علوم و تحقیقات بذر ایران
سال چهارم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۶ (۴۸ - ۳۷)

DOI: 10.22124/jms.2018.2516

بررسی تأثیر تیمارهای سرمایی و محرک رشد اسید جیبرلیک برشکست خواب غده‌چه (مینی‌تیوبر) سیب‌زمینی

علی اصغر محمودی[۱]، بابک درویشی[۲*]، سیروس منصوری‌فر[۳]، محمدحسن جعفری صیادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید جیبرلیک و شوک سرمایی بر شکست خواب غده‌چه (مینی‌تیوبر) سیب‌زمینی رقم آگریا، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه عبارت از ۱. کاربرد و عدم کاربرد اسید جیبرلیک (۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) و ۲. شوک سرمایی با دمای ۲ درجه سلسیوس (بدون سرما، یک هفته سرما، دو هفته سرما، سه هفته سرمای متوالی و سه هفته سرمای متناوب) بودند. صفات درصد جوانه‌زنی، تعداد جوانه در غده‌چه، طول جوانه در غده‌چه به‌همراه درصد استقرار مزرعه‌ای غده‌چه‌ها و تعداد غده تولید شده در واحد سطح مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک موجب افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی غده‌چه‌ها می‌شود. در صورت تیمار غده‌چه‌ها توسط ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک تعداد جوانه در غده‌چه در تمام سطوح تیمار سرمایی در بالاترین مقدار قرار داشت، درحالی‌که در صورت عدم استفاده از اسید جیبرلیک تیمار سرمایی سبب افزایش معنی‌دار تعداد جوانه در غده‌چه نسبت به شاهد شد و در عین حال با طولانی‌ترشدن دوره سرمادهی تعداد جوانه در غده‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اسید جیبرلیک درصد استقرار مزرعه‌ای غده‌چه‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در صورت استفاده از اسید جیبرلیک تعداد غده در واحد سطح در تمام سطوح فاکتور سرما تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند درحالی‌که در صورت عدم استفاده از اسید جیبرلیک، با طولانی‌تر شدن دوره سرمادهی تعداد غده در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، سیب‌زمینی و غده‌چه، شوک سرمایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه پیام نور واحد کرج، کرج، ایران
۲- عضو هیات علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران
۳- استادیار، دانشگاه پیام نور واحد کرج، کرج، ایران
*نویسنده مسئول: bdarvishi_84@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tubersoum* L.) یکی از محصولات غده‌ای مهم در بین محصولات زراعی است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان و اقتصاد کشاورزی داشته و در اکثر نواحی جهان کشت می‌شود. سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران در سال زراعی ۹۴-۹۳ حدود ۱۵۹ هزار هکتار با تولید ۴/۹۹ میلیون تن و متوسط عملکرد ۳۱/۴ تن در هکتار گزارش شده است (Anonymous, 2015). با توجه به سطح زیر کشت سیب‌زمینی در کشور، سالانه مقدار تقریبی ۶۶۰ هزار تن غده بذری مورد نیاز است که از منشأ غده‌چه (مینی‌تیوبر) و یا بذر وارداتی تأمین می‌شود. غده‌چه سیب‌زمینی غده-های کوچک با قطر عرضی ۱۲ تا ۳۵ میلی‌متر هستند که در گلخانه از گیاهچه‌هایی تولید می‌شوند که در شرایط آزمایشگاهی و از طریق کشت بافت تکثیر شده‌اند (Asghari and Fathi, 2011). مشکل مهم در کشت مزرعه‌ای غده‌چه سیب‌زمینی وجود خواب در غده‌چه‌ها است که تابعی از عوامل ژنتیکی (رقم) و عوامل محیطی نظیر سن فیزیولوژیکی غده در زمان برداشت، دمای فصل رشد، دمای زمان انبارداری، کودهای شیمیایی مورد استفاده و غیره می‌باشد. با وجود چنین مشکلاتی کشت غده‌چه سیب‌زمینی در مناطق مستعد و مزارع مورد تأیید مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال نیازمند معرفی روش مناسب جهت شکستن دوره خواب است (AlaviShahri, 1988). بسته به گونه گیاهی برای شکستن خواب فیزیولوژیکی بذر، بذرها باید در معرض سرما و یا گرما قرار گیرند و یا این‌که با جیبرلین و یا مواد شیمیایی دیگر تیمار شوند (Bewley and Black, 1994). گزارش شده است که از میان هورمون‌های طبیعی، جیبرلین از قوی‌ترین محرک‌های جوانه‌زنی در انواع بذرهاست که باعث شکستن خواب در محدوده وسیعی از بذور می‌شود (Akramghaderi *et al*., 2013). گزارش شده است که در زمان رشد غده، کاربرد اسید جیبرلیک بر روی بوته مادری سیب‌زمینی موجب کوتاه شدن دوره خواب می‌شود (Van Ittersum and Scholte, 1993)، اما تأثیر این روش به مرحله رشدی بوته مادری و میزان اسید جیبرلیک به کار برده شده بستگی دارد. در پژوهش دیگری گزارش شده است که افزایش میزان هورمون جیبرلین طی دوره انبارداری غده-های سیب‌زمینی عامل شکست خواب غده بوده است (Gopal Chamali and Sarakar, 2004). امروزه مشخص شده است که نسبت جیبرلین به آبسیزیک اسید در غده‌ها محتمل‌ترین عامل کنترل‌کننده خواب غده سیب‌زمینی است (Tekalign and Hammes, 2005). اثر مثبت محرک‌های شیمیایی مانند اسید جیبرلیک بر جوانه‌زنی احتمالاً مربوط به متعادل نمودن نسبت هورمونی در بذر و کاهش مواد بازدارنده رشد می‌باشد. به‌عبارت دیگر اسید جیبرلیک به‌عنوان یک محرک شیمیایی می-تواند سبب شکستن خواب فیزیولوژیک بذر شود. نتایج حاصل از یک پژوهش صورت گرفته نشان داد که قرارگرفتن غده بذری سیب‌زمینی به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول‌های مختلفی از جمله جیبرلین سبب تسریع شکست خواب غده شد (Jeffrey, 2009). مناسب‌ترین غلظت اسید جیبرلیک برای شکستن خواب در غده‌چه سیب‌زمینی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام گزارش شده است که به مدت ۲۴ ساعت بر روی غده‌چه‌های سیب‌زمینی اعمال شده بود (Lommen, 1993). دمای پایین یا سرما نیز می‌تواند موجب از بین رفتن خواب بذر شود. بسیاری از بذرها برای جوانه‌زنی به یک دوره دمای سرد در محدوده دمایی صفر تا ۱۰ درجه سلسیوس نیاز دارند (Kafi *et al*., 2012). دریک پژوهش، غده بذری سیب‌زمینی در دماهای مختلف (۴ و ۱۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد و مشخص گردید که عامل سرما موجب تحریک شکست خواب غده بذری سیب‌زمینی می‌شود (Petric *et al*., 2013).گزارش شده است که قرارگیری طولانی مدت غده بذری سیب‌زمینی در معرض دمای کم‌تر از ۲ درجه سلسیوس و یا دمای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس می‌تواند خواب غده را به‌طور ناگهانی پایان دهد. در این پژوهش پس از پایان تیمار دمایی و بازگشت به دمای معتدل، جوانه‌زنی غده‌چه سیب‌زمینی آغاز شد (Wurr and Allen, 1976). این تحقیق به‌منظور بررسی اثر اسید جیبرلیک و سرما بر شکستن خواب غده‌چه سیب‌زمینی رقم آگریا و تعیین مناسب‌ترین تیمار هورمونی- سرمایی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در کرج و مزرعه‌ای بخش خصوصی در فلاورجان اصفهان با ارتفاع از سطح

دریا ۱۶۲۵ متر و مختصات جغرافیایی '30.524 °51 شمالی و '34.214 °32 شرقی که دارای خاک لومی رسی و اقلیم معتدل خشک بود، به‌صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد که در آن فاکتورهای مورد مطالعه عبارت بودند از اسید جیبرلیک در دو سطح ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و شاهد و تیمار سرمایی در پنج سطح یک هفته دمای ۲ درجه سلسیوس، دو هفته دمای ۲ درجه سلسیوس، سه‌هفته متوالی دمای ۲ درجه سلسیوس، سه هفته متناوب دمای ۲ درجه سلسیوس و شاهد (بدون تیمار سرمایی). تعداد ۴۰۰ عدد غده‌چه سیب‌زمینی از رقم آگریا که توسط شرکت دشت زرین اردبیل تولید شده و کم‌تر از یک هفته از زمان برداشت آن‌ها می‌گذشت با قطر عرضی ۲۵ تا ۳۰ میلی‌متر تهیه و نیمی از آن‌ها به‌مدت یک ساعت در محلول ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک (سیگما) قرار داده شدند (Lommen, 1993)، به‌طوری‌که محلول اسید جیبرلیک سطح آن‌ها را کاملاً پوشاند. پس از این مدت غده‌چه‌ها از محلول اسید جیبرلیک خارج شده و روی پارچه تمیز قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. سپس دو گروه غده‌چه (تیمارشده و تیمارنشده توسط اسید جیبرلیک) در سردخانه تحت دوره‌های مختلف تیمار سرمایی قرار گرفته و بلافاصله پس از اتمام تیمار سرمایی، در قالب ۱۰ گروه ۴۰ تایی (هر تیمار شامل ۴ تکرار ۱۰تایی بود) به فیتوترون (مدل MOELLER) انتقال یافتند و در شرایط جوانه‌زنی (تاریکی، رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سلسیوس) قرار داده شدند. پس از قرارگرفتن غده‌چه‌ها در فیتوترون، تعداد غده‌چه‌های جوانه‌زده [غده‌چه‌هایی که طول دست‌کم یک جوانه در آن‌ها ۲ میلی‌متر باشد (Tekalign and Hammes, 2004)]، تعداد جوانه در هر غده‌چه و میانگین طول جوانه در هر غده‌چه هر ۵ روز یک‌بار یادداشت‌برداری شد. غده‌چه‌ها در یک دوره ۳۴ روزه مورد مطالعه قرار گرفتند که بخشی از آن را در سردخانه (حسب مورد) و بخشی را در فیتوترون سپری نمودند. غده‌چه‌های مربوط به هر تیمار در مزرعه با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر کشت گردیدند. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم پاییزه، شخم سطحی بهاره و انجام دیسک و لولر در بهار بود. کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود سولفات پتاس به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و یک سوم کود نیتروژنه (۷۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان تهیه زمین و قبل از کاشت در بهار به خاک داده شد. مابقی کود نیتروژنه نیز در دو نوبت ۷۰ کیلویی و به‌صورت سرک داده شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار آبیاری با دور آبیاری ۸ ساعت در هر ۸ روز انجام پذیرفت. ۲۱ روز پس از کاشت تعداد بوته سبزشده در هر پلات و میانگین تعداد ساقه در هر بوته شمارش شد. در انتهای فصل رشد، اندازه‌ی غده‌ها، تعداد غده در هر بوته و تعداد غده در واحد سطح اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCELL استفاده گردید.

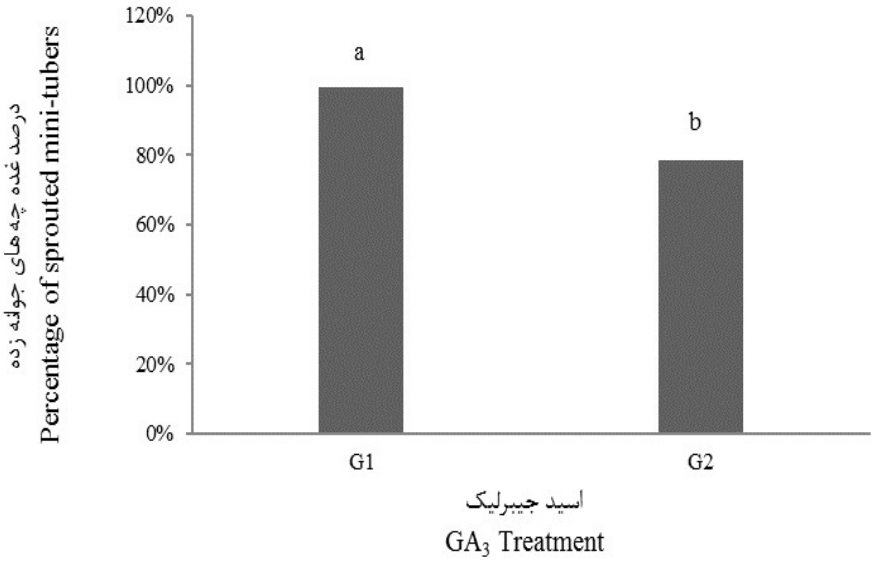
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که از میان فاکتورهای مورد مطالعه فقط اسید جیبرلیک تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد غده‌چه جوانه‌زده داشته است به‌طوری‌که تعداد آن‌را از ۷۸/۳۵ به ۹۹/۴۸ درصد رسانده است (شکل ۱). این یافته با گزارش‌های تعدادی از دانشمندان که بیان کرده‌اند اسید جیبرلیک در کاهش خواب جوانه‌های انتهایی و افزایش تعداد جوانه‌ها و فعال‌شدن آن‌ها مؤثر است، مطابقت دارد (Petric *et al.,* 2013; Salimi *et al.*, 2010; Hassanpanah *et al.*, 2007; Rezaei and Soltani, 1998; Hartmans and Van, 1979; Lommen, 1993; Holmes *et al.,* 1970).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه بر ویژگی‌های جوانه‌زنی غده‌چه سیب‌زمینی
Table 1. Variance analysis of the effect of studied factors on germination characteristics of potato minituber

		میانگین مربعات Mean of squares		
منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	درصد غده‌چه‌های جوانه‌زده Sprouted minitubers percentage	تعدادجوانه در غده‌چه Number of minitubers bud	طول جوانه در غده‌چه Length of minitubers bud
تکرار Replication	3	0.084	0,625	0.56
اسید جیبرلیک GA_3	1	6.972**	42.025**	94.479**
سرما Cold	4	0.094 ns	3.187*	4.624*
اسید جیبرلیک × سرما $GA_3 \times$ Cold	4	0.126 ns	3.462*	4.546*
خطا Error	27	0.098	11.567	0.28
ضریب تغییرات CV٪	-	12.18	0.995	14.792

*** و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار**
*** and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively and "ns" is not significant.**



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد غده‌چه جوانه‌زده در سطوح مختلف اسید جیبرلیک
G1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G2: شاهد
Figure 1. Mean comparison of sprouted mini-tubers percentage at different levels of GA_3
G1: 1000ppmGA_3, G2: Control

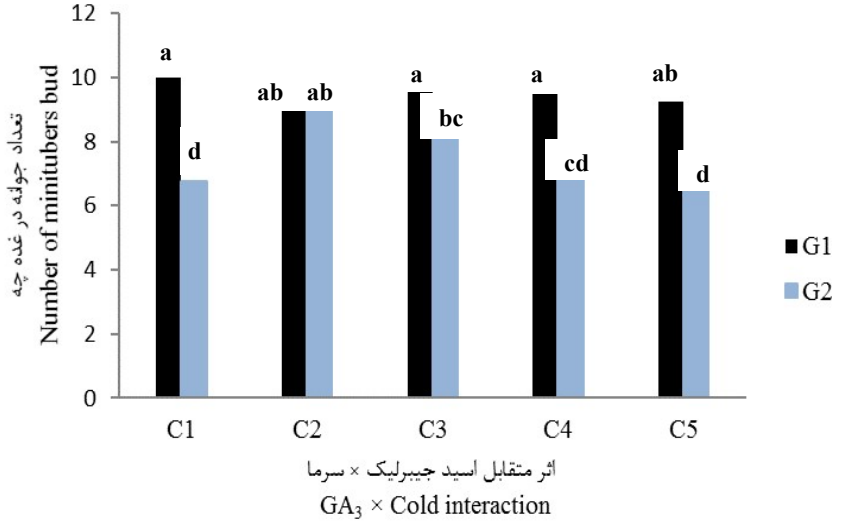
در پژوهش صورت‌گرفته توسط خورشیدی و حسن‌پناه (Khorshidi and Hassanpanah, 2007) گزارش شد که اسید جیبرلیک را می‌توان به‌طور مؤفقیت‌آمیزی برای شکستن خواب غده‌چه‌های سیب‌زمینی رقم آگریا مورد استفاده قرار داد. این پژوهشگران اضافه نمودند از آن‌جا که پوست از ورود مواد شیمیایی جلوگیری می‌کند، اسید جیبرلیک فقط زمانی در شکست خواب غده مؤثر خواهد بود که روی قطعات غده یا غده‌هایی که پوست آن‌ها نازک است (مثل غده‌های تازه برداشت‌شده) به‌کار گرفته شود. مرتضوی‌بک و همکاران (Mortezavibak *et al*., 2004)

در تحقیقی که در سال ۱۳۸۳ انجام دادند، نتیجه گرفتند که شوک سرما می‌تواند خواب غده در ارقام خواب کوتاه و متوسط را بشکند و نیاز به استفاده از هورمون در این ارقام نیست. در تحقیق دیگری حسن‌آبادی (Hassanabadi, 1998) نتیجه گرفت که خیساندن غده‌ها در محلول ۸ قسمت در میلیون بنزیل آمینوپورین به همراه ۱۶ قسمت در میلیون اسید جیبرلیک و یا خیساندن غده‌ها در محلول ۲۴ قسمت در میلیون اسید جیبرلیک بیش‌ترین تعداد غده بیدارشده و بیش‌ترین تعداد جوانه روی غده را نسبت به سایر موارد داشته است (Hassanabadi, 1998).

نتایج تجزیه واریانس ارایه شده (جدول ۱) نمایانگر این موضوع است که اثر متقابل فاکتور هورمونی و شوک سرمایی بر تعداد جوانه در هر غده‌چه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. تیمار غده‌چه‌ها توسط اسید جیبرلیک سبب شده که جوانه‌زنی غده‌چه‌ها به‌شدت تحریک شود به‌طوری‌که در این شرایط میانگین تعداد جوانه در هر غده‌چه در سطوح مختلف فاکتور دیگر (سرما) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، درحالی‌که در صورت عدم استفاده از اسید جیبرلیک تعداد جوانه در هر غده‌چه در سطوح مختلف فاکتور سرما متفاوت بوده است (شکل ۲). در این شرایط کم‌ترین تعداد جوانه در غده‌چه (۶/۵ جوانه در هر ۱۰ غده‌چه) مربوط به تیمار شاهد بوده که در آن غده‌چه‌ها بدون آن‌که تحت تأثیر اسید جیبرلیک (G_2) و سرما (C_2) باشند در شرایط جوانه‌دارشدن قرار گرفته بودند درحالی‌که با اعمال سرما تعداد جوانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). در شکل ۲ نشان داده شده است که در صورت عدم استفاده از اسید جیبرلیک با طولانی‌تر شدن دوره سرمادهی تعداد جوانه در غده‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و در سه هفته سرمای متناوب به حد تیمار شاهد رسیده است. بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد اسید جیبرلیک تعداد جوانه در غده‌چه را آن‌چنان افزایش داده که تأثیر متفاوت سطوح فاکتور سرما بر این صفت از میان رفته است. در آزمایشی که مرتضوی‌بک و همکاران (Mortezavibak *et al.*, 2004) بر روی ارقام مختلف سیب‌زمینی با خواب کوتاه، متوسط و بلند انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تغییرات درونی که در اثر شوک سرمایی در غده سیب‌زمینی ایجاد می‌شود برای شکست خواب در ارقامی که غده آن‌ها خواب کوتاه داشتند، کافی بوده است اما در ارقامی که خواب غده آن‌ها بلند بوده است (مانند رقم مارفونا)، به‌دلیل این‌که در زمان اعمال تیمار سرمایی غده‌ها هنوز مراحل ابتدائی خواب را سپری می‌کرده‌اند، غلظت جیبرلین درون‌زاد به اندازه‌ای کم بوده که شوک سرمائی به تنهایی تأثیری در شکست خواب غده نداشته و درصورتی‌که همراه با اسید جیبرلیک به‌کار برده‌شده اثر بهتری داشته است (Mortezavibak *et al.*, 2004) بنابراین به‌نظر می‌رسد برای شکستن خواب غده در ارقامی که غده آن‌ها دارای خواب طولانی هستند، بهتر است از هر دو روش مکانیکی و شیمیایی برای شکست خواب غده استفاده نمود.

از عوامل تعیین‌کننده عملکرد در سیب‌زمینی تعداد ساقه در متر مربع است که توسط تراکم کاشت و نسبت تعداد جوانه‌هایی که به ساقه تبدیل می‌شوند، تعیین می‌شود. بنابراین، تنظیم تعداد ساقه در متر مربع توسط تیمار غده‌ها و تراکم کاشت از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به قیمت زیاد غده‌چه‌های سیب‌زمینی افزایش تراکم کاشت مقرون به صرفه نمی‌باشد. بنابراین افزایش تعداد جوانه در غده‌چه توسط تیمارهای شیمیایی به‌خصوص زمانی که غده‌چه‌ها مدت کمی پس از برداشت کشت می‌شوند و ممکن است به‌دلیل غالبیت انتهایی تعداد جوانه در غده‌چه پایین باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است اما گاهی اوقات که تیمارها باعث افزایش بیش‌از حد تعداد جوانه می‌شوند، در چنین حالتی غده مادری به‌خاطر کوچک‌بودن و کمبود مواد ذخیره‌ای قادر به حمایت تمامی جوانه‌ها نیست و رقابت شدیدی در بین جوانه‌ها بر سر مواد غذایی به‌وجود می‌آید. همچنین تعداد زیاد جوانه موجب افزایش تنفس و تبخیر از غده‌چه شده و موجب تخلیه مواد غذایی غده مادری قبل از کاشت می‌شود. از بین فاکتورهای مورد مطالعه اثر متقابل اسید جیبرلیک و سرما تأثیر معنی‌داری بر میانگین طول جوانه در غده‌چه داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها در شکل ۳ بیانگر این موضوع است که در صورت تیمار غده‌چه‌ها با اسید جیبرلیک (به‌میزان ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) میانگین طول جوانه در غده‌چه‌هایی که تحت تیمار سرمایی نبودند (C_1) و یا این‌که دو هفته متوالی تحت تیمار سرما قرار گرفته بودند (C_3) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. در این شرایط کم‌ترین میزان طول جوانه نیز در غده‌چه‌هایی بود که سه هفته متوالی (C_4) و یا سه هفته متناوب (C_5) تیمار سرمایی را تجربه کرده بودند، درحالی‌که در

صورت عدم کاربرد اسید جیبرلیک واکنش طول جوانه در غده‌چه کاملاً متفاوت از زمانی بود که غده‌چه‌ها تحت تیمار هورمونی قرار گرفته بودند به این ترتیب که در صورت عدم استفاده از تیمار هورمونی تفاوت معنی‌داری بین میانگین طول جوانه در سطوح مختلف تیمار سرمایی وجود نداشت. در پژوهشی که توسط سلیمی و همکاران (Salimi *et al*., 2010) بر روی جوانه‌زنی غده‌چه سیب-زمینی انجام شد، گزارش گردید که استفاده از دی‌اکسید کربن و اسید جیبرلیک باعث افزایش طول جوانه در غده-چه سیب‌زمینی شد (Salimi *et al.,* 2010).

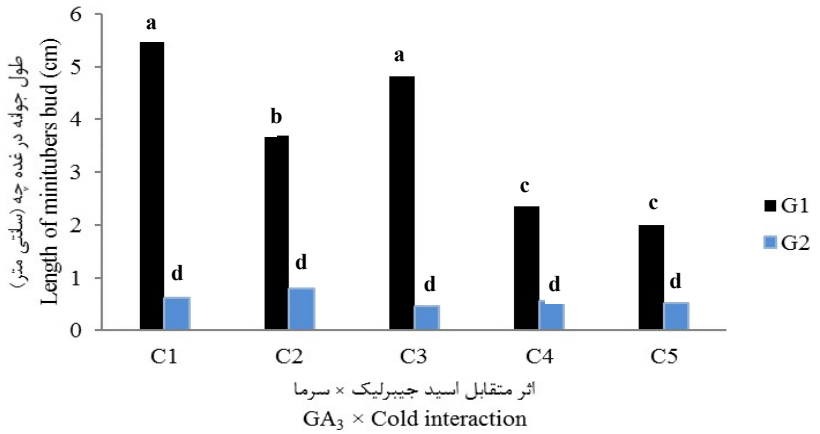


شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد جوانه در غده‌چه در سطوح مختلف اثر متقابل اسید جیبرلیک × سرما
G1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G2: شاهد، C1: بدون سرما، C2: یک هفته سرما، C3: دو هفته سرمای متوالی، C4: سه هفته سرمای متوالی، C5: سه هفته سرمای متناوب

Figure 2. Mean comparison of number of minitubers bud in GA_3×Cold interaction
G1: 1000 ppm GA, G2: Control, C1: no cold, C2: a week of cold, C3: two weeks of cold, C4: three consecutive weeks of cold, C5: three intermitant weeks of cold.

در پژوهشی دیگر مشخص شد که اندازه جوانه قدرت بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش گزارش شد که اگر غده‌چه‌ها با جوانه‌های بلند (تا ۸ میلی‌متر) کشت شوند، زمان لازم برای سبزشدن آنها کم‌تر خواهد شد. این موضوع سبب می‌شود که چنین غده‌چه‌هایی شانس بیش‌تری برای سبزشدن سریع‌تر داشته و امکان فرار آن‌ها از عوامل بیماری‌زای خاک بیش‌تر باشد (Lommen, 1994).

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۲ نمایانگر آن است که از میان فاکتورهای مورد مطالعه، فاکتور اسید جیبرلیک تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر درصد استقرار مزرعه‌ای غده‌چه-های سیب‌زمینی داشته است به‌طوری‌که میانگین درصد غده‌چه‌های استقرار یافته در شرایط مزرعه‌ای در سطوح مختلف اسید جیبرلیک با یکدیگر مقایسه شده و نشان داده شده است که تیمار غده‌چه‌های سیب‌زمینی با اسید جیبرلیک درصد استقرار مزرعه‌ای آن‌را به‌طور معنی‌داری افزایش داده و میانگین آن‌را از ۳۹/۱۷ درصد به ۷۱/۱۳ درصد رسانده است (شکل۴). در آزمایش مشابهی که توسط مرتضوی‌بک و همکاران (Mortezavibak *et al*., 2004) انجام شد، عنوان گردید شکست خواب غده‌های سیب‌زمینی با استفاده از اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز مزرعه‌ای در ارقام کنکورد، مارفونا و دیامانت شد. در این پژوهش رقم دیامانت پس از تیمار با اسید جیبرلیک با جوانه‌زنی ۶۵/۶ درصد بالاترین درصد سبز مزرعه‌ای را در میان تیمارها داشت.



شکل ۳- مقایسه میانگین طول جوانه در غده‌چه‌ها در سطوح مختلف اثر متقابل اسید جیبرلیک × سرما
G_1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G_2: شاهد، C_1: بدون سرما، C_2: یک هفته سرما، C_3: دو هفته سرمای متوالی، C_4: سه هفته سرمای متوالی، C_5: سه هفته سرمای متناوب

Figure 3. Mean comparison of lenght of minitubers bud in GA_3× Cold interaction. G_1: 1000 ppm GA, G_2: Control, C_1: no cold, C_2: a week of cold, C_3: two weeks of cold, C_4: three consecutive weeks of cold, C_5: three intermitant weeks of cold.

بیش‌ترین عملکرد مزرعه‌ای مربوط به غده‌چه‌هایی بوده که به‌مدت سه هفته در معرض سرمای متناوب بوده‌اند، درحالی‌که کم‌ترین تعداد غده تولیدشده در واحد سطح (۷ عدد غده در واحد سطح) مربوط به غده‌چه‌های شاهد بوده که بدون آن‌که تحت تیمار اسید جیبرلیک و یا شوک سرمایی قرار گرفته باشند کشت شده بودند (شکل ۵). در آزمایش دیگری که توسط مرتضوی‌بک و همکاران (Mortezavibak *et al*., 2004) انجام گردید گزارش شده است که استفاده از اسید جیبرلیک برای خواب‌شکنی غده‌های سیب‌زمینی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به عدم استفاده از تیمار خواب‌شکنی می‌شود. همچنین خواب‌شکنی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد ارقام کنکورد و دیامانت شد اما در عملکرد ارقام کوزیما و آگریا تأثیر معنی‌داری نداشت. طبق نتایج تجزیه واریانس ارائه‌شده در جدول شماره ۲، از میان فاکتورهای مورد مطالعه فاکتور اسید جیبرلیک تأثیر معنی‌داری (با ضریب همبستگی منفی) بر اندازه غده‌های تولیدشده در مزرعه داشت و میانگین اندازه غده‌ها در شرایط مزرعه‌ای را از ۲/۸۸ سانتی‌متر به ۲/۴۷ سانتی‌متر کاهش داده است (شکل ۶). همچنین گزارش شده است که کاربرد اسید جیبرلیک در مقادیر زیاد، اغلب موجب تحریک رشد طولی ساقه، کاهش تشکیل ریشه، تأخیر در غده‌زایی، رشد زیاد اندام‌های هوایی و بدشکلی غده می‌شود (Khorshidi and Hassanpanah, 2007; Rezaei and Soltani, 1998; Mirlohi and Khaiamnekouhi, 2004)

در جدول ۳ نشان داده شده است که بین تعداد غده‌چه‌های جوانه‌زده و تعداد جوانه در هر غده‌چه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود دارد. به بیان دیگر با افزایش تعداد غده‌چه جوانه‌زده، تعداد جوانه در هر غده‌چه نیز افزایش پیدا کرده است. چنین مشاهده‌ای بیانگر آن است که در شرایط مناسب جوانه‌زنی به‌دلیل تحریک جوانه‌ها و شکست خواب در آن‌ها، تعداد جوانه‌هایی که شروع به فعالیت می‌نمایند در کل غده‌چه‌ها رو به افزایش می‌گذارد و این موضوع محدود به جوانه انتهایی نیست. همچنین در این آزمایش مشخص شد با افزایش تعداد جوانه‌ها در غده‌چه‌ها، طول گیاهچه و تعداد گیاهچه استقرار یافته نیز افزایش یافته است اما تعداد غده در هر گیاهچه و اندازه غده‌های حاصل در مزرعه کاهش پیدا کرده است. یقیناً افزایش تعداد جوانه بیدار شده در هر غده‌چه منجر به افزایش تعداد گیاهچه استقرار یافته در واحد سطح مزرعه خواهد گردید. با افزایش تراکم بوته‌های استقراریافته در واحد سطح به دلیل رقابت پیش‌آمده بین بوته‌ها، تعداد غده تولیدشده در هر بوته کم‌تر شده و اندازه آن‌ها نیز کوچک‌تر خواهد شد.

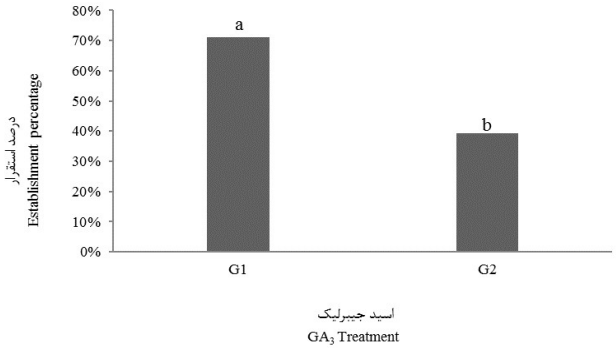
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای سرمایی و محرک رشد اسید جیبرلیک بر ویژگی‌های غده‌چه سیب‌زمینی

Table 2. Variance analysis of cold treatment and GA_3 on characteristics of potato minituber

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares		
		درصد استقرار Establishment percentage	تعداد غده در واحد سطح Tubers number per unit area	اندازه غده در مزرعه Tuber size in the field
تکرار Replication	3	0.433	0.025	0.436
اسید جیبرلیک GA_3	1	96.1**	13.225**	1.656*
سرما Cold	4	2.025 ns	3.087*	0.003 ns
اسید جیبرلیک × سرما GA_3× Cold	4	0.975 ns	1.537*	0.001 ns
خطا Error	27	1.544	0.487	0.087
ضریب تغییرات CV%	-	13.229	13.48	11.022

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively and "ns" is not significant

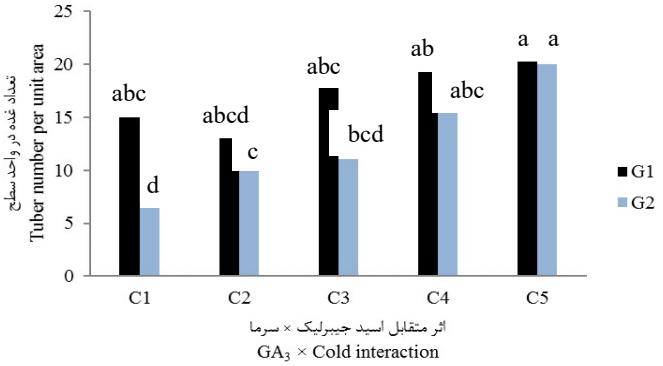


شکل۴- مقایسه میانگین درصد استقرار مزرعه‌ای در سطوح مختلف اسید جیبرلیک

G1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G2: شاهد بدون اعمال اسید جیبرلیک

Figure 4. Mean comparison of establishment percentage at different levels of GA_3

G_1: 1000ppm GA_3, G_2: Control

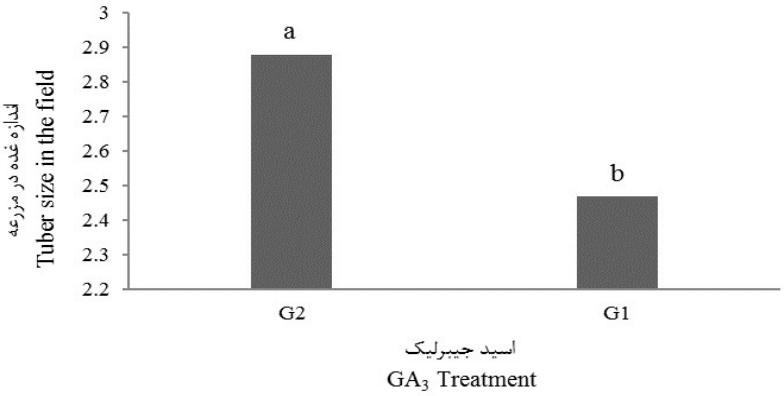


شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد غده‌چه‌ها در شرایط مزرعه‌ای در سطوح مختلف اثر متقابل اسید جیبرلیک×سرما

G_1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G_2: شاهد بدون اعمال اسید جیبرلیک، C_1 : بدون سرما، C_2: یک هفته سرما، C_3: دو هفته سرمای متوالی، C_4: سه هفته سرمای متوالی، C_5: سه هفته سرمای متناوب

Figure 5. Mean comparison of field yield in GA_3× Cold interaction.

G_1: 1000 ppm GA_3, G_2: Control, C_1: no cold, C_2: a week of cold, C_3: two weeks of cold, C_4: three consecutive weeks of cold, C_5: three intermitant weeks of cold



شکل ۶- مقایسه میانگین اندازه غده در مزرعه در سطوح مختلف اسید جیبرلیک

G_1: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، G_2: شاهد بدون اعمال اسید جیبرلیک

Figure 6. Mean comparison of tuber size at different levels of GA_3

G_1: 1000ppm GA_3, G_2: Control.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه غده‌چه سیب‌زمینی

Table 3. The correlation between studied traits of potato minituber

صفات Traits	تعداد جوانه در غده‌چه Number of buds in minituber	تعداد غده‌چه جوانه‌زده Sprouted tuber number	طول گیاهچه Seedling length	تعداد گیاهچه استقرار یافته Number of established seedling	تعداد غده‌چه در هر گیاهچه Number of minitubers per seedling	تعداد غده‌چه در واحد سطح Number of minitubers per unit area	اندازه Size
تعداد جوانه در غده‌چه Number of buds in minituber	1	0.76**	0.76**	0.74**	-0.41**	0.31	-0.39*
تعداد غده‌چه جوانه‌زده Sprouted tuber number	0.76**	1	0.64**	0.60**	-0.41**	0.17	-0.47**
طول گیاهچه Seedling length	0.76**	0.64**	1	0.67**	-0.52**	0.19	-0.48**
تعداد گیاهچه استقرار یافته Number of established seedling	0.74**	0.60**	0.67**	1	-0.41**	0.64**	-0.65**
تعداد غده‌چه در هر گیاهچه Number of minitubers per seedling	0.41**	0.46**	-0.52**	-0.41**	1	0.38*	0.25
تعداد غده‌چه در واحد سطح Number of minitubers per unit area	0.31	0.18	0.20	0.64**	0.38*	1	-0.51**
اندازه Size	-0.39*	-0.47**	-0.48**	-0.65**	0.25	-0.51**	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively and "ns" is not significant

در این تحقیق مشخص شد که بین تعداد گیاهچه استقرار یافته با تعداد غده‌چه تولیدشده در واحد سطح همبستگی مثبت و کاملاً معنی‌داری وجود داشته است (جدول ۳). با توجه به این‌که استفاده از اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده تولیدشده در واحد سطح شد (شکل ۵) و با توجه به وجود رابطه منفی بین تعداد و اندازه غده در سیب‌زمینی (Wurr *et al*., 1993)، کاهش اندازه غده در شرایط استفاده از اسید جیبرلیک امری منطقی و محتمل به‌نظر می‌رسد.

بنابراین افزایش تراکم بوته در واحد سطح علی‌رغم این‌که سبب کاهش تعداد غده تولیدشده در هر بوته شده اما تعداد غده تولیدشده در واحد سطح را افزایش داده است. این مشاهده با نتیجه گزارش‌شده در آزمایش پرویزی (Parvizi, 2006) مطابقت دارد که عنوان نمود تعداد ساقه در بوته با میزان عملکرد کل و عملکرد بذری همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته است؛ پرویزی، فتایی و همکاران و Kaminski نتایج مشابهی را گزارش نمودند (Parvizi, 2006; Fataei *et al*., 2000; Kaminski, 1977).

نتیجه‌گیری

کاربرد اسید جیبرلیک باعث شکست خواب در غده‌چه سیب‌زمینی شده و جوانه‌زنی آن‌را به‌شدت تحریک نمود. تحریک جوانه‌زنی با افزایش معنی‌دار تعداد جوانه در غده‌چه و افزایش طول جوانه همراه بود. با توجه به این‌که تیمار غده‌چه‌ها توسط اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار استقرار مزرعه‌ای آن‌ها شده است و نیز با توجه به این‌که تیمار اسید جیبرلیک و سه هفته سرمای متناوب سبب شده است که غده‌چه‌های سیب‌زمینی بیش‌ترین تعداد غده در واحد سطح را تولید نمایند، توصیه می‌شود که غده‌چه‌های سیب‌زمینی قبل از کشت به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک قرار گرفته و سپس به مدت ۳ هفته متناوب در سردخانه در معرض دمای ۲ درجه سلسیوس قرار گیرند.

منابع

AkramGhaderi, F., Kamkar, B. and Soltani, A. 2013. Seed Science and Technology. ACECR of Mashhad Press. pp: 173-198. (In Persian)**(Journal)**

Alavi Shahri, H. 1988. Report on training and research in Peru. Number 30. Promotional published Journal by the Center for Agricultural Research in Khorasan. PP: 35. (In Persian)

Anonymous. 2015. Statistics of Agriculture. Volume I: Ministry of Agriculture. (In Persian)

Asghari, R. and Fathi, M. 2011. The basic principles and methods for producing of prebasic potato seed. ACECR. (In Persian)

Bewley, J. D. and Black, M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. Second Edition. Plenum Press., New York. (In Persian)**(Book)**

Fataei, A., Ghandomkar, S., Valizade, M., Hosseinzade, A. and Zargarzade, F. 2000. Effect of priming and harvesting date on yield, storage and health of three major varieties of potatoe. Journal of Crop Sciences, 2: 10-24. (In Persian)**(Journal)**

Gopal Chamali, J. A. and Sarakar, D. 2004. In vitro production of microtuber for conservation of potato germplasm: effect of genotype, abscisic acid, and sucrose. In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant, 40: 485- 490. **(Journal)**

Hartmans, K. J. and Van, A. 1979. The influence of growth regulators GA_3, ABA, Kinetin and IAA on sprout and root growth and plant development using excised potato buds. Biomedical and Life Science, 22: 319-332. **(Journal)**

Hassanabadi, H. 1998. Evaluation of different methods of dormancy breaking in potato seed tuber. The final report of research project. Seed and Plant Improvement Institute, PP: 30. (In Persian)**(Journal)**

Hassanpanah, D., Shahriari, R., Shamel, E. and Fathi, L. 2007. The effect of thiourea and gibberellic acid on potato mini-tubers dormancy breaking. The Fifth Congress of Horticultural Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian)**(Conference)**

Holmes, J. C., Lang, R. W. and Singh, A. K. 1970. The effect of five growth regulators on apical dominance in potato seed tubers and on subsequent tuber production. Potato Research, 13: 342-352. **(Journal)**

Jeffrey, C. S. 2009. Ethlene is not involved in hormone- and bromoethane-induced dormancy break in russet burbank minitubers. American Journal of Potato Research, 86: 278-285. **(Journal)**

Kafi, M., Khaninejad, S. and Hessam Arefi, I. 2012. Effect of priming on dormancy breaking and seedling establishment of caper *(Cappariss pinosa* L.). International Conference on Applied Life Sciences. **(Conference)**

Kaminski, R. 1977. Phenotypic and genotypic correlation of morphological and physiological character of potato. Genetica Polonica, 18: 125-133. **(Journal)**

Khorshidi, M. and Hassanpanah, D. 2007. The effect of gibberellic acid on dormancy of potato mini-tubers. Journal of New Agricultural Sciences, 12: 11-20. (In Persian)**(Journal)**

Lommen, W. J. M. 1993. Post-harvest characteristics of potato mini-tuber with different fresh weights and different harvests. I: Dry-matter concentration and dormancy. Potato Research, 36: 265-272. **(Journal)**

Lommen, W. M. J. 1994. Effect of weight of potato minitubers on sprout growth, emergence and plant characteristics at emergence. Potato Reseach, 37: 315-322. **(Journal)**

Mirlohi, A. and Khaiamnekouei, M. 2004. Tissue culture lexicon. Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran, 366p. (In Persian)**(Book)**

Mortezavibak, A., Aminpour, R. and Pouriaievali, M. 2004. Study on the possibility of summer planting of two potato varieties using dormancy breaking methods of potato seed tuber. Journal of Research and Construction*,* 73: 79-86. (In Persian)**(Journal)**

Parvizi, K. 2006. Qualitative and quantitative study of new early and late potato varieties. Journal of Research and Development, 79: 80-90. (In Persian)**(Journal)**

Petric, M., Jevremovice, S., Trifunovic, M., Tadic, V., Milosevice, S., Dragicevic, M. and Subotic, A. 2013. The effect of low temperature and GA_3 treatments on dormancy breaking and activity of antioxidant enzymes in *Fritillariamele agrisbulblets* cultured in vitro. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 3223-3236. **(Journal)**

Rezaei, E. and Soltani, A. 1998. Potato cultivation. Mashhad ACECR Publications. 179 p. (In Persian)**(Book)**

Salimi, K. H., Hosseini, M. B., Struik, P. C. and Tavakkol Afshari, R. 2010. Carbon disulphide promotes sprouting of potato minitubers. Australian Journal of Crop Sciences, 4: 163-168. (In Persian)**(Journal)**

Tekalign, T. and Hammes, P. S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. Plant Growth Regulation, 43: 227-236. **(Journal)**

Tekalign, T. and Hames, P. S. 2005. Response of potato grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol. II: Tuber attributes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 33: 43-51. **(Journal)**

Van Ittersum, M. K. and Scholte, K. 1993. Dormancy shortening of seed potatoes by haulm application of gibberellic acid and storage temperature regimes. American Journal of Potato Research*,* 70: 7-19. **(Journal)**

Wurr, D. C. E. and Allen, E. J. 1976. Effects of cold treatments on the sprout growth of three potato varieties. The Journal of Agricultural Science, 86: 221-224. **(Journal)**

Wurr, D. C. E., Fellows, J. R., Lynn, J. R. and Allen, E. J. 1993. The impact of some agronomic factors on the variability of potato tuber size distribution. Potato Research, 36: 237-245. **(Journal)**

Study on the effect of cold stress and Gibberellic acid (GA_3) on dormancy breaking of potato minituber

Ali Asghar Mahmoudi[1], Babak Darvishi[2*], Siroos Mansourifar[3], Mohammad Hasan Jafari Sayadi[3]

Received: March 15, 2016 Accepted: June 6, 2016

Abstract

To study the effect of gibberellic acid and cold shock on dormancy breaking of potato minitubers Var. Agria, a factorial experiment based on completely randomized design with four replications was used. Studied factors included: 1. Gibberellic acid (1000 ppm and Control) and 2. Cold shock at 2°C (C_1: no cold, C_2: a week of cold, C_3: two weeks of cold, C_4: three consecutive weeks of cold, C_5: three intermitant weeks of cold). Germination percentage, number of sprouts/minituber, length of sprouts, field establishment of minitubers and yield/unit area were studied. Results showed that GA significantly stimulated minitubers germination. In the case of 1000 ppm GA, the number of sprouts/minituber was the highest in all levels of cold shock, while in the absence of GA, cold shock significantly increased number of sprouts/minituber and this trait significantly reduced by prolonged cold period. GA significantly increased field establishment of minitubers. In the case of GA, number of produced tubers/unit area was not significantly different in cold shock levels while in the absence of GA, this trait significantly increased by prolonged cold shock.

Key words: Cold shock; Giberellic acid; Potato and Minituber

How to cite this article

Mahmoudi, A. A., Darvishi, B., Mansourifar, S. and Jafari Sayadi, M. H. 2018. Study on the effect of cold stress and Gibberellic acid (GA_3) on dormancy breaking of potato minituber. Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(4): 37-48. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2516

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc student of Agronomy, Branch of Karaj, Payame Noor University, Karaj, Iran
2. Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Branch of Karaj, Payame Noor University, Karaj, Iran
* Corresponding author: bdarvishi_84@yahoo.com