

تأثیر تیمارهای مختلف دمای انبار بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی

امیر هوشنگ جلالی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۱

چکیده

شرایط انبارداری بر ویژگی‌های زراعی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه تأثیرگذار است. تأثیر یک دوره سه‌ماهه انبارداری، شامل دو تیمار ۴۴۰ درجه روز رشد (تیمارهای T1 و T2 با دمای میان‌دوره متفاوت)، دو تیمار ۸۸۰ درجه روز رشد (تیمارهای T3 و T4 با دمای میان‌دوره متفاوت)، یک تیمار ۸۰ درجه روز رشد (T5) و یک تیمار شاهد (T6 بدون دریافت درجه روز رشد) بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی راموس و مارفونا با استفاده از آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد تأثیر دما و برهم‌کنش تیمارهای دمایی و رقم، بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی معنی‌دار بود. رقم مارفونا و استفاده از تیمار T3 با ۵۱۳۳۳ کیلوگرم در هکتار غده، بالاترین مقدار عملکرد را تولید کرد، اما بین عملکرد این تیمار و تیمار دمایی T2 و هم‌چنین عملکرد رقم راموس و تیمارهای T3 و T4 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. برای هر دو رقم استفاده‌شده، تیمار T3 حداکثر تعداد ساقه در بوته را تولید نمود. شاخص برداشت در تیمارهای دمایی مختلف در رقم راموس از ۶۳/۵ تا ۷۶/۱ درصد و در رقم مارفونا از ۶۴ تا ۷۹/۶ درصد در نوسان بود. نتایج این پژوهش نشان داد، با مدیریت دمای انبار می‌توان عملکرد محصول سیب‌زمینی را به‌ویژه در مناطقی با طول دوره رشد کوتاه افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: درجه روز رشد (GDD)، سن فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ (LAI)

مقدمه

مزرعه وابستگی کامل به شرایط انبارداری غده‌های بذری دارد (Knowles and Knowles, 2006). در شرایط معمول، غده‌های سیب‌زمینی بذری پس از برداشت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد ذخیره‌شده و چند هفته قبل از کاشت به دماهای بالاتر (۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد) انتقال داده می‌شوند تا خواب غده‌ها شکسته شود اما در تکنیک افزایش سن فیزیولوژیک غده بذری، تنها یک‌دمای نگهداری غده (چهار درجه سانتی‌گراد) و سپس منتقل کردن به دماهای بالاتر (مشابه شرایط جوانه‌زنی طبیعی) وجود ندارد، بلکه تیمارهای مختلف دمایی در طول شرایط انبارداری با هدف افزایش سن فیزیولوژیک بذر به کار می‌رود (Firman et al., 1991). سن فیزیولوژیک غده سیب‌زمینی که می‌توان آن را آمادگی فیزیولوژیک غده بذری سیب‌زمینی برای رویش تعریف کرد، در مدیریت تولید سیب‌زمینی مفهوم شناخته‌شده‌ای بوده و می‌تواند اثرات قابل توجهی بر تولید استولون، تعداد و اندازه غده‌ها، تعداد ساقه، زمان ظهور ساقه و نهایتاً عملکرد غده داشته‌باشد. سن فیزیولوژیک یک‌غده در حقیقت، گستره زمانی وسیعی از زمانی که غده بر روی گیاه مادری تشکیل می‌شود تا زمانی که مجدداً برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد را دربر گرفته و شرایط محیطی در این فاصله زمانی نیز بسیار تأثیرگذارند (Caldiz et al., 2001). سن فیزیولوژیک بذر به‌طور قوی بر تعداد ساقه در گیاه، تعداد غده، اندازه غده‌ها و عملکرد تأثیرگذار

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی است اتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه که به‌صورت یک‌ساله جهت تولید غده کشت می‌شود. این گیاه شامل بیش از ۲۰۰۰ گونه بوده که ۱۶۰ گونه آن غده‌زاست و معروف‌ترین آن سولانوم توبروزوم، با ۴۸ کروموزوم می‌باشد (Gregory, 1985). مصرف سرانه سیب‌زمینی در کشور به‌بیش از ۴۵ کیلوگرم بالغ می‌گردد (Alfi et al., 2012). در مقیاس جهانی سیب‌زمینی یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی محسوب‌شده و از جمله مهم‌ترین محصولات است که قسمت عمده‌ای از نیازهای غذایی بشر را تأمین می‌کند (Jamimoeini, 2000).

غده‌های سیب‌زمینی انبارشده، اندام‌هایی زنده محسوب می‌شوند که با مواجه شدن با دماهای بالاتر از چهار درجه سانتی‌گراد فرایندهای حیاتی و بیوشیمیایی در آن‌ها آغاز می‌گردد. اگرچه ممکن است این تغییرات منجر به جوانه‌زنی نگردد، اما مطمئناً عکس‌العمل گیاه در

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(Email: jalali51@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

بوده و خواب طولانی‌تری دارند (Van Ittersum, 1992)، غده‌های با وزن یکسان از دو رقم نیمه‌زودرس مارفونا و راموس که معمولاً در تولید بهاره استفاده می‌شوند، بلافاصله پس از برداشت از مزارع تولید بذر به‌انبار منتقل و تحت شرایط تیمار حرارتی مطابق با دمای ذکر شده در جدول ۱ قرار داده شدند. دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر دوره خواب پس از برداشت و اندازه بذر در یک گروه قرار می‌گیرند (Netherland potato consultative foundation, 2011). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، شش گروه غده بذری (پنج نوع با سن فیزیولوژیک متفاوت و یک شاهد) در پایان دوره انبارداری حاصل می‌شد. در این جدول دمای چهاردرجه سانتی‌گراد دمای پایه برای سیب‌زمینی در نظر گرفته شد (Knowles and Knowles, 2006). در این دما تنفس غده‌ها در حداقل است. مدت زمان ۱۰ روز و دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد در تمام تیمارها وجود داشت. در حقیقت در این دما که با رطوبت ۸۵ درصد همراه است، ترمیم غده‌های آسیب‌دیده انجام می‌شود (فرایند کیورینگ). به‌عنوان مثال تیمار T3 در مرحله ترمیم بافت‌ها که به مدت ۱۰ روز و دمای ۱۲ درجه انجام می‌شود، ۸۰ درجه روز رشد توسط غده دریافت می‌شود (۸۰ × ۱۰)، به این دلیل است که چهاردرجه معادل صفر پایه باید از ۱۲ کم شود). به همین ترتیب در مرحله میان دوره ۷۸۰ درجه روز رشد دریافت می‌شود (۶۰ × ۱۳/۳). مجموع درجه روز رشد دریافت شده در تیمار T3 برابر می‌شود با ۸۸۰ (۸۰ + ۷۸۰). در انتخاب دماهای انبارداری ذکر این نکته نیز لازم است که بهتر است تیمارهای دمایی بالاتر، از اوایل تا اواسط دوره در نظر گرفته شده و دماهای آخر دوره، دماهای پایین‌تر باشند، زیرا وجود دماهای بالا در آخر دوره انبارداری موجب کاهش عملکرد غده‌های تولیدی می‌گردد (Struik et al., 2006). مجموع درجه روز رشد دریافت شده را می‌توان به صورت فرمول ۱ بیان کرد:

$$GDD_{(tub)} = (T_s - T_b) \times D$$

در این فرمول $GDD_{(tub)}$ مجموع درجه روز رشد برای هر تیمار، T_s دمای ذخیره‌سازی غده‌ها در هر دوره و T_b دمای پایه برای رشد غده بذری سیب‌زمینی و معادل چهاردرجه سانتی‌گراد و D طول مدت ذخیره‌سازی بر حسب روز در هر دوره است. از نظر وضعیت ظاهری غده‌ها قبل از کاشت، برخی از تیمارها مثل T3 و T4 جوانه انتهایی رنگ زرد روشن (طول سه‌سانتی‌متر و نخی‌شکل) و یک یا دو جوانه‌جانبی متورم داشته ولی سایر تیمارها علائم ظاهری نداشتند.

مرحله کشت در مزرعه

ایستگاه تحقیقات کبوترآباد در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان در منطقه فلات مرکزی ایران با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی واقع شده است.

است و بیش‌تر در مناطقی که دو کشت در یک‌سال انجام می‌گردد مورد استقبال است (Struik and Wiersema, 1999).

متداول شدن استفاده از تیمارهای دمایی مختلف به منظور افزایش سن فیزیولوژیک بذر، آن را به تکنیکی میدل ساخته که در برخی مواقع از آن به‌عنوان رژیم‌های انبارداری انباشت‌گر^۱ یاد می‌شود (Coleman, 2006). برخی پژوهش‌گران ذخیره‌حرارتی برای حصول عملکردهای کمی و کیفی را ضروری دانسته و مقدار آن را بالاتر از ۲۵۰ درجه روز رشد تشخیص داده‌اند (O'Brien et al., 1983). استفاده از غده‌های بذری با سنین فیزیولوژیک ۹۰۰-۶۰۰ درجه روز رشد در برخی از پژوهش‌ها با افزایش عملکرد ۹۰ درصدی و هم‌چنین یک‌نواختی غده‌های تولیدی همراه بوده است (Knowles and Botar, 1992). در پژوهشی دو ساله، در یک‌سال از دو سال مطالعه، قرار دادن غده‌های بذری در دمای ۱۲ درجه به مدت چهار هفته عملکرد نهایی غده را ۳۱ درصد افزایش داد، اما تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر عملکرد بررسی نگردید (Milanitabrizi and Hosseini, 1984). در آزمایشی که با استفاده از رقم Russet Burbank با طول دوره رشد ۱۲۱ روز انجام گرفت، غده‌هایی با سنین فیزیولوژیک ۶۶، ۳۴۱، ۶۱۶، ۸۹۱ و ۱۱۶۶ درجه روز رشد به ترتیب عملکردهایی معادل ۵۷/۲، ۶۶/۹، ۵۶/۹ و ۶۳/۹ تن در هکتار تولید نمودند (Knowles and Botar, 1992).

در نواحی معتدل کشور با کشت بهاره سیب‌زمینی، محدودیت طول دوره رشد و دماهای بالا به‌ویژه در زمان تشکیل غده‌ها از دلایل عمده افت عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود. مدیریت انبارداری سیب‌زمینی و تولید غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر می‌تواند به‌عنوان رویکردی جهت رفع این موانع محسوب شده و دوره انبارداری این پتانسیل را داراست که از یک مرحله‌ی صرفاً نگهداری غده به یک دوره مؤثر در امر تولید تبدیل شود. به همین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر دماهای مختلف انبارداری بر سن فیزیولوژیک بذر و تأثیر آن بر عملکرد و زودرسی دو رقم سیب‌زمینی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک دوره سه‌ماهه انبارداری و یک فصل‌زراعی کشت در سال ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان انجام شد.

مرحله انبارداری

برای اجرای پروژه دو مرحله در نظر گرفته شد. در مرحله اول، باتوجه به این که غده‌های کوچک بر خلاف غده‌های درشت جوان‌تر

جدول ۱- تیمارهای دمایی جهت ذخیره‌سازی غده‌های بذری در یک دوره ۱۰۰ روزه

Table 1- Storage temperature treatment of seed tubers in a 100 day period

تیمارها Treatments	سن فیزیولوژیک Physiological age	ترمیم بافت‌ها Curing		تیمار دمایی میان دوره Midterm temperature treatments		تیمار دمایی پایان دوره Final temperature treatments	
		روز(روز)	°C(دما)	روز(روز)	°C(دما)	روز(روز)	°C(دما)
T1	440	10	12	20	22	70	4
T2	440	10	12	40	13	50	4
T3	880	10	12	60	17.3	30	4
T4	880	10	12	80	14	10	4
T5	80	10	12	90	4	-	-

شیوه مرسوم کشاورزان (خرید از مناطق سرد استان و انتقال آن به مناطق معتدل و انجام کشت بدون دریافت درجه روز رشد)

T6 Conventional farmers methods (Buying from the cold regions of the province, and its transfer to the temperate regions and planting without a growth degree day)

رطوبت و دمای پایه استفاده شده به ترتیب ۸۵ درصد و چهاردرجه سانتی‌گراد بود. حدود اطمینان برای دماهای موردنظر (۵/۰-+) درجه سانتی‌گراد بود Humidity and the base temperature were 85% and 4 °C respectively. Levels of confidence for the desired temperature range was (+ - 0.5) °C

از هر کرت، غده‌های با وزن ۶۰-۳۰ گرم، غده‌های متوسط و غده‌های با وزن بیش از ۶۰ گرم غده‌های درشت محسوب شدند. غده‌های با وزن کم‌تر از ۳۰ گرم همان غده‌های غیرقابل فروش با قطر کم‌تر از ۳۵ میلی‌متر بودند. جهت اندازه‌گیری شاخص برداشت، یکمتر از مساحت هر کرت که دربرگیرنده غده‌ها (به صورت برش داده شده) و اندام‌های هوایی بود، برداشت و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. برای محاسبه شاخص برداشت از فرمول ۲ استفاده شد:

۱۰۰ × (وزن خشک کل گیاه/وزن خشک غده‌ها) = شاخص برداشت

برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD (پنج درصد) انجام شد (SAS Institute, 2010).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر صفات عملکرد غده (سطح احتمال پنج درصد)، عملکرد قابل فروش (سطح احتمال یک درصد)، عملکرد غیرقابل فروش (سطح احتمال پنج درصد) و وزن غده‌های درشت (سطح احتمال پنج درصد) تفاوت معنی‌دار داشتند، درحالی‌که تأثیر تیمارهای دمایی استفاده شده برای صفات عملکرد غده، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیرقابل فروش، تعداد ساقه در هر بوته و تعداد غده در هر بوته (همگی در سطح احتمال پنج درصد) تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تأثیر برهم کنش (رقم × تیمار دمایی) برای تمام صفات آزمایشی به جز وزن خشک اندام‌هوایی از نظر آماری معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین برهم کنش تیمارهای دمایی استفاده شده و ارقام در جدول ۲ نشان داده شده است. استفاده از تیمار حرارتی T3 و رقم مارفونا با عملکرد ۵۱۷۳۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد

خاک منطقه مورد مطالعه لومی-رسی و مقدار پتاسیم و فسفر خاک به ترتیب برابر ۳۲۰ و ۱۳/۴ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بود. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه آن به ترتیب ۱۱۰ میلی‌متر و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع محل از سطح دریا ۱۵۴۵ متر و توپوگرافی آن به صورت جلگه‌ای می‌باشد. در مرحله کشت مزرعه‌ای غده‌های حاصل از شش تیمار دمایی مربوط به دو رقم، بلافاصله پس از خارج شدن از انبار در یک آزمایش فاکتوریل و طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، مورد ارزیابی قرار گرفت. T5 تیماری است که در آن پس از ترمیم آسیب دیدگی غده‌ها در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد در کل دوره انبارداری دما چهاردرجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. تیماری است که به طور معمول در انبارهای سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هیچ‌گونه تیمار نوری در طی مدت انبارداری انجام نشد، و محیط بدون نور برای نگه‌داری فراهم گردید. در طی شرایط انبارداری رطوبت در حد ۸۵ درصد حفظ شده و تهویه لازم در زمان‌های مناسب انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف سیب‌زمینی با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول چهار متر بود (مساحت ۱۲ مترمربع). تاریخ کشت ۲۹ بهمن بود و غده‌ها پس از ضد عفونی در عمق ۱۵ سانتی‌متری کشت گردید. در زمان برداشت، ۲ متر از ردیف‌های وسط هر کرت جهت برآورد عملکرد استفاده شد. عملکرد قابل فروش و غیرقابل فروش (غده‌های با قطر کم‌تر از ۳۵ میلی‌متر) (بر اساس ۲ متر برداشت هر کرت)، تعداد ساقه‌های تولید شده (بر اساس هشت بوته انتخابی از وسط هر کرت)، تاریخ سبزشدن (بر اساس ظهور ۵۰ درصد گیاهان در هر کرت)، تعداد غده در هر بوته (بر اساس هشت بوته انتخابی در هنگام برداشت)، وزن غده‌ها (بر اساس میانگین وزنی هشت بوته انتخابی برای تعداد غده) و اندازه غده‌ها در این پژوهش اندازه‌گیری شد. در این پژوهش بر اساس ۲ متر عملکرد برداشت شده

آن دماهای انبار ۶-۵، ۲۵-۲۰ و ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد ۴۵ روز قبل از کاشت مورد بررسی قرار داده شد، سرعت جوانه‌زنی اکثر ارقام در شرایط مزرعه در دماهای بالاتر انبارداری افزایش یافت، اما میزان تولید محصول در برخی ارقام به شدت تحت تأثیر دمای انبار قرار گرفت و در برخی دیگر از ارقام تحت تأثیر دمای انبار قرار نگرفت (Bodlaender and Marinus, 1987). برخی پژوهش‌گران معتقدند، ذخیره دمایی کم‌تر از ۲۵۰ (درجه روز رشد) توسط غده‌های بذری تأثیر چندانی در عملکرد ندارد (O Brien et al., 1983) و برخی مقدار دمایی ذخیره شده لازم برای ایجاد اثرات مثبت را حداقل ۵۰۰ (درجه روز رشد) ذکر می‌کنند (Knowles and Botar, 1992).

در پژوهش حاضر را داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و استفاده از همین رقم و تیمار دمایی T2 و هم‌چنین استفاده از رقم راموس و تیمارهای دمایی T3 و T4 یافت نشد. باتوجه به مقدار عملکرد قابل فروش، برای رقم مارفونا تیمار دمایی T3 نسبت به سایر تیمارهای دمایی برتری داشته است، زیرا تیمار دمایی T2 علی‌رغم داشتن عملکرد کل مشابه، بخش بیش‌تری از این عملکرد را به عملکرد غیر قابل فروش اختصاص داده است. برای رقم راموس استفاده از هر یک از تیمارهای دمایی T3 و T4 از نظر عملکرد قابل فروش تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین هر یک از این دو تیمار نسبت به تیمار شاهد قابل توصیه است. واکنش ارقام مختلف به افزایش سن فیزیولوژیک بذر یکسان نیست. به عنوان مثال، در پژوهشی که در

جدول ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و تیمارهای انبارداری دمایی بر عملکرد، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیر قابل فروش و تعداد ساقه در هر بوته

Table 2- Comparison of the mean interaction of cultivars and temperature storage on total tuber yield, salable tuber yield, non salable tuber yield, harvest index and number stem per plant of potato

تیمارها	عملکرد کل غده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غیر قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد ساقه در بوته
Treatments	Total tuber yield (kg ha ⁻¹)	Salable tuber yield (kg ha ⁻¹)	Non salable tuber yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Number stem per plant
RT1	31867.0d	27333.0cd	1434.0c	63.5d	4.6c
RT2	40133.0b	36334.0b	3800.0b	68/6b	5.2b
RT3	48666.0a	44134.0a	4533.0a	75.4a	6.5a
RT4	47400.0a	44400.0a	5666.0a	76.1a	6.4a
RT5	34666.0c	30734.0c	3934.0b	65.2c	4.7c
RT6	40733.0b	35800.0b	4934.0a	69/3b	5.5b
MT1	37592.0b	29533.0c	8058.0a	70.2b	5.5b
MT2	47466.0a	40267.0b	7200.0a	78.3a	6.4a
MT3	51733.0a	47934.0a	3800.0c	79.6a	6.7a
MT4	39400.0b	33733.0c	5666.0b	70.9b	5.3b
MT5	32600.0c	27734.0d	4867.0b	64.0c	4.8c
MT6	41533.0b	34533.0c	7000.0a	71.2b	5.6b

حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD 5%). T1 ... T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد.

The same letters in each column are not statistically significantly different (LSD 5%). T1 ... T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively.

اندام‌های هوایی از نظر آماری معنی‌دار نبود. بنابراین افزایش عملکرد غده‌ها دلیل اصلی افزایش شاخص برداشت بوده است. کشت غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بالاتر موجب تسریع رشد اندام‌های هوایی می‌شود (مراجعه به قسمت تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر فاصله زمانی کاشت تا سبزشدن) و غده‌دهی با دماهای مناسب‌تر (خنک‌تر) مواجه می‌شود. در محدوده دمایی ۱۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد با افزایش دما، کاهش شاخص برداشت سیب‌زمینی گزارش شده است (Wheeler et al., 1986). اثرات منفی دماهای بالا بر شاخص برداشت به دلیل کاهش عملکرد غده در برخی از پژوهش‌های دیگر نیز مورد تأکید

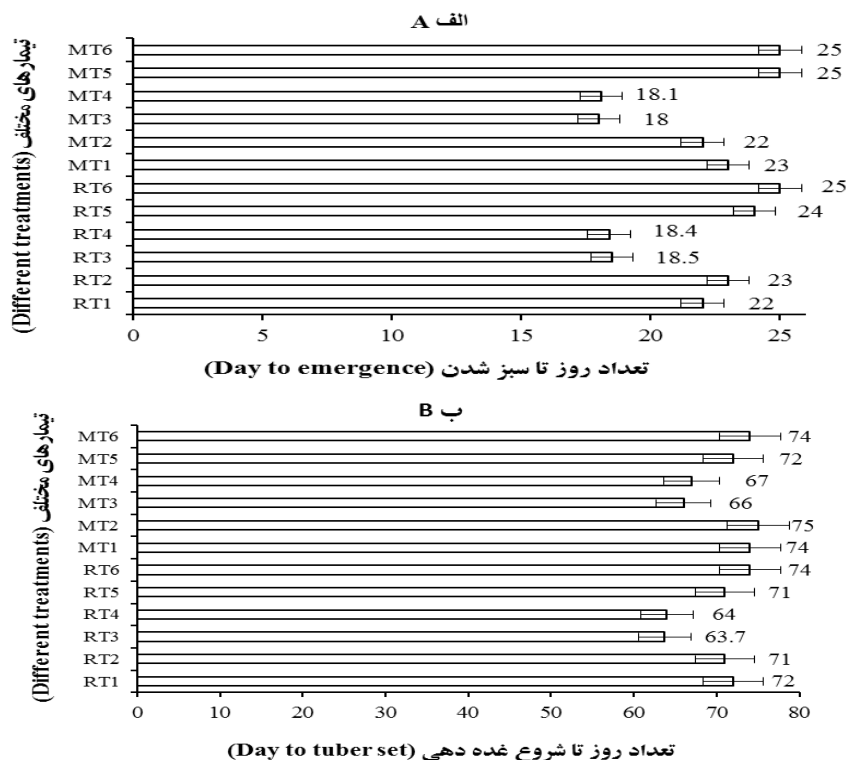
تغییرات شاخص برداشت مشابه با تغییرات عملکرد غده بود (جدول ۲). شاخص برداشت در تیمارهای دمایی مختلف در رقم راموس از ۶۳/۵ تا ۷۶/۱ و در رقم مارفونا از ۶۴ تا ۷۹/۶ درصد در نوسان بود. به نظر می‌رسد غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر کارایی بیش‌تری برای اختصاص مواد فتوسنتزی به محصول اقتصادی داشته باشند. در یک پژوهش، غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر (۷۳۹ درجه روز رشد) شاخص برداشت بیش‌تری نسبت به غده‌های جوان‌تر (۶۶ درجه روز رشد) داشتند (Knowles and Botar, 1992). تأثیر تیمارهای مختلف دمایی و برهم‌کنش تیمارهای دمایی و رقم بر وزن خشک

قرار گرفته است (Wolf et al., 1990).

باتوجه به این که تیمارهای دمایی برتر در هر دو رقم مارفونا و راموس به‌طور معنی‌دار تعداد ساقه‌های بیشتر در هر بوته داشتند (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد تیمارهای دمایی با تسریع فرایند رشد و نمو گیاه و ایجاد ساقه‌های هوایی بیشتر زمینه لازم برای تولید استولون‌های بارور را فراهم می‌سازد (Struik and Wiersema, 1999). شرایط فیزیولوژیکی غده بذر به‌ویژه در زمان انبارداری آن بر روند سن‌فیزیولوژیک مؤثر است. تئوری پذیرفته‌شده در این‌استاد بر این‌اساس استوار است که تغییر سن‌فیزیولوژیکی غده بذر می‌تواند تعادل هرمونی را در جهتی سوق دهد که با تأثیر بر فرایند هورمون‌سازی شدت غالبیت‌انتهایی کاهش یابد (Wareing et al., 1980). به‌همین دلیل بالاترین استقرار گیاهی در مزرعه زمانی حاصل می‌شود که از غده‌هایی با سن‌فیزیولوژیک مطلوب استفاده شده‌باشد (O'Brien et al., 1983).

اثبات این که تیمارهای دمایی مطلوب می‌توانند موجب تسریع رشد و نمو اولیه گیاه شود. با بررسی فاصله‌زمانی مراحل رشد و روند

تغییرات شاخص سطح برگ امکان‌پذیر است (Knowles and Botar, 1992). نتایج شکل ۱ (الف و ب) بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای T3 و T4 (۸۸۰ درجه روز رشد) و بر فاصله‌زمانی تعداد روز از کاشت تا سبز شدن برای هر دو رقم راموس و مارفونا بود. اما تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار ذخیره‌سازی وجود نداشت. سبز شدن محصول در این دو تیمار به‌طور متوسط شش تا هفت‌روز زودتر از تیمار شاهد (T6) انجام شد. تیمارهای T1 و T2 (۴۴۰ درجه روز رشد) نیز تأثیر مشابه (اما با شدت کمتر) نسبت به تیمار شاهد داشتند. سبز شدن این دو تیمار به‌طور متوسط سه تا چهارروز زودتر از تیمار شاهد (T6) انجام شد. به‌نظر می‌رسد تیمارهای دمایی مناسب جهت ذخیره‌سازی بذر سیب‌زمینی اثراتی مشابه با تیمارهای پرایمینگ با استفاده از مواد شیمیایی داشته و شرایط جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه را با تسریع فرایندهای سوخت‌وسازی سلول‌های گیاهی بهبود بخشد (Jalali and Salehi, 2013). برتری زمانی ایجاد شده برای تیمارهای دمایی ذخیره‌سازی غده، تا مرحله غده‌دهی نیز حفظ شد.



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر فاصله زمانی کاشت تا سبز شدن (الف) و کاشت تا شروع غده‌دهی (ب)

T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشند

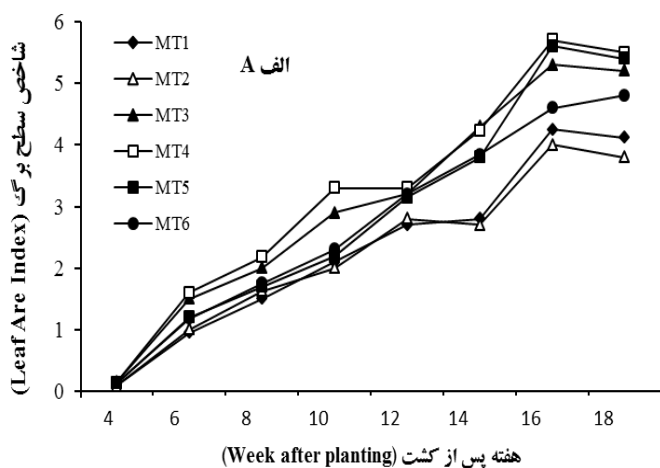
Figure 1- The effect of different temperature on the time interval planting to emergence (A) and planting to tuber set (B). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

دوازدهم پس از کشت تیمارهای دمایی T2 و T3 برای رقم مارفونا و

همان‌گونه که در شکل ۲ (الف و ب) مشاهده می‌شود، تا هفته

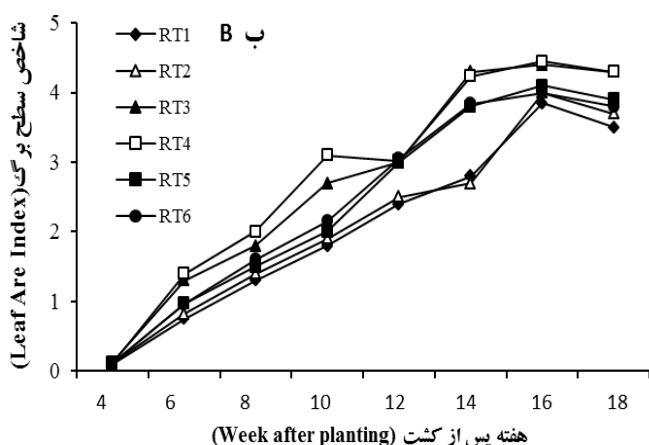
۱۶۶ درجه روز رشد نسبت به تیمار دمایی ۶۶ درجه روز رشد، ۱۴۷ درصد بیش‌تر بود. برآزش معادلات منحنی‌های شاخص سطح‌برگ برای تیمارهای دمایی مختلف در شکل ۲ (الف و ب) نمایش داده‌شده و بیانگر معادلات درجه دومی است که، معمولاً پس از یک سیر صعودی در آغاز رشد، و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی آغاز خواهد کرد. از این معادلات می‌توان برای پیش‌بینی شاخص سطح‌برگ در فواصل زمانی مختلف پس از کشت استفاده کرد.

تیمارهای دمایی T3 و T4 برای رقم راموس از نظر شاخص سطح‌برگ نسبت به سایر تیمارهای دمایی برتری داشتند. دماهای بالاتر در هفته دوازدهم (و هفته پس از آن برای سایر تیمارها) و هم‌زمانی آن با رشد سریع غده‌ها موجب کاهش روند صعودی شاخص سطح‌برگ شد. نتایج مشابهی مبنی بر عدم تفاوت شاخص سطح‌برگ، برای غده‌هایی که سن فیزیولوژیک بالاتری داشتند (۷۰ روز پس از کشت) به دلیل تسریع در آغاز رشد غده‌ها گزارش شده‌است (Knowles and Botar, 1992). این درحالی بود که در این پژوهش، ۳۴ روز پس از کشت شاخص سطح‌برگ تیمار دمایی



الف

MT1	$y = -0.0129x^2 + 0.7007x - 0.5104$ $R^2 = 0.9688$
MT2	$y = -0.0283x^2 + 0.7905x - 0.5821$ $R^2 = 0.9631$
MT3	$y = -0.0307x^2 + 1.0086x - 0.6884$ $R^2 = 0.9786$
MT4	$y = -0.0748x^2 + 1.2828x - 1.0384$ $R^2 = 0.9736$
MT5	$y = 0.0135x^2 + 0.6663x - 0.4439$ $R^2 = 0.9689$
MT6	$y = -0.0237x^2 + 0.8913x - 0.6818$ $R^2 = 0.993$



ب

RT1	$y = -0.0208x^2 + 0.7161x - 0.6286$ $R^2 = 0.9723$
RT2	$y = -0.0163x^2 + 0.688x - 0.5375$ $R^2 = 0.9672$
RT3	$y = -0.0601x^2 + 1.1654x - 0.9716$ $R^2 = 0.9739$
RT4	$y = -0.0748x^2 + 1.2828x - 1.0384$ $R^2 = 0.9736$
RT5	$y = -0.0458x^2 + 1.0073x - 0.942$ $R^2 = 0.9726$
RT6	$y = -0.059x^2 + 1.1098x - 1.0482$ $R^2 = 0.977$

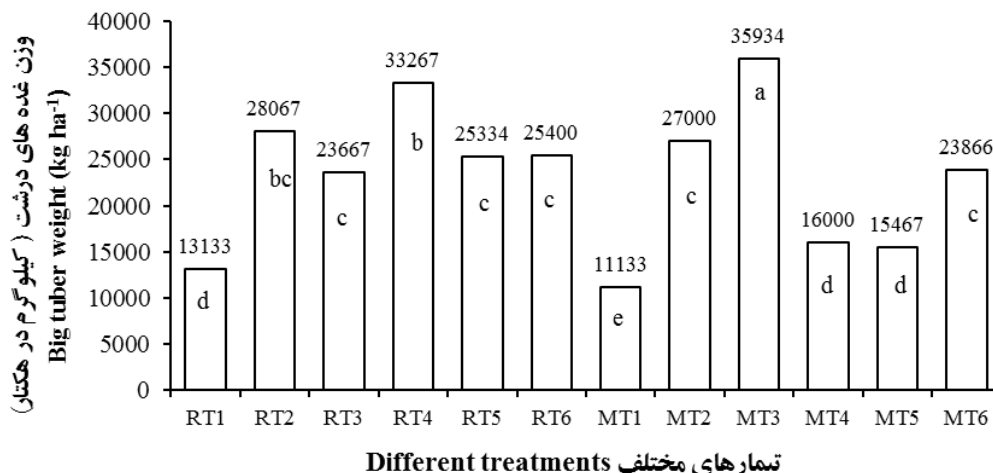
شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر شاخص سطح برگ رقم مارفونا (الف) و رقم راموس (ب)

T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 2- The effect of different temperature on leaf area index of Marfona (A) and Ramos (B) potato cultivars. T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

(شکل ۳). به عبارت ساده در این تیمار بیش از ۶۹ درصد از کل عملکرد غده‌ها به غده‌های درشت اختصاص یافته است. درحالی‌که تیمار دمایی مشابه و استفاده از رقم راموس با تولید ۲۳۶۶۷ کیلوگرم غده درشت فقط ۴۸/۶ درصد از عملکرد کل خود را به غده‌های درشت اختصاص داد. آنچه به‌طور کلی می‌توان گفت، آن است که تولید غده‌های درشت در اکثر تیمارهای دمایی برای هر

برهم کنش استفاده از تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر وزن غده‌های درشت (بیش از ۶۰ گرم) تولیدی از نظر آماری در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای دمایی و رقم بر تولید غده‌های درشت در شکل ۳ نشان‌دهنده است. استفاده از رقم مارفونا و تیمار دمایی T3 با تولید ۳۵۹۳۴ کیلوگرم در هکتار غده‌های درشت نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشت



تیمارهای مختلف Different treatments

شکل ۳- تأثیر برهم کنش تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر تولید غده‌های درشت (وزن بیش از ۶۰ گرم)

حروف مشترک در ستون‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD ۵٪). T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 3- Interactions effects of cultivars and temperature storage on big tuber weight (Weighs more than 60 gr)
The same letters in columns are not statistically significantly different (LSD 5%). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

متفاوت بوده و بر این اساس می‌توان با اعمال مدیریت تیمارهای دمایی به غده‌هایی با اندازه‌های مختلف دست‌یافت. تولید غده‌های یکنواخت و بازاری‌سند در زراعت سیب‌زمینی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تغییر سن فیزیولوژیک غده بذری می‌تواند در این زمینه مورد توجه قرار گیرد (Knowles and Botar, 1992).

نتیجه‌گیری

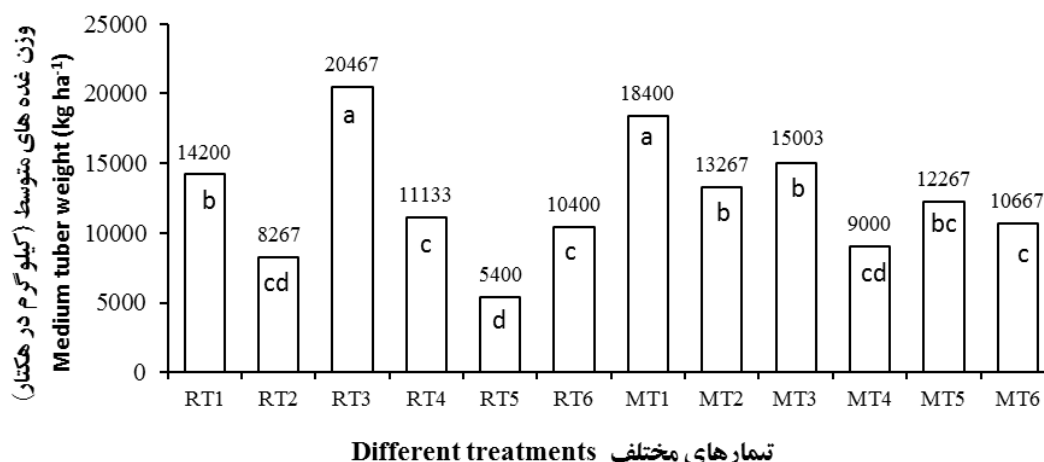
باتوجه به این‌که در نواحی معتدل کشور با کشت بهاره سیب‌زمینی، محدودیت طول دوره رشد و دماهای بالا در طول فصل‌رشد از دلایل عمده افت عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود، نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده استفاده از تکنیک افزایش سن فیزیولوژیک غده‌های بذری می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد جهت افزایش عملکرد و تولید غده‌هایی با اندازه مناسب مطرح باشد. اگرچه با استفاده از این تکنیک طول کل دوره رشد ثابت است؛ اما به‌دلیل

دو رقم به‌طور معنی‌دار بیش از تیمار مرسوم (T6) بود. در برخی دیگر از پژوهش‌ها نیز به این نکته اشاره شده است که استفاده از تیمارهای دمایی به‌ویژه تیمارهای دمایی بیش از ۵۰ درجه روز رشد، با تولید غده‌های درشت بیش‌تری نسبت به تیمارهای شاهد همراه خواهد بود (Struik and Wiersema, 1999).

مقایسه میانگین تأثیر برهم کنش تیمارهای دمایی و رقم بر تولید غده‌های متوسط (۶۰-۳۰ گرم) بیانگر برتری تیمار دمایی T3 و استفاده از رقم راموس بود (شکل ۴). این رقم با تولید ۲۰۴۶۷ کیلوگرم غده متوسط، ۴۲ درصد از کل عملکرد غده را به غده‌های متوسط اختصاص داد، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار دمایی T1 و استفاده از رقم مارفونا نداشت. بر خلاف آنچه در رابطه با تولید غده‌های درشت عنوان شد، استفاده از رقم مارفونا و تیمار دمایی T3 از نظر تولید غده‌های متوسط (تولید ۱۵۰۰۳ کیلوگرم غده متوسط) در رتبه دوم قرار گرفت. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده، واکنش ارقام مختلف به تیمارهای دمایی از نظر تولید غده‌هایی با اندازه‌های مختلف

رقم استفاده‌شده متفاوت است، انجام پژوهش‌های مشابه با استفاده از رقم‌های رایج قابل توصیه است.

تسریع فرایندهای نمو، مراحل مختلف رشد با شرایط مناسب‌تری هم‌زمان می‌گردد. از آنجاکه تأثیر افزایش سن فیزیولوژیک بر حسب



شکل ۴- تأثیر برهم‌کنش تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر تولید غده‌های متوسط (۳۰-۶۰ گرم)

حروف مشترک در ستون‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD 5%). T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و M, R به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 4- Interactions effects of cultivars and temperature storage on medium tuber weight (30-60 gr)
The same letters in columns are not statistically significantly different (LSD 5%). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

اصفهان و مدیریت زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان
برای حمایت‌های مالی که از اجرای این تحقیق نموده‌اند، تشکر و
قدردانی می‌نماید.

سپاس‌گزاری

نگارنده مقاله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان

References

- Alfi, K., Dashti, G., and Shahrooz, K. 2012. Analyzing the relationship between inputs and economical production of potato in Ardabil. Agricultural knowledge and sustainable production 1:213-223. (In Persian).
- Bodlaender, K. B. A., and Marinus, J. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars 3. Effect on plant growth under controlled conditions. Potato Research 30:423-440.
- Caldiz, D.O., Fernandez, L.V., and Struik, P.C. 2001. Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. Field Crops Research 69:60-79.
- Coleman, P. 2006. Increasing stem and tuber numbers using accumulator technology. <http://www.Vaxteko.Nu>. (Visited 5 September 2013).
- Firman, D.M., O'Brien, P.J., and Allen, E. J. 1991. Leaf and flower initiation in potato (*Solanum tuberosum*) sprouts and stems in relation to number of nodes and tuber initiation. Journal of Agricultural Science 117: 61-74.
- Gregory, L.E. 1985. Physiology of tuberization in potato plant. Plant Physiology 15:1328-1354.
- Jalali, A.H., and Salehi, F. 2013. Sugar beet yield as affected by seed priming and weed control. Archives of Agronomy and Soil Science 59:281-288.
- Jamimoeini, M. 2000. Effects of hormonal compounds, and planting beds on one node and seedling growth of potato meristem culture. Proceedings of the Second National Biotechnology Congress Karaj, Iran. 718-725. (In Persian)
- Knowles, N.R., and Botar, G.I. 1992. Effect of the altering the physiological age of potato seed tubers in the fall of subsequent production in a short season environment. Canadian Journal of Plant Science 72:275- 287.
- Knowles, N.R., and Knowles L.O. 2006. Manipulating stem number, tuber set and yield relationship for Northern and Southern growth potato seed lots. Crop Science 46:284-296.

- 11- Milanitabrizi, M., and Hosseini, M. 1984. Effects of physiological age of seed tubers in relation to the size of seed potatoes on stem density. The final report of the research project, Seed and Plant Improvement Institute. Report No. 71474. 34pp. (In Persian).
- 12- Netherland potato consultative foundation. 2011. Potato council variety database home. [http://www.aardappelpagina.nl/uk/about potatoes/variety catalogue/ras?frmvariety=93](http://www.aardappelpagina.nl/uk/about%20potatoes/variety%20catalogue/ras?frmvariety=93)
- 13- Brien, P. J., Allen, E.J., Bean, J.N., Griffith, R.L., Jones, S.A., and Jones, J.L. 1983. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 101:513-631.
- 14- SAS Institute, 2010. SAS user's guide. SAS Inst., Cary, NC.
- 15- Struik, P. C. and Wiersema, S. G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Press, The Netherlands. Netherlands, p.383.
- 16- Struik, P.C., Van der Putten, P.E.L., Caldiz, D.O. and Scholte, K. 2006. Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day-degrees. *Crop Science* 46:1156-1168.
- 17- Van Ittersum, M.K. 1992. Variation in the duration of tuber dormancy within a seed potato lot. *Potato Research* 35:261-269.
- 18- Wareing, P.E., and Jennings, A.M. 1980. The hormonal control of tuberization in potato. The Beltsville Agricultural Research Center, Maryland. 181-195.
- 19- Wheeler, R.M., Steffen, K.L., and Tibbitts, T.W., and Palta, J.P. 1986. Utilization of potatoes for life support systems II. The effects of temperature under 24-H and 12-H photoperiods. *American Potato Journal* 63:639-647.
- 20- Wolf, S., Marani, A., and Rudich, J. 1990. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. *Annals of Botany* 66:515- 520.



The Effect of Different Storage Temperatures on the Agronomic Characteristics and Yield of Two Varieties of Potatoes

A. H. Jalali^{1*}

Received: 2014-11-16

Accepted: 2015-10-03

Introduction

Potato (*Solanum tuberosum* ssp.) is an autotetraploid ($2n=4x=24$) species and a key member of the Solanaceae family. Physiological age is usually determined from potato tuber initiation and afterwards. Potato seed tubers physiological preparedness for growth is an important factor in determining the productive potential of the seed potatoes. Physiological age is considered as an internal biological clock that usually covers all aspects of the production while chronological age is determined only by the length of harvest and planting time (Gregory, 1985). In most cases, the current practice for storing potato tubers is to wound-heal seed-tubers at 10-15° C during the initial 10 days of storage (Curing) and then reduce and maintain the temperature at a holding level of 4 ° C until planting while the technique of physiological aging of seed tubers, was not only one tuber storage temperature (4°C) and then transferred to a higher temperature (similar natural germination conditions), but different thermal treatments during storage conditions is used in order to increase the physiological age. Some researchers argue that thermal storage is essential to obtain quantitative and qualitative performance which its value is higher than 250 GDD. The physiological age of seed tubers 900-600 GDD in some studies to increase performance by 90 percent and was associated uniformity producing tubers. In temperate regions with spring planting date, the short growing season and high summer temperature is considered as limiting factor for potato production. For this purpose the present study was carried out to evaluate the effect of different storage temperatures on the physiological age of seed and its effect on yield and earliness of two potato cultivars.

Materials and Methods

The Effects of six different thermal treatments storage in a three-month period, including two treatments of 440 degree-day (T1 and T2), two treatments of 880 degree-day (T3 and T4), one treatment of 80 degree-day (T5), and control treatment (T6) on agronomic characteristics and yield of Marfona and Ramus cultivars was investigated by using a factorial experiment based on randomized complete block design with four replications at Kabootar Abad Agriculture Research Center of Isfahan. Period of 10 days and 12 ° C were found in all treatments. For example, in the treatment of T3, the tissue repair process that is carried out for 10 days at 12 ° C to 80 GDD is received by the tubers (8×10 , 8 for the reason that, 4 ° C is base temperature and should be minus of 12). Salable and non-salable yield, number of stems produced, emergence rate, the number of tubers per plant, tubers weight and the tubers size were measured in this study.

Results and Discussions

The results of this study showed that the effect of temperature treatment and the interaction of temperature treatment and cultivar on yield and yield components were considered statistically significant. Marfona cultivar and use of T3 treatment with 51733 kg ha^{-1} had the highest tuber yield. However, there was not significant difference between this treatment and use of T2 treatment, and also using of Ramus cultivar and T3 and T4 temperature storage. For both cultivars used in this study, T3 treatment produced maximum number of stems per plant. Harvest index was fluctuated at different temperature treatments from 63.5 to 76.1 percent in the Ramos cultivar, and from 64 to 79.6 percent in Marfona cultivar. In summary, management of storage temperature can increase potato crop yields, especially in areas with short growing seasons. It seems that effects of physiological age differ between cultivars and different varieties of potatoes have different abilities to produce tuber yields in response to different heat treatments. Increasing of total tuber yield, especially as affected by thermal temperature storage application higher than 500 GDD was reported in some studies such as Knowles and Botar (1992) in which plants from 341GDD seed tubers produced 70% of their total yield as marketable, while 64% of the total yield from 900 GDD seed tubers was graded as marketable. The harvest index is a change in potatoes varieties from 9% in the wild up to 81 percent of in new cultivars, respectively. But harvest index is usually

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

(* - Corresponding Author Email: jalali51@yahoo.com)

considered to be 75% for new potato varieties.

Conclusions

The results of this study indicated that compared with younger tubers, the yield increased from older seed tubers but it must stress that the proper seed tuber age depends upon cultivar. With using of “controlled seed-tuber aging” techniques, process of plant development was accelerating and thus tuber set and tuber enlargement faced with optimum environmental conditions. This technique can be used in the following cases: when sowing date delayed and need to quickly grow, when a farmer or a company producing seed tuber for short growing season.

Keywords: Growth Degree day (GDD), Leaf Area Index (LAI), Physiological Age