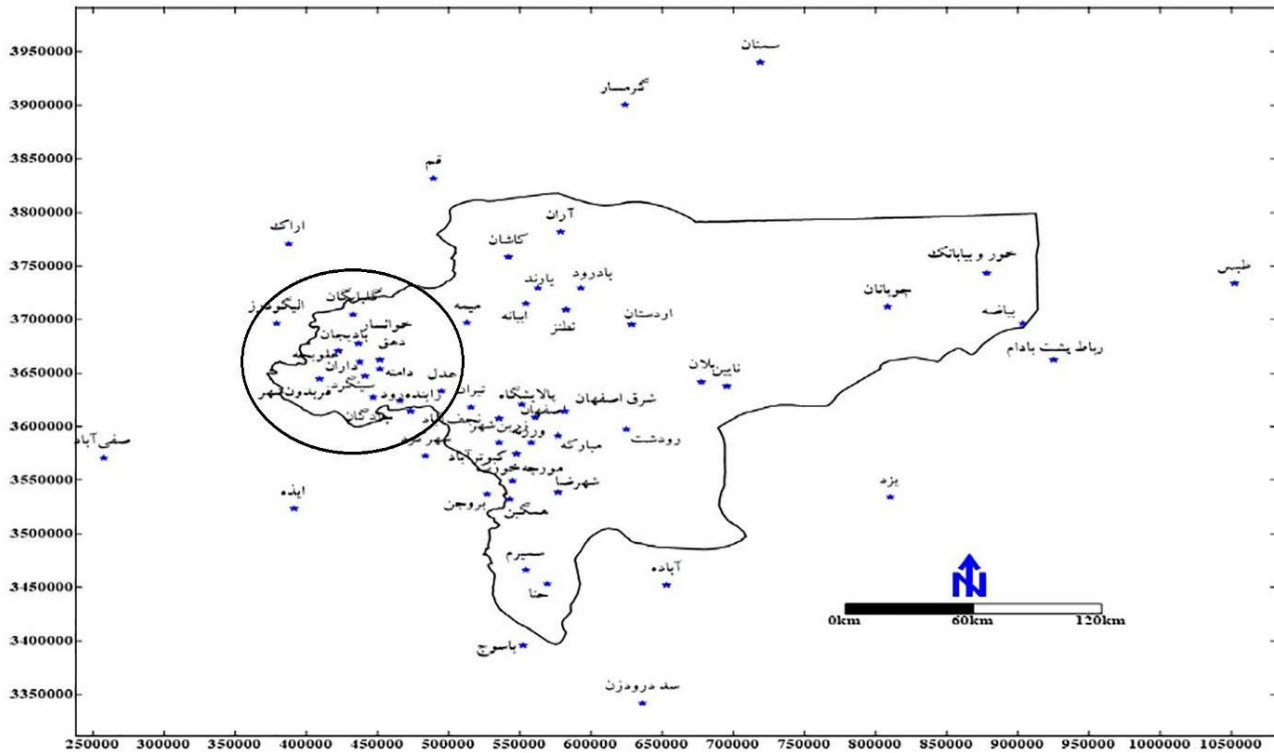
نتایج کاربردی

تاریخ کاشت سیب‌زمینی در شهرستان بوئین و میان‌دشت دهه‌های اول، دوم و سوم خردادماه و همین‌طور دهه‌های اول، دوم و سوم تیرماه می‌باشد. از نظر مدت رسیدگی، دو گروه سیب‌زمینی شامل: ارقام زودرس تا متوسط‌رس و ارقام دیررس به ترتیب با طول دوره رشد حدود ۱۰۰ تا ۱۱۵ و ۱۲۵ تا ۱۳۰ روز در این مناطق کشت می‌شوند. در این پژوهش از آمار درازمدت ۱۳ ایستگاه هواشناسی اقلیم‌شناسی و سینوپتیک موجود در منطقه که در ستاد الگوی کشت استان اصفهان موجود بود، استفاده شد (شکل ۱). آمار ایستگاه‌ها از بدو تأسیس مبنای کار مطالعاتی بود. به این صورت در برخی ایستگاه‌ها آمار ۳۰ ساله و در برخی دیگر آمار ۲۰-۳۰ ساله مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای از روش‌های زمین‌آماری استفاده شده است. این روش‌های میان‌یابی توسط اقلیم‌شناسان و متخصصین منابع طبیعی و علوم زمین ابداع و جایگزین روش‌های قدیمی مثل میانگین حسابی و روش استفاده از خطوط هم‌مقدار شده است. در این روش‌ها ضمن تعیین انحراف متغیر موردنظر، ساختار مکانی داده‌ها نیز تعیین می‌شود.

بلندمدت یک ناحیه می‌تواند رویکردی مناسب محسوب شود. در این پژوهش ضمن بررسی آمار بلندمدت دمای شهرستان بوئین و میان‌دشت، احتمال برخورد مراحل حساس رشد گیاه با دمای بالا در تاریخ‌های کاشت مختلف برآورد شد.

ضرورت و اهمیت

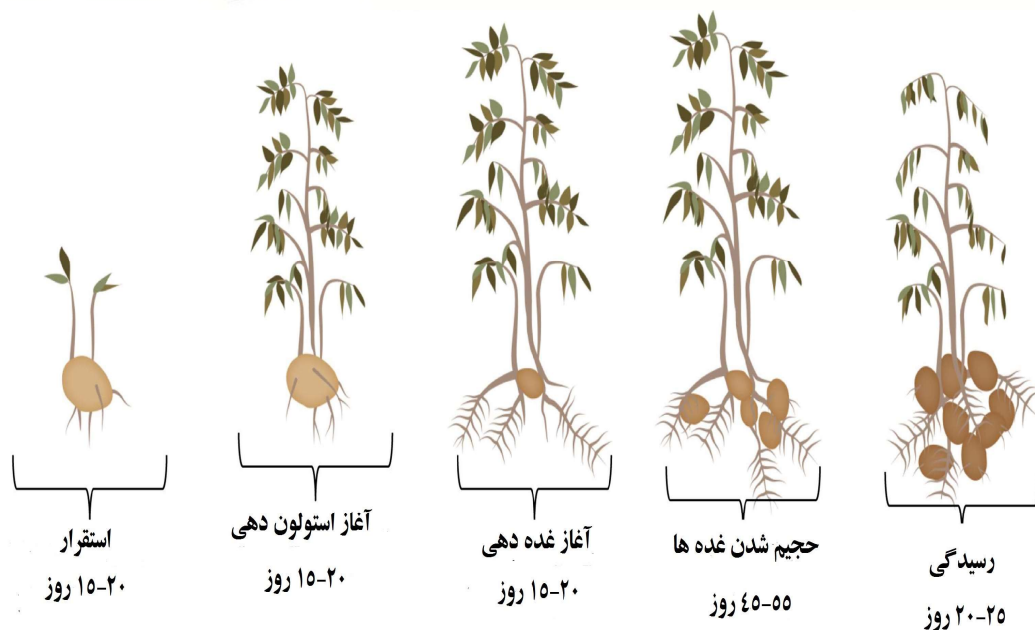
در میان تنش‌های غیرزنده، تنش گرمایی جزو تنش‌هایی است که کنترل و مدیریت آن دشوار است. اثرات تنش گرمایی می‌تواند هم به‌طور مستقیم (تجزیه پروتئین‌ها و افزایش سیالیت غشاءهای سلولی) و هم از طریق غیرمستقیم (غیرفعال کردن آنزیم‌های کلروپلاست و میتوکندری، بازدارندگی تولید پروتئین و تأثیر بر یکپارچگی غشاءهای سلولی) بر گیاه تأثیرگذار باشد (۱). سیب‌زمینی به‌عنوان یک گیاه سرمادوست از مناطقی با ارتفاع ۲ تا ۴ هزار متر منشأ گرفته که در آن روزهای کوتاه، نور زیاد، دمای خنک و رطوبت نسبی نسبتاً بالا وجود دارد. کشت این گیاه به تدریج به مناطق معتدل‌تر با طول روزهای بلند انتقال یافت و امروزه در اکثر مناطق معتدله با شرایط اقلیمی متفاوت کشت می‌شود. تنش گرمایی در این مناطق به‌عنوان یک عامل غیرقابل کنترل و البته مضر، عملکرد سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر افت عملکرد ناشی از تنش گرمایی، افت کیفی محصول و توسعه انواع بیماری‌های ایجادکننده پوسیدگی غده مثل لکه قهوه‌ای نیز از تبعات تنش گرمایی محسوب می‌شود. متأسفانه در بسیاری موارد،



شکل ۱- نام و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منتخب (منطقه دایره‌ای شکل)

به محاسبه درصد احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای کشت، تاریخ کاشت مناسب خود را انتخاب یا تغییر دهند. شکل ۲ می‌تواند راهنمای خوبی برای طول دوره رشد ارقام مختلف (زودرس تا دیررس) باشد (۳). با توجه به آمار درازمدت هواشناسی در این شهرستان، دوره رشد سیب‌زمینی می‌تواند از دهه اول خرداد شروع شده و فصل رشد حداکثر تا دهه اول آبان ادامه یابد. تاریخ‌های کاشت قبل از خرداد علاوه بر احتمال بالای برخورد مراحل حساس رشد با تنش گرمایی، در بسیاری مواقع به دلیل بارش‌های بهاره میسر نیست.

برای محاسبه احتمال وقوع دماهای بیش از ۳۰، ۳۵- و بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و ارائه راهنمای کاربردی، متوسط بیشینه دمای آن ماه در نظر گرفته شد و افزایش بیشینه دمای روزانه در هر دهه از ماه‌های موردنظر نسبت به این متوسط به صورت درصد محاسبه گردید. در واقع دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیانگر نقطه شروع افت عملکرد سیب‌زمینی و تفکیک آن به دو محدوده ۳۵-۳۰ و بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد نیز برای بیان شدت افت عملکرد در نظر گرفته شده است. کشاورزان می‌توانند با توجه به نوع رقم مورد استفاده (زودرس تا دیررس) و با توجه



شکل ۲- مراحل رشدی گیاه سیبزمینی. در هر مرحله رشدی اعداد کوچک تر برای ارقام زودرس و متوسط رس و اعداد بزرگ تر مربوط به ارقام دیررس است

گردند. این نکته مؤید آن است که طبیعتاً شرایط موجود، شرایطی کاملاً آرمانی نبوده و می بایست در همین شرایط، بهترین گزینه ها را مدنظر قرار دهیم.

احتمال وقوع دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی گراد با مراحل رشد (تولید استولون تا رسیدگی کامل) در تاریخ های کاشت مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. مرحله رشد استولون ها در تاریخ های کاشت دهه اول و دوم خرداد برای ارقام زودرس و متوسط رس با احتمال نسبتاً کمی با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی گراد مواجه می شود (۱۶/۶ و ۵/۶ درصد) اما احتمال برخورد مرحله غده دهی و حجیم شدن غده ها با چنین دماهایی هنوز بالا است. در این ارقام، در تاریخ کاشت دهه سوم خرداد، احتمال برخورد مرحله آغاز غده دهی و حجیم شدن غده ها با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی گراد به ترتیب ۳۲ و ۸/۶ درصد است. در تاریخ کاشت

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، احتمال وقوع دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی گراد در مراحل تولید استولون تا رسیدگی کامل و تقریباً در تمام تاریخ های کاشت منطقه وجود دارد. به عنوان مثال در تاریخ کاشت دهه سوم خرداد، احتمال برخورد مرحله آغاز غده دهی با دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی گراد برای ارقام زودرس تا متوسط رس ۶۱/۴ درصد بوده و در تاریخ های کاشت قبل و بعد از آن نیز این احتمال افزایش می یابد. برای ارقام دیررس نیز وضعیت مشابهی وجود دارد با این تفاوت که مرحله حجیم شدن غده ها در اکثر تاریخ های کاشت با دمای بیش از ۳۰ درجه سانتی گراد مواجه نمی شود. البته به این نکته نیز باید توجه داشت که این ارقام حداکثر باید تا دهه دوم تیر کشت شده باشند زیرا طول مرحله رشد محدود بوده و ممکن است در زمان برداشت با بارش ها و دماهای پائین آبان ماه مواجه

درجه سانتی‌گراد مواجه است. برای ارقام دیررس، تاریخ کاشت دهه اول تیرماه با احتمال ۴۳/۸ درصد با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد مواجه می‌شوند اما این احتمال برای رشد استولون‌ها، ۳۲ درصد است.

دهه دوم تیرماه، اگرچه احتمال برخورد مرحله رشد استولون در ارقام زودرس و متوسط‌رس نسبت به تاریخ کاشت دهه سوم خرداد به نصف تقلیل می‌یابد اما مرحله آغاز غده‌دهی با درصد بالایی (۴۳/۸ درصد) هنوز با تنش گرمایی ۳۰-۳۵

جدول ۱- درصد احتمال وقوع دمای هوای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مراحل تولید استولون تا رسیدگی کامل سیب‌زمینی

تاریخ کاشت (ارقام زودرس تا متوسط‌رس)						
مرحله رشد	خردادماه		تیرماه			
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۴۲/۰	۵۹/۴	۷۷/۶	۶۸/۸	۶۱/۴	۷۴/۹
مرحله آغاز غده‌دهی	۷۷/۶	۶۸/۸	۶۱/۴	۷۴/۹	۷۴/۴	۶۰/۲
مرحله حجیم شدن غده‌ها	۷۴/۴	۷۱/۵	۴۱/۱	۴۱/۱	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	۷۴/۹	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

تاریخ کاشت (ارقام دیررس)						
مرحله رشد	خردادماه		تیرماه			
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۵۹/۴	۷۷/۶	۶۸/۸	۶۱/۴	۷۴/۹	۷۴/۴
مرحله آغاز غده‌دهی	۶۸/۸	۶۱/۴	۷۴/۹	۷۴/۴	۷۱/۵	۴۱/۱
مرحله حجیم شدن غده‌ها	۴۱/۱	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

سانتی‌گراد به ترتیب ۳۲ و ۸/۶ درصد است. در تاریخ کاشت دهه دوم تیرماه، اگرچه احتمال برخورد مرحله رشد استولون در ارقام زودرس و متوسط‌رس نسبت به تاریخ کاشت دهه سوم خرداد به نصف تقلیل می‌یابد اما مرحله آغاز غده‌دهی با درصد بالایی (۴۳/۸ درصد) هنوز با تنش گرمایی ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد مواجه است. برای ارقام دیررس، تاریخ کاشت دهه اول تیرماه با احتمال ۴۳/۸ درصد با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد مواجه می‌شوند اما این احتمال برای رشد استولون‌ها، ۳۲ درصد است.

احتمال وقوع دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد با مراحل رشد (تولید استولون تا رسیدگی کامل) در تاریخ‌های کاشت مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. مرحله رشد استولون‌ها در تاریخ‌های کاشت دهه اول و دوم خرداد برای ارقام زودرس و متوسط‌رس با احتمال نسبتاً کمی با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد مواجه می‌شود (۱۶/۶ و ۵/۶ درصد) اما احتمال برخورد مرحله غده‌دهی و حجیم شدن غده‌ها با چنین دماهایی هنوز بالا است. در این ارقام، در تاریخ کاشت دهه سوم خرداد، احتمال برخورد مرحله آغاز غده‌دهی و حجیم شدن غده‌ها با دماهای ۳۰-۳۵ درجه

جدول ۲- درصد احتمال وقوع دمای هوای ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد در مراحل تولید استولون تا رسیدگی کامل سیب‌زمینی

تاریخ کاشت (ارقام زودرس تا متوسط‌ترس)						
مرحله رشدی	خردادماه			تیرماه		
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۱۶/۶	۵/۶	۶۴/۹	۵۶/۱	۳۲/۰	۴۵/۲
مرحله آغاز غده‌دهی	۶۴/۹	۵۶/۱	۳۲/۰	۴۵/۲	۴۳/۸	۲۹/۹
مرحله حجیم شدن	۴۳/۸	۲۹/۹	۸/۶	صفر	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	۸/۶	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

تاریخ کاشت (ارقام دیررس)						
مرحله رشدی	خردادماه			تیرماه		
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۳۴/۰	۶۴/۹	۵۶/۱	۳۲/۰	۴۵/۲	۴۳/۸
مرحله آغاز غده‌دهی	۵۶/۱	۴۵/۰	۴۵/۲	۴۳/۸	۲۹/۹	۸/۶
مرحله حجیم شدن	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

براساس اعداد موجود در جدول ۳، احتمال وقوع دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در کلید تاریخ‌های کاشت برای ارقام زودرس و دیررس غالباً اعداد کوچکی بوده و بر این اساس احتمال وقوع دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در کلید تاریخ‌های کاشت برای ارقام زودرس و دیررس غالباً اعداد کوچکی بوده و بر این به‌عنوان یک عامل محدودکننده از نظر تنش گرمایی در این شهرستان مطرح نیست.

جدول ۳- درصد احتمال وقوع دمای هوای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در مراحل تولید استولون تا رسیدگی کامل سیب‌زمینی

تاریخ کاشت (ارقام زودرس تا متوسط‌ترس)						
مرحله رشد	خردادماه			تیرماه		
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۷/۳	۵/۶	۲۱/۳	۱۵/۲	۱۰/۳	۸/۱
مرحله آغاز غده‌دهی	۲۱/۳	۱۵/۲	۱۵/۲	۸/۱	۷/۸	صفر
مرحله حجیم شدن	۷/۸	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

تاریخ کاشت (ارقام دیررس)						
مرحله رشد	خردادماه			تیرماه		
	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم
مرحله رشد استولون	۵/۶	۲۱/۳	۵/۶	۱۰/۳	۲۱/۳	۷/۸
مرحله آغاز غده‌دهی	۱۵/۲	۱۰/۳	۱۰/۳	۷/۸	صفر	صفر
مرحله حجیم شدن	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
مرحله رسیدگی	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

دستورالعمل کاربردی

احتمال ۴۳/۸ درصد بر خورد مرحله آغاز غده‌دهی با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد، مناسب‌ترین تاریخ کاشت است. در پایان باید به این نکته نیز توجه داشت که توجه به مسئله تنش گرمایی یکی از عوامل مهم در تعیین تاریخ کاشت در شهرستان بوئین و میان‌دشت بوده و مواردی مثل نوع تناوب و امکانات موجود کشاورز نیز در این زمینه اهمیت دارد.

سیاس‌گزاری: این مقاله با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه الگوی کشت استان اصفهان و طرح جامع تهیه الگوی کشت استان اصفهان تهیه شده است، لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان جهت این همکاری قدردانی نمایند.

بر پایه نتایج این پژوهش و توجه به آمار درازمدت موجود در منطقه، اولاً وقوع دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و هم‌زمانی آن با مراحل تولید استولون تا رسیدگی کامل سیب‌زمینی در شهرستان بوئین و میان‌دشت به‌عنوان یکی از شهرستان‌های غربی استان اصفهان وجود دارد. ثانیاً برای داشتن حداقل خسارت ناشی از تنش گرمایی در مراحل رشدی، بهتر است برای ارقام زودرس و متوسط‌رس تاریخ کاشت در دهه سوم خرداد انتخاب شود زیرا مهم‌ترین مرحله از نظر تنش گرمایی مرحله آغاز غده‌دهی بوده و در این تاریخ کاشت حداقل احتمال برخورد این مرحله با دماهای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد وجود دارد. با توجه به محدودیت طول دوره رشد برای ارقام دیررس، دهه اول تیر با وجود

مراجع

5. Sterrett, S.B., Henninger, M.R., Yench, G.C., Lu, W., Vinyard, B.T. and Haynes, K.G. 2003. Stability of internal heat necrosis and specific gravity in tetraploid x diploid potatoes. *Crop Science*, 43: 790-796.
6. Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, K.L.L., Taylor, M.A. and Ross, H.A. 2007. *Potato biology and biotechnology, Advances and perspectives*. First edition Elsevier Ltd. 823pp.
7. Zhang, G., Tang, R., Niu, S., Si, H., Yang, Q., Bizimungu, B., Regan, S. and Li, X.Q. 2020. Effects of earliness on heat stress tolerance in fifty potato cultivars. *American Journal of Potato Research*, 97: 23-32.
1. Hemantaranjan, A., Bhanu, A.N., Singh, M.N., Yadav, D.K., Patel, P.K., Singh, R. and Katiyar, D. 2014. Heat stress responses and thermo tolerance. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 1: 62-70.
2. 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.
3. Levy, D. and Veilleux, R.E. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review. *American Journal of Potato Research*, 84: 487-506.
4. Rykaczewska, K. 2017. Impact of heat and drought stresses on size and quality of the potato yield. *Plant, Soil and Environment*, 63: 40-46.