تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۶۲۵-۶۳۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2069.1511

*مقاله پژوهشی*

# اثر کاربرد کلسیم بر انباشت کربوهیدرات‌ها، کلسیم و بهبود انبارمانی ارقام سیب‌زمینی در شرایط تنش گرمایی

**احمد آئین[1*]، امیر جلالی[2]**

۱. استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت

۲. کارشناس ارشد بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت

**تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۸**

**چکیده**

**گرمای شدید آخر فصل رشد، همواره یکی از چالش‌های مهم نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی در مناطق گرم کشور ازجمله جنوب استان کرمان است. تنش گرمایی از طریق افزایش میزان تنفس و تغییر در موازنه قندها و نشاسته در غده سیب‌زمینی، باعث کاهش عملکرد، کیفیت و مدت انبارمانی غده‌ها می‌شود. یکی از استراتژی‌های مناسب برای کاهش اثرات تنش گرمایی در سیب‌زمینی، استفاده از کلسیم به‌ویژه نیترات کلسیم است که در این آزمایش موردبررسی قرارگرفته است. این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت در دو سطح (تاریخ کاشت به‌موقع و تاریخ کاشت دیرهنگام)، فاکتور فرعی ارقام در سه سطح (سانته، ساتینا و میلوا) و فاکتور فرعی فرعی کاربرد کلسیم در چهار سطح شامل: عدم کاربرد کلسیم، محلول‌پاشی نیترات کلسیم به میزان 2500 ppm در دو مرحله و سه مرحله و مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله بودند. نتایج بررسی نشان داد که برهمکنش کاربرد کلسیم و تنش گرمایی آخر فصل سبب کاهش میزان قند کل، قندهای احیاکننده و افزایش میزان نشاسته، کلسیم غده و کلسیم برگ نسبت به شاهد (عدم کاربرد نیترات کلسیم در شرایط تنش) شد. مصرف خاکی نیترات کلسیم در شرایط تنش گرمایی، میزان فساد غده‌ها را پس از یک دوره ۶۰ روزه انبارمانی نسبت به شاهد (عدم کاربرد کلسیم در شرایط مشابه) ۳۰/۵ درصد کاهش داد؛ بنابراین مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌منظور بهبود خصوصیات کیفی و افزایش عمر انبارمانی سیب‌زمینی در کشت‌های تأخیری در مناطق گرم جنوب کشور توصیه می‌شود.**

***واژه‌های کلیدی:*** **تنش گرمایی، قندهای احیاکننده، محلول‌پاشی، مصرف خاکی، نیترات کلسیم.**

## مقدمه

تنش گرمایی آخر فصل رشد همواره یکی از چالش‌های اساسی کشت زمستانه سیب‌زمینی در مناطق گرم جنوب کشور است و بیشترین خسارت آن عمدتاً در کشت‌های تأخیری سیب‌زمینی می‌باشد. تنش گرمایی از طریق افزایش میزان تنفس و تغییر در موازنه قندها و نشاسته در غده سیب‌زمینی، باعث کاهش عملکرد، کیفیت و مدت انبارمانی غده‌ها می‌شود. دما تأثیر زیادی بر تقسیط آسمیلات‌ها به اندام‌های مختلف سیب‌زمینی دارد. درجه حرارت‌های بالا (تنش گرمایی) تقسیط آسمیلات‌ها به غده را کاهش و انتقال آن‌ها به سمت اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد (Wolf et al., 1991; Lafta and Lorenzen, 1995; Van Dam et al., 1996; Aien, 2010). کلسیم وظایف بسیار مهمی در گیاه دارد، ازجمله آن‌که وجود کلسیم برای نگهداری و

* نگارنده پاسخگو: احمد آئین. پست الکترونیک: A.Aien@areeo.ac.ir

حفظ دیواره سلولی و ساختار غشاء ضروری است و در بسیاری از فرآیندهای طبیعی رشد و نمو ازجمله تقسیم سلولی، رشد طولی سلول، پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و پاسخ به سیگنال‌های هورمونی و تمایز و نمو گیاه، به‌عنوان پیام‌آور ثانویه عمل می‌کند (White and Broadley, 2003; Ruiz et al., 2003). گزارش‌شده است که یون کلسیم از طریق کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال، باعث محافظت زیر واحدهای مراکز واکنش فتوسیستم دو می‌شود (Yang et al., 2015). غلظت بالای کلسیم در ناحیه ریشه سبب بهبود پایداری غشاء سلولی و کارکرد بهتر سلول می‌شود و درنتیجه گیاه را قادر می‌سازد تا با تنش گرمایی مقابله نماید (Tawfik et al., 1996). سوابق تحقیقات انجام‌شده بیانگر این است که میزان کلسیم موجود در غده سیب‌زمینی بسیار کمتر از اندام‌های هوایی است (Akula et al., 2012; Ozgen et al., 2006). تعرق مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده انتقال و توزیع کلسیم در داخل گیاه است. با توجه به اینکه میزان تعرق غده سیب‌زمینی بسیار کمتر از اندام‌های هوایی می‌باشد، بنابراین بیشتر کلسیم جذب‌شده توسط ریشه، وارد اندام‌های هوایی می‌شود و مقدار کمتری در غده ذخیره می‌گردد (Bassu and palta, 2006). کلسیم از طریق آوندهای چوبی به همراه آب به غده انتقال می‌یابد. ریشه‌های روی استولون‌ها تأمین‌کننده آب و کلسیم برای نمو و توسعه غده‌ها می‌باشند (Akula et al., 2012). جذب کلسیم و توزیع آن بین اندام‌های هوایی و غده در سیب‌زمینی می‌تواند تحت تأثیر درجه حرارت و رطوبت قرار بگیرد (Ruitz et al., 2002).

تنش گرمایی می‌تواند سبب افزایش قندهای احیاکننده و کاهش میزان نشاسته و درنتیجه کاهش کیفیت در ارقام سیب‌زمینی شود. افزایش قندهای احیاکننده و کاهش کیفیت انبارمانی غده سیب‌زمینی در شرایط تنش گرمایی توسط برخی محققین گزارش‌شده است (Kumar et al., 2007; Aien, 2010). هم‌چنین تامسون و همکاران (Thompson et al., 2008) نشان دادند که بلافاصله بعد از تنش گرمایی، مقادیر زیادی ساکارز در محل اتصال غده به ساقه زیرزمینی (استولون) سیب‌زمینی تجمع پیدا می‌کند. در تحقیقی مشاهده شد که مقدار گلوکز در سیب‌زمینی رقم کوفری چیپسونا ۳ با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کلسیم در هکتار در دو مرحله، کاهش یافت (Kumar et al., 2015). در ارزیابی اثر برهمکنش کلسیم و جاسمونیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم سیب‌زمینی مشخص شد که کاربرد کلسیم و جاسمونیک اسید در مراحل قبل و بعد از ریزوم‌دهی، از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش اثر نامطلوب تنش دمایی شدند (Azimi Gandomani et al., 2017). کاربرد کلسیم قابل‌حل در آب در طول دوره حجیم شدن غده، به‌طور معنی‌داری میزان کلسیم بافت غده را افزایش داد که این موضوع سبب کاهش عارضه لکه قهوه‌ای و تغییر رنگ بافت غده سیب‌زمینی گردید (Karlson et al., 2006).

تحقیقات انجام‌شده توسط ورما و مانج (Verma and Manoj, 2014) بیانگر این است که کاربرد کلسیم، وزن مخصوص و مقدار ماده خشک سیب‌زمینی را افزایش داد و سبب کاهش میزان خسارت به پوست سیب‌زمینی در زمان برداشت و همچنین کاهش تلفات وزن و پوسیدگی غده‌ها در زمان انبارمانی شد. هم‌چنین ثابت‌شده است که بهبود کلسیم خاک، باعث افزایش غلظت کلسیم، کافئیک و اسید کلروژنیک در پوست غده سیب‌زمینی شد و اثرات تخریبی نرم‌کنندگی پاتوژن‌های پکتینولایتیک را کاهش داد (Ngadze et al., 2014). نتایج پژوهش موریاما و همکاران (Murayama et al., 2017) نشان داد که با افزایش غلظت کلسیم در دیواره سلولی، تشکیل شبکه‌های پکتین-کلسیم در دیواره سلولی غده سیب‌زمینی در مراحل حجیم شدن و رسیدگی غده افزایش یافت. در مطالعه کاربرد غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم بر روی سه رقم گوجه‌فرنگی گزارش شد که در هر رقم با افزایش غلظت کلرید کلسیم میزان فساد میوه کاهش‌یافته و مدت نگهداری میوه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Henare et al., 2010). در سال‌های اخیر خسارت ناشی از تنش گرمایی در مناطق جنوبی کشور، به دلیل تغییر اقلیم افزایش‌یافته است به‌طوری‌که تنش گرمایی آخر فصل رشد همواره یکی از چالش‌های اساسی نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی در این مناطق است؛ بنابراین لازم است با بررسی و اعمال روش‌های به زراعی مناسب میزان خسارت تنش گرمایی تعدیل شود. یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات نامطلوب تنش گرمایی در سیب‌زمینی، استفاده از کلسیم به‌ویژه نیترات کلسیم است که در این آزمایش موردبررسی قرارگرفته است.

## مواد و روش‌ها

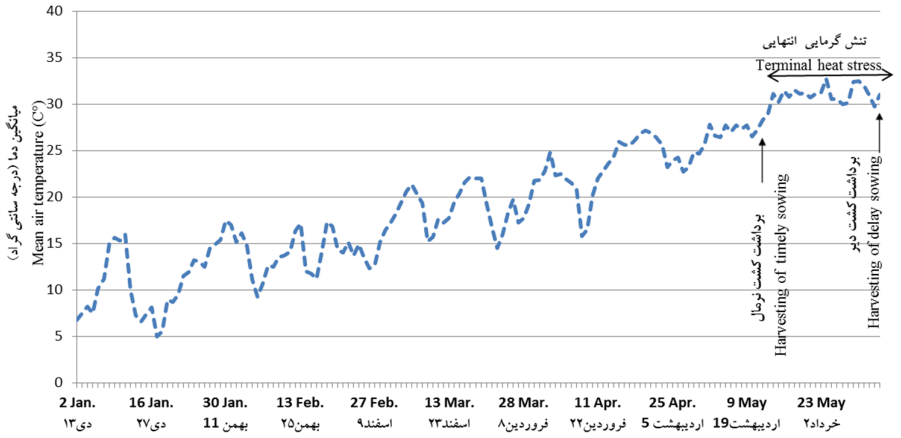
این بررسی به‌صورت آزمایش کرت‌های دو بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-

۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب کرمان (جیرفت) اجرا گردید. فاکتور اصلی تاریخ کاشت در دو سطح: تاریخ کاشت به‌موقع (۱۰ دی‌ماه) و تاریخ کاشت دیرهنگام (۱۵ بهمن‌ماه)، ارقام سیب‌زمینی به‌عنوان فاکتور فرعی در سه سطح شامل: (سانته، ساتینا و میلوا) و فاکتور فرعی فرعی شامل چهار سطح کاربرد کلسیم (عدم کاربرد کلسیم، محلول‌پاشی نیترات کلسیم به میزان ppm ۲۵۰۰ در دو مرحله (شروع غده‌زایی و ۲۰ روز بعد از غده زایی)، محلول‌پاشی نیترات کلسیم به میزان ppm ۲۵۰۰ در سه مرحله (شروع غده‌زایی، ۲۰ و ۴۰ روز بعد از غده زایی) و مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (شروع غده‌زایی و بزرگ شدن غده‌ها) بودند.

قبل از کاشت جهت اطلاع از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک انجام شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش شنی- لومی، با اسیدیته هشت و هدایت الکتریکی ۳/۲۸ میلی موس بر سانتی‌متر بود. میزان نیتروژن خاک ۰/۰۱۸ درصد و میزان فسفر، پتاسیم و کلسیم آن به ترتیب ۸، ۲۶۱ و ۲۸۳ پی‌پی‌ام بود. کودهای شیمیایی موردنیاز بر اساس نتایج آزمون خاک درزمان تهیه بستر کاشت و یا بعد از کاشت مورداستفاده قرار گرفتند. همچنین ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز مصرف شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای (با نوار تیپ) و مطابق نیاز گیاه صورت گرفت. در طول دوره رشد و نمو، درجه حرارت و رطوبت نسبی مزرعه با استفاده از دیتالاگر ثبت گردید. میانگین درجه حرارت در طول دوره رشد و نمو (از کاشت تا برداشت) طی مدت اجرای آزمایش و هم‌چنین مدت تنش گرمایی آخر فصل رشد در تاریخ کاشت دیرهنگام (۱۵ بهمن‌ماه) در شکل یک آورده شده است.

صفات مورداندازه‌گیری به‌صورت زیر بود: میزان کلسیم برگ و غده که با استفاده از روش جذب اتمی و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میزان قندهای احیاکننده و قند کل غده، پس از استخراج در ایزوپروپانول توسط روش نلسون (Nelson, 1994) اندازه‌گیری شدند. میزان نشاسته غده، بعد از حذف قندها با استفاده از روش هودج و هوفریتر (Hodge and Hofreiter, 1962) تعیین گردید. برای اندازه‌گیری میزان فساد غده‌ها، از هر تیمار ۵ کیلوگرم غده در اندازه‌های مختلف به‌صورت تصادفی انتخاب و در جعبه‌های پلاستیکی به مدت ۶۰ روز در انبار تاریک با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پایش غده‌ها جهت حذف غده‌های آلوده احتمالی شامل پوسیدگی خشک و نرم ناشی از عوامل قارچی و باکتریایی، هر دو هفته یک‌بار انجام و درنهایت پس از ۶۰ روز انبارمانی غده‌های آلوده و پوسیده حذف و غده‌های سالم توزین شدند.

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.




**شکل ۱. میانگین درجه حرارت در طول دوره رشد و نمو (از کاشت تا برداشت)**

**Fig. 1. Mean temperature during growth and development stages (from planting upto harvesting).**

## نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک موردبررسی (میزان قند کل و قند احیاکننده غده، میزان نشاسته غده و مقدار کلسیم غده و برگ) در جدول یک آورده شده است. اثر تاریخ کاشت بر میزان قند کل، قندهای احیاکننده، نشاسته، کلسیم غده، کلسیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر رقم بر ویژگی‌های میزان نشاسته و کلسیم غده در سطح یک درصد معنی‌دار بود. کاربرد کلسیم تأثیر معنی‌داری بر تمام ویژگی‌های فیزیولوژیک موردبررسی در سطح احتمال یک درصد نشان داد. برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بر ویژگی‌های میزان قند کل غده، قندهای احیاکننده، نشاسته و کلسیم غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تاریخ کاشت، کاربرد کلسیم و برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بر درصد فساد غده‌ها پس از ۶۰ روز انبارمانی معنی‌دار شده است (جدول ۱). خلاصه نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های موردبررسی بیانگر این است که برهمکنش تاریخ کاشت در رقم، برهمکنش کاربرد کلسیم در رقم، برهمکنش تاریخ کاشت در رقم در کلسیم بر روی هیچ‌یک از ویژگی‌های موردبررسی تأثیر معنی‌دار نداشتند (جدول ۱).

### *میزان قند کل و قندهای احیاکننده غده*

در بررسی میانگین‌های برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بر میزان قند کل غده، مشخص شد که برهمکنش مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله هم در تاریخ کاشت دیرهنگام و هم در تاریخ کاشت به‌موقع باعث کاهش معنی‌دار میزان قند کل غده شد. تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم در تاریخ کاشت دیرهنگام تأثیر معنی‌داری بر میزان قند کل غده نداشتند، به‌طوری‌که بیشترین میزان قند کل غده مربوط به تیمارهای عدم کاربرد کلسیم و محلول‌پاشی دو و سه بار نیترات کلسیم در شرایط تاریخ کاشت دیرهنگام بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بر میزان قندهای احیاکننده غده نشان می‌دهد که کاربرد کلسیم در هر دو تاریخ کاشت، سبب کاهش میزان قندهای احیاکننده غده شده است. در تاریخ کاشت دیرهنگام که بوته‌های سیب‌زمینی با شرایط تنش گرمایی آخر فصل رشد مواجه شدند، مصرف خاکی کلسیم باعث کاهش بیشتر قندهای احیاکننده نسبت به تیمار محلول‌پاشی کلسیم گردید. بیشترین میزان قندهای احیاکننده غده، از تیمار عدم استفاده از کلسیم و در کشت دیرهنگام به‌دست‌آمده و کمترین میزان قندهای احیاکننده غده از کاربرد کلسیم (محلول‌پاشی و مصرف خاکی) در تاریخ کاشت به‌موقع حاصل شد (جدول ۲).

در تحقیق دیگر مشاهده شد که بلافاصله بعد از تنش گرمایی، مقادیر زیادی ساکارز در محل اتصال غده به ساقه زیرزمینی (استولون) سیب‌زمینی تجمع پیدا می‌کند (Thompson et al., 2008). افزایش قند کل و قندهای احیاکننده در شرایط تنش گرمایی توسط برخی محققین گزارش‌شده است (Thompson et al., 2008; Aien, 2010; Kumar et al., 2015). در آزمایش حاضر نیز تنش گرمایی آخر فصل رشد در کشت دیرهنگام باعث افزایش میزان قند کل و قندهای احیاکننده شده است. کاربرد کلسیم به‌خصوص مصرف خاکی آن‌هم در شرایط تنش گرمایی (کشت دیرهنگام) و هم در شرایط عدم تنش گرمایی (کشت به‌موقع)، باعث کاهش میزان قند کل و قندهای احیاکننده غده سیب‌زمینی شد. میزان تأثیر مصرف خاکی نیترات کلسیم در تاریخ کاشت به‌موقع (شرایط عدم تنش گرمایی) بر کاهش میزان قند کل و قندهای احیاکننده به ترتیب ۱۰ و ۸/۵ درصد بود که احتمالاً به دلیل نقش کلسیم در تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها در گیاه است (Malakoti and Razaee, 2001)؛ اما مصرف خاکی نیترات کلسیم در کشت دیرهنگام (شرایط تنش گرمایی) توانست میزان قند کل و قندهای احیاکننده را به ترتیب به میزان ۱۹/۴ و ۲۱/۹ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کلسیم در شرایط مشابه) کاهش دهد که بیانگر نقش مؤثر کاربرد کلسیم در شرایط تنش گرمای آخر فصل رشد بر وضعیت انباشت قندهای غده و به‌طورکلی بهبود کیفیت غده سیب‌زمینی است. کاربرد کلسیم می‌تواند اثرات نامطلوب تنش گرمایی بر غده سیب‌زمینی ازجمله انباشت قندهای احیای کننده را تعدیل نموده و کیفیت غده را بهبود دهد. در تحقیقی مشخص شد که کاربرد کلسیم و جاسمونیک اسید در مراحل قبل و بعد از ریزومدهی، از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش اثر نامطلوب تنش دمایی شدند (Azimi Gandomani et al., 2017). کومار و همکاران (Kumar et al., 2015) نیز مشاهده نمودند که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کلسیم در هکتار طی دو مرحله، سبب کاهش مقدار گلوکز در سیب‌زمینی رقم کوفری چیپسونا ۳ شد.

### میزان نشاسته غده

مقایسه میانگین میزان نشاسته ارقام موردبررسی حاکی از آن است که بین ارقام موردبررسی ازنظر میزان نشاسته غده تفاوت معنی‌دار وجود دارد. رقم سانته با ۷۲/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک غده دارای بیشترین مقدار نشاسته بود و در گروه اول قرار گرفت و با ارقام ساتینا و میلوا اختلاف معنی‌دار نشان داد. رقم میلوا با ۶۸/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک غده دارای کمترین میزان نشاسته بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بیانگر تأثیر معنی‌دار افزایش میزان نشاسته غده در اثر کاربرد کلسیم در هر دو تاریخ کاشت است. بیشترین میزان نشاسته غده از مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت به‌موقع (عدم تنش) حاصل شد و بعدازآن بیشترین میزان نشاسته غده از کاربرد همین تیمار در کشت تأخیری و در شرایط تنش گرمایی به‌دست‌آمده آمد. کمترین میزان نشاسته غده مربوط به عدم کاربرد کلسیم در کاشت دیرهنگام بود (جدول ۲) که بیانگر تأثیر مصرف خاکی کلسیم برافزایش میزان نشاسته غده می‌باشد. به نظر می‌رسد کلسیم از طریق استحکام دیواره سلولی و کاهش میزان قندهای احیاکننده، باعث بهبود میزان نشاسته در غده‌های سیب‌زمینی می‌شود. بین میزان نشاسته غده با قند کل و قندهای احیاکننده همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۵) که نشان می‌دهد افزایش قند کل و قندهای احیاکننده سبب کاهش میزان نشاسته غده می‌شود.

**جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های فیزیولوژیک و انبارمانی سیب‌زمینی**

**Table 1. Analysis of variance (Mean of square) of physiological traits and storage of potato**

| منابع تغییرات Source of variance | درجه آزادی df | قند کل غده Total sugars | قندهای احیاکننده غده Reducing sugars | نشاسته غده Tuber starch | کلسیم غده Tuber Calcium | کلسیم برگ Leaf Calcium | میزان فساد غده‌ها Rottenness of tubers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication (R) | 2 | 0.18 ns | 0.058 ns | 11.3 ns | 0.27 ns | 4.36ns | 32.6ns |
| تاریخ کاشت Planting date (P) | 1 | 4.56* | 4.63* | 27.1* | 11.7* | 171.1* | 4768.4* |
| خطای الف Error a | 2 | 0.1 | 0.147 | 1.28 | 0.14 | 9.91 | 80.6 |
| رقم Variety (V) | 2 | 0.13 ns | 0.179 ns | 112.9** | 6.1** | 10.11 ns | 71.2ns |
| تاریخ کاشت × رقم P × V | 2 | 0.12 ns | 0.126 ns | 0.01 ns | 0.21 ns | 2.37 ns | 26.7ns |
| خطای ب Error b | 8 | 0.08 | 0.122 | 3.6 | 0.27 | 9.89 | 33.4 |
| کاربرد کلسیم Calcium application (C) | 3 | 0.42** | 0.286** | 18.3** | 8.89** | 58.7** | 127.5** |
| تاریخ کاشت ×کلسیم P × C | 3 | 0.13** | 0.097** | 1.06** | 0.37** | 0.86 ns | 31.1** |
| رقم × کلسیم V × C | 6 | 0.02 ns | 0.008 ns | 0.34 ns | 0.09 ns | 1.2 ns | 1.5ns |
| تاریخ کاشت×رقم×کلسیم P × V × C | 6 | 0.01 ns | 0.012 ns | 0.22 ns | 0.04 ns | 0.73 ns | 2.1ns |
| خطای ث Error c | 36 | 0.02 | 0.005 | 0.28 | 0.08 | 0.58 | 1.4 |
| ضریب تغییرات CV (%) | - | *6.98* | *4.2* | *0.75* | *4.98* | *3.6* | *7.78* |

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

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

**جدول ۲. مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و کاربرد کلسیم بر صفات فیزیولوژیک و انبارمانی سیب‌زمینی**

**Table 2. Mean comparison of planting date and calcium application interaction on physiological traits and storage of potato**

| تاریخ کاشت planting date | کاربرد کلسیم Calcium application | قند کل Total sugars | قند احیاکننده Reducing sugars | نشاسته Starch | کلسیم غده Tuber Calcium | میزان فساد غده‌ها Rottenness of tubers |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------mg /g fw--------- | | ----------mg / g dw---------- | | % |
| P1 | C1 | 1.98$^{bc\dagger}$ | 1.54$^{d}$ | 70.59$^{d}$ | 5.49$^{d}$ | 9.39$^{e}$ |
| | C2 | 1.91$^{bcd}$ | 1.47$^{e}$ | 71.62$^{bc}$ | 5.96$^{c}$ | 6.69$^{f}$ |
| | C3 | 1.85$^{cd}$ | 1.42$^{e}$ | 71.12$^{c}$ | 6.09$^{c}$ | 6.42$^{f}$ |
| | C4 | 1.78$^{d}$ | 1.41$^{e}$ | 72.44$^{a}$ | 6.94$^{a}$ | 5.59$^{f}$ |
| P2 | C1 | 2.53$^{a}$ | 2.21$^{a}$ | 68.94$^{e}$ | 4.73$^{f}$ | 26.09$^{a}$ |
| | C2 | 2.5$^{a}$ | 1.99$^{b}$ | 70.14$^{de}$ | 4.94$^{ef}$ | 22.83$^{c}$ |
| | C3 | 2.47$^{a}$ | 1.94$^{b}$ | 69.88$^{e}$ | 5.06$^{e}$ | 22.13$^{c}$ |
| | C4 | 2.04$^{b}$ | 1.73$^{c}$ | 71.9$^{b}$ | 6.52$^{b}$ | 18.13$^{d}$ |

† در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنادار ندارند.

P1= کاشت به‌موقع، P2=کاشت دیرهنگام، C1=عدم کاربرد کلسیم (شاهد)، C2= دو بار محلول‌پاشی نیترات کلسیم، C3= سه بار محلول‌پاشی نیترات کلسیم، C4= مصرف خاکی نیترات کلسیم.

*Means followed by the same latters in each column are not significant diffetent at the 5% probability level according to Duncan's Multiple Range test.

P1= Timely planting date, P2= Late planting date, C1= No calcium application (control), C2= Twice sprying of calcium nitrate, C3= Triple sprying of calcium nitrate, C4= Soil application of calcium nitrate

### *میزان کلسیم غده و برگ*

مقایسه میانگین میزان کلسیم غده در ارقام موردبررسی نشان داد که ارقام سانته و ساتینا بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای بیشترین مقدار کلسیم غده بودند و در گروه اول قرار گرفتند. غده‌های رقم میلوا کمترین میزان کلسیم را داشتند (جدول ۳). ارقام سیب‌زمینی ازنظر عکس‌العمل به کاربرد کلسیم و انباشت کلسیم در غده، تنوع ژنتیکی و تفاوت زیادی نشان می‌دهند (kumar and Minhas., 2001; Kumar et al., 2007; Brown et al., 2012). در تحقیق دیگری مشاهده شد که سیب‌زمینی رقم جلی نسبت به ارقام فونتین و بورن واکنش بهتری به کاربرد کلسیم و جاسمونیک اسید نشان داد (Azimi Gandomani et al., 2017). احتمالاً عکس‌العمل ارقام سیب‌زمینی به کاربرد کلسیم به دلیل تفاوت آن‌ها در جذب و انتقال کلسیم است. یافته‌های مذکور مؤید تفاوت ارقام سیب‌زمینی در انباشت میزان کلسیم غده، می‌باشد.

**جدول ۳. مقایسه میانگین میزان نشاسته و کلسیم غده ارقام موردبررسی**

**Table 3. Mean comparison of starch and calcium of tuber in stuied varieties**

| Variety | رقم | نشاسته Starch | کلسیم غده Tuber calcium |
|---|---|---|---|
| | | ----------mg / g dw---------- | |
| Sante | سانته | 72.78$^{a\dagger}$ | 6.06$^{a}$ |
| Satina | ساتینا | 71.22$^{b}$ | 5.95$^{a}$ |
| Milva | میلوا | 68.49$^{c}$ | 5.14$^{b}$ |

†در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک،، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنادار ندارند.

*Means followed by the same latters in each column are not significant diffetent at the 5% probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم نشان داد که استفاده از کلسیم در هر دو تاریخ کاشت سبب بهبود میزان کلسیم غده شده است. تیمارهای برهمکنش مصرف خاکی نیترات کلسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت به‌موقع (عدم تنش گرمایی) و تاریخ کاشت دیرهنگام (تنش گرمایی) به ترتیب با ۶/۹۴ و ۶/۵۲ میلی‌گرم بر گرم

وزن خشک غده، دارای بیشترین میزان کلسیم غده بودند و در گروه اول و دوم قرار گرفتند (جدول ۲). اثر تاریخ کاشت بر میزان کلسیم برگ معنی‌دار بود و مقدار کلسیم برگ در تاریخ کاشت دیرهنگام (تنش گرمایی آخر فصل رشد) کاهش یافت. به‌عبارت‌دیگر در تاریخ کاشت دیرهنگام، تنش گرمایی باعث کاهش معنی‌دار میزان کلسیم در برگ‌های سیب‌زمینی شده است. میزان کلسیم برگ تحت تأثیر کاربرد کلسیم به‌خصوص محلول‌پاشی کلسیم قرار گرفت. تأثیر تیمارهای کاربرد کلسیم بر میزان کلسیم برگ در جدول ۴ نمایش داده‌شده است. داده‌های این جدول بیانگر تأثیر و تفاوت معنی‌دار تیمارهای کاربرد کلسیم با شاهد و همچنین تفاوت معنی‌دار بین کاربرد کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی و مصرف خاکی است. بیشترین میزان کلسیم برگ (۲۳/۲۹ میلی‌گرم برگرم وزن خشک برگ) از تیمار سه مرحله محلول‌پاشی نیترات کلسیم حاصل شد و بعدازآن تیمار محلول‌پاشی کلسیم در دو مرحله در گروه دوم قرار گرفت (جدول ۴). کلسیم در بسیاری از فرآیندهای طبیعی رشد و نمو ازجمله تقسیم سلولی، رشد طولی سلول، پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و پاسخ به سیگنال‌های هورمونی و تمایز و نمو گیاه، به‌عنوان پیام‌آور ثانویه عمل می‌کند (White and Broadley, 2003; Ruiz et al., 2003). نتایج تحقیقات (Ruitz et al., 2002) بیانگر این است ک درجه حرارت و رطوبت می‌تواند برجذب کلسیم و توزیع آن بین اندام‌های هوایی و غده سیب‌زمینی تأثیر بگذارد (Ruitz et al., 2002). از طرف دیگر سوابق تحقیقات انجام‌شده بیانگر این است که میزان کلسیم موجود در غده سیب‌زمینی بسیار کمتر از اندام‌های هوایی است. کلسیم از طریق آوندهای چوبی به همراه آب به غده انتقال می‌یابد. ریشه‌های روی استولون‌ها تأمین‌کننده آب و کلسیم برای نمو و توسعه غده‌ها می‌باشند (Akula et al., 2012). در تحقیقی نشان داده شد که کاربرد خاکی کلسیم منجر به افزایش میزان کلسیم غده و برگ ارقام سیب‌زمینی می‌شود (Kumar et al., 2007). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که مصرف خاکی نیترات کلسیم در مجاورت استولون‌ها می‌تواند شرایط را برای جذب و انتقال مقادیر بیشتری کلسیم به غده فراهم نماید. یافته‌های (Tawfik et al., 1996) بیانگر این است گیاهانی که در طول دوره تنش گرمایی، کلسیم و نیتروژن بیشتری دریافت کرده بودند، بیشترین میزان غلظت کلسیم برگ و میزان تعرق را داشتند. نتایج تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر کاربرد نیترات کلسیم برافزایش میزان کلسیم غده و برگ سیب‌زمینی، با یافته‌های فوق مطابقت و همسوئی دارد.

**جدول ۴. اثر کاربرد کلسیم بر میزان کلسیم برگ**

**Table 4. Effect of calcium application on leaf calcium amount.**

| کاربرد کلسیم<br>calcium application | میزان کلسیم برگ<br>Leaf calcium ($mg.g^{-1}$ dw) |
|---|---|
| عدم کاربرد کلسیم (شاهد)<br>No calcium application (control) | 19.53c* |
| دو بار محلول‌پاشی نیترات کلسیم<br>Twice sprying of calcium nitrate | 22.13 b |
| سه بار محلول‌پاشی نیترات کلسیم<br>Triple sprying of calcium nitrate | 23.29a |
| مصرف خاکی نیترات کلسیم<br>Soil application of calcium nitrate | 19.89 c |

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنادار ندارند.

* Means followed by the same latters in each column are not significant diffetent at the 5% probability level according to Duncan's Multiple Range test.

### *انبارمانی*

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت در کاربرد کلسیم بر میزان فساد غده‌ها پس از ۶۰ روز انبارمانی، نشان داد که بیشترین میزان فساد غده‌ها مربوط به تیمار عدم کاربرد کلسیم در تاریخ کاشت دیرهنگام است که می‌تواند به دلیل بالاتر بودن دما در انتهای فصل رشد در زمان اجرای پروژه باشد. به‌طورکلی تیمارهای کاربرد کلسیم به‌خصوص در شرایط تنش گرمایی آخر فصل رشد ناشی از کاشت دیرهنگام باعث کاهش میزان فساد غده‌ها پس از دوره ۶۰ روزه انبارمانی شدند. میزان کاهش فساد غده‌ها در تیمار مصرف خاکی نیترات کلسیم در تاریخ کاشت دیرهنگام نسبت به شاهد (عدم کاربرد کلسیم در شرایط مشابه) ۳۰/۵ درصد بود (جدول ۲). نتایج مذکور بیانگر نقش کاربرد کلسیم در بهبود ماندگاری و انبارمانی غده‌های سیب‌زمینی است. بین میزان فساد غده‌ها با میزان قند کل و قندهای احیاکننده همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۵). افزایش میزان قند غده که در این آزمایش عمدتاً به دلیل تنش گرمایی در مرحله پر شدن غده‌ها است، باعث کاهش ماندگاری و انبارمانی غده‌ها شده است. از طرف دیگر بین میزان فساد غده‌ها با مقدار کلسیم و نشاسته غده همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵) که نشان‌دهنده تأثیر کلسیم برافزایش

انبارمانی غده‌های سیب‌زمینی است. کلسیم برای نگهداری و حفظ دیواره سلولی و ساختار غشاء ضروری است (Ruiz et al., 2003). افزایش غلظت کلسیم در دیواره سلولی، تشکیل شبکه‌های پکتین-کلسیم در دیواره سلولی غده سیب‌زمینی را در مراحل حجیم شدن و رسیدگی غده افزایش می‌دهد (Murayama et al., 2017). هم‌چنین ثابت‌شده است که کاربرد کلسیم، وزن مخصوص و مقدار ماده خشک سیب‌زمینی را افزایش و سبب کاهش تلفات وزن و پوسیدگی غده‌ها در زمان انبارمانی می‌شود (Verma and Manoj, 2014). از طرف دیگر یکی از فرآیندهایی که نشاسته سیب‌زمینی را تحلیل داده و موجب کاهش کیفیت محصول سیب‌زمینی می‌شود، تبدیل نشاسته به قندهای احیاکننده (به‌خصوص گلوکز) است؛ بنابراین به نظر می‌رسد کلسیم از طریق تشکیل شبکه‌های پکتین-کلسیم و استحکام دیواره سلولی غده، افزایش ماده خشک و هم‌چنین کاهش میزان قندهای احیاکننده، باعث بهبود کیفیت و مدت انبارمانی غده‌های سیب‌زمینی می‌شود. مطالعات انجام‌شده درزمینه تأثیر کاربرد کلسیم در سیب‌زمینی توسط نگادزه و همکاران (Ngadze et al., 2014)، ورما و منوج (Verma and Manoj, 2014) و در گوجه‌فرنگی توسط هناره و همکاران (Henare et al., 2010) همگی بیانگر افزایش انبارمانی محصولات تیمار شده با کلسیم است که با نتایج تحقیق حاضر، مطابقت و همخوانی دارد.

**جدول ۵. همبستگی ساده بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده**

**Table 5. Simple correlation between measured traits**

| Stuied traits | ویژگی‌های موردمطالعه | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1- Rottenness of tubers | میزان فساد غده‌ها | 1 | | | | | |
| 2- Total sugar | قند کل | 0.72** | 1 | | | | |
| 3- Reducing sugar | قندهای احیاکننده | 0.76** | 0.87** | 1 | | | |
| 4- Starch | نشاسته | -0.27* | -0.48** | -0.38** | 1 | | |
| 5- Tuber calcium | کلسیم غده | -0.5** | -0.66** | -0.56** | 0.76** | 1 | |
| 6- Leaf calcium | کلسیم برگ | -0.54** | -0.31** | -0.48** | -0.01ns | 0.02ns | 1 |

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

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

## نتیجه‌گیری نهایی

کاربرد کلسیم در تاریخ کاشت دیرهنگام (در شرایط تنش گرمایی آخر فصل رشد) سبب کاهش میزان قند کل، قندهای احیاکننده و افزایش میزان نشاسته و کلسیم غده نسبت به شاهد (عدم کاربرد نیترات کلسیم در شرایط تنش گرمایی) شد. همچنین با کاربرد کلسیم، میزان فساد غده‌ها در مدت انبارمانی کاهش یافت. تأثیر مصرف خاکی نیترات کلسیم نسبت به محلول‌پاشی آن، بر صفات مذکور مطلوب‌تر بود؛ بنابراین کاربرد نیترات کلسیم، به‌ویژه مصرف خاکی آن به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مراحل شروع غده زایی و بزرگ شدن غده‌ها، به‌منظور بهبود خصوصیات کیفی از قبیل میزان قند، نشاسته و کلسیم و افزایش عمر انبارمانی و کاهش فساد غده سیب‌زمینی در کشت‌های تأخیری در مناطق گرم جنوب کشور توصیه می‌شود.

## منابع


Akula, N., Shashank, K., Pandey, C., Upadhyaya, P.J.H., Hyun, S.K., Se, C.C., Kim, D.H., Park, S.W., 2012. Role of $Ca^{2+}$-mediated signaling in potato tuberization: An overview. Botanical Studies. 53, 177-189.

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

Azimi Gandomani, M., Faraji, H., Movahedi Dehnavi, M., Mirshekari, A., 2017. Interaction effect of calcium and jasmonic acid on some physiological traits and tuber yield of three potato cultivars. Crop Physiology Journal. 34(9), 37-59. [In Persian with English Summary].

Brown, C.R., Haynes, K.G., Moore, M., Pavek, M.J., Hane, D.C., Love, S.L., Novy, R.G., Miller, J.C., 2012. Stability and broad- sense heritability of mineral content in potato: calcium and magnesium. American Journal of Potato Research. 89, 255-61.

Bassu, S., Palta, J.P., 2006. Investigating the in vivo calcium transport path to developing potato tuber using $^{45}Ca$: A new concept in potato tuber calcium nutrition. Physiologia Plantarum. 128, 313-232.

Henare, M., Rezai, H.J., Doulati, H., Motalebi, A., 2010. Effects of calcium chloride spraying and cultivar on the shelf life of tomato. Journal of Food Research. 20/3(1), 47-56. [In Persian with English Summary].

Hodge, J.E., Hofreiter, B.T., 1962. Analysis and preparation of sugars. In: Whistler, R.L., Miller, J.N.B. (eds.), Methods in Carbohydrate Chemistry, 6th Edition. Academic Press, New York, 356-378.

Karlson Bjorn, H., Palta, J.P., Crump, P.M., 2006. Enhancing tuber calcium concentration may reduce incidence of blackspot bruise injury in potatoes. Horticulture Science. 41(5), 1213-1221.

Kumar, D., Minhas, J.S., 2001. Effect of calcium nitrate as foliar nutrient on potato crop grown under heat stress. Journal of Indian Potato Association. 28(1), 127-128.

Kumar, D., Minhas, J.S., Singh, B.P., 2007. Calcium as a supplementary nutrient for potatoes grown under heat stress in sub-tropics. Potato Journal. 34(3-4), 159-163.

Kumar, P., Rawal, S., Kumar, D., Kumar, R., Saini, N., Chand, R., Sandhu, K.S., 2015. Influence of calcium dose and time of application on tuber yield and processing quality of potato (*Solanum tuberosum*). Annals of Agricultural Research. 36(1), 28-37.

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

Malakoti, M.J., Razaee. H., 2001. Role of Sulfur, Calcium and Magnesium on Improving Yield and Quality of Agricultural Productions. Agricultural Education Press, Karaj [In Persian].

Murayama, D., Tani, M., Ikeda, S., Palta, J.P., Pelpolage, S.E., Yamauchi, H., Koaze, H., 2017. Effects of Calcium concentration in potato tuber cells on the formation of cross-links between pectin molecules by $Ca^{2+}$. American Journal of Potato Research. 94(5), 524-533.

Nelson, N., 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry. 153, 375-380.

Ngadze, E., Coutinho, T.A., Icishahayo, D., Van der Waals, J.E. 2014. Effect of calcium soil amendments on phenolic compounds and soft rot resistance in potato tubers. Crop Protection. 62, 40-45.

Ozgen, S., Karlsson, B.H., Palta, J.P., 2006. Response of potatoes (cv. Russet Burbank) to supplemental calcium application under field condition: tuber calcium, yield, and incidence of internal brown spot. American Journal of Potato Research. 83,195-204.

Ruitz, J.M., Hernandez, J., Castilla, N., Romero L., 2002. Effects of soil temperature on K and Ca concentration and on ATPase and Pyruvate Kinase activity in potato roots. Horticulture Science. 37(2), 325-328.

Ruiz, J.M., Rivero, R.M., Lo´pez-Cantarero, I., Romero, L., 2003. Role of Ca in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (*Nicotiana tabacum* L.). Plant Growth Regulaton. 41, 173-177.

Tawfik, A.A., Kleinhenz, M.D., Plata, J.P., 1996. Application of calcium and nitrogen for mitigating heat stress effects on potatoes. American Journal of Potato Research. 73, 261-273.

Thompson, A.L., Love, S.L., Sowokinos, J.R., Thornton, M.K., Shock, C.C., 2008. Review of the sugar end disorder in potato (*Solanum tuberosum* L.). American Journal of Potato Research. 85, 375-386.

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

Verma, M.K., Manoj, R., 2014. Effect of Calcium on growth, yield, quality and storage of potato (*Solanum tuberosum* L.). International Journal of Basic and Applied Agricultural Research. 12(2), 231-234.

White, P.J., Broadley, M.R., 2003. Calcium in plants. Annals of Botany. 92, 487-511.

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

Yang, S., Wang, F., Guo, F., Meng, J.J., Li, X.G., Wan, S.B., 2015. Calcium contributes to photoprotection and repair of photosystem II in peanut leaves during heat and high irradiance. Journal of Integrative Plant Biology. 57,486-495.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
*Vol. 13, No. 2, pp. 625-635*
*Summer 2020*
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2069.1511

*Original article*

# Effect of calcium application on carbohydrate and calcium accumulation and storage improvement of potato cultivars under heat stress

**A. Aien[1*], A. Jalali[2]**

1. *Assistant Professor Seed and Plant Improvement Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran*
2. *MSc. Seed and Plant Improvement Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran*

Received 26 November 2018; Accepted 28 April 2018

## Abstract

The sever heat stress at the end of growing season in potato winter cultivation, always has been one of the major challenges in warm areas of Iran such as south of Kerman province. Heat stress reduces the yield, quality and shelf life of the potato tubers by increasing the amount of respiration and changes at the balance of sugars and starch in the tubers. One of the suitable strategies to reduce the impacts of heat stress on potatoes is the use of calcium, especially calcium nitrate, which has been investigated in this experiment. This study was conducted as split-split plot experiment based on randomized complete block design with three replications. The main factor was sowing date including suitable sowing time and delay sowing, the sub factor was potato cultivars (Sante, Satina and Milva) and four calcium treatments (no calcium application, spraying 2500 ppm calcium nitrate in two and three stages and soil application of 75 kg/ha calcium nitrate in two stages were kept in sub-sub plots. The results showed that the interaction of calcium application and heat stress at end of season reduced the amount of total and reducing sugars and increased the amount of starch, calcium in the tuber and leaf as compared to control (non-application of calcium nitrate in stress condition). Soil application of calcium nitrate in heat stress conditions, reduced the rate of rottenness of tubers after 60 days storage by 30.5 percent as compared to control (non-application of calcium in similar conditions). Therefore, the soil application of calcium nitrate at 75 kg/ha, in order to improving the qualitative traits and shelf life of potato tubers, is recommended in delayed planting in warm southern areas of the Iran.

***Keywords*:** Calcium nitrate, Heat stress, Reducing sugars, Spraying, Soil application.

[*]Correspondent author: Ahmad Aien; E-Mail: A.Aien@areeo.ac.ir