Archive of SID

"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد نهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
(ص ۷۱-۵۹)
*مقاله پژوهشی*

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 9, No.: 3, Autumn 2020
(pp: 59-71)
DOI: 10.22034/ijsst.2019.121712.1199
*Research Article*

# بررسی اثر اسید جیبرلیک، کربن دی سولفید و تیواوره بر شکستن خواب و جوانه‌زنی مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی

**شبنم هسراک[۱]، عبدالرضا باقری[۲]* و رضا ضرغامی[۳]**

۱. گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. عضو هیئت علمی، گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. عضو هیئت علمی، بخش کشت بافت و سلول، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج-ایران
(تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۷/۱۶)

**چکیده**

کاهش دوره خواب مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی از نظر اقتصادی حایز اهمیت است. براین اساس، مطالعه حاضر با هدف شناسایی بهترین ترکیب شکستن دوره خواب مینی‌تیوبرهای دو رقم تجاری اگریا و سانته انجام گردیده است. باتوجه به اثر عوامل مختلف و درک بهتر تاثیر فاکتورهای اثرگذار و میان کنش آنها بر خواب مینی‌تیوبرها، در این مطالعه اثر تیمارهای اسید جیبرلیک ($gl^{-1}$ ۰/۰۷ و ۰/۰۵)، تیواوره ($gl^{-1}$ ۲۰ و ۱۰) و کربن دی سولفید ($mlm^{-3}$ ۵۰ و ۲۵) بر روی دوره خواب بذر، تعداد و طول جوانه تولید شده از مینی‌تیوبرهای دو رقم سیب‌زمینی با دوره‌های رکود متفاوت و سه اندازه مختلف غده (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ cm) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد با وجودیکه تیواوره و کربن دی سولفید اثر مطلوبی بر کاهش دوره خواب داشتند اما بر اساس بررسی پارامترهای جوانه‌زنی، اسید جیبرلیک ($gl^{-1}$ ۰/۰۵) تیمار مناسب جهت کاهش دوره رکود مینی‌تیوبرها محسوب می‌گردد. این تیمار علاوه بر کاهش دوره خواب مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های مختلف در هر دو رقم، اثر مطلوبی بر جوانه‌زنی غده‌های حاصل داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** *Solanum tuberosum*، اگریا، تعداد جوانه، سانته، شکستن خواب بذر.

# Evaluation the effect of gibberellic acid, carbon disulfide and thiourea on breaking the dormancy and germination of potato minitubers

**Sh. Hasrak[1], A. Bagheri[2]* and R. Zarghami[3]**

1. Biotechnology and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Biotechnology and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Associate Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Received: May. 11, 2018 – Accepted: Oct. 08, 2019)

**Abstract**

Reducing the minituber dormancy has economic importance. The current study was aimed to find the best dormancy breaking treatment to reduce minituber dormancy of two commercial varieties (Sante and Agria). Since minituber dormancy period depends on different factors, the individual effects of treatments i.e. $GA_3$ (0.05 and 0.07$gl^{-1}$), thiourea (10 and 20$gl^{-1}$) and $CS_2$ (25 and 50$mlm^{-3}$), genotype background (different dormancy periods), and minituber size (1.5, 2.5 and 3.5cm), were evaluated on minituber dormancy period. In addition to dormancy period, the effects of mentioned factors were investigated on sprout numbers and sprout length. Results showed that although $CS_2$ and thiourea had good effects on the reduction of minituber dormancy, the detailed consideration of derived sprouts showed that it cannot be introduced as an appropriate dormancy breaking treatment. According to the results, $GA_3$ (0.05$gl^{-1}$) was found to be the best treatment for reducing dormancy period in both cultivars. $GA_3$ (0.05$gl^{-1}$), in addition to break the dormancy of different minituber sizes of both cultivars, had good effect on sprouting related parameters of treated minitubers.

**Key words:** Agria, Dormancy Breaking, Sante, *Solanum tuberosum*, Sprout Number.

* Email: abagheri@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID



## مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بعد از ذرت، برنج و گندم، چهارمین گیاه استراتژیک در دنیا بشمار می‌رود (FAO Statistical Pocketbook, 2015). از اینرو استفاده از تکنیک‌های پیشرفته و با کارایی بالاتر در بهبود ازدیاد غده‌های بذری این گیاه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از مینی‌تیوبرها به دلیل برخورداری از ویژگی‌های مطلوبی مانند قابلیت جابجایی و نگهداری طولانی مدت، موجب استقبال گسترده تولید کنندگان سیب‌زمینی از این روش در مقایسه با شیوه‌های قدیمی گردیده است. مینی‌تیوبرها، غده‌های کوچک بذری سیب‌زمینی با اندازه ۲۵-۵ mm می‌باشند که از کشت گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در گلخانه بدست می‌آیند (Struik, 2007). توانایی تولید جوانه یکی از قابلیت‌های اساسی است که هر غده بذری سیب‌زمینی می‌بایست از آن برخوردار باشد (Virtanen *et al.*, 2013). علاوه براین برخورداری از جوانه‌زنی همزمان یکی دیگر از ویژگی‌های مهم غده‌های بذری است که باید در زمان انتخاب رقم به آن توجه گردد (Teper-Bamnolker *et al.*, 2010). دوره خواب بذر یکی از عوامل اصلی محدود کننده استفاده از مینی‌تیوبرها است که موجب به تعویق افتادن رشد و درنتیجه بروز مشکلاتی برای کشاورزان می‌شود (Vreugdenhil, 2007). خواب بذر در سیب‌زمینی تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله ژنوتیپ، فیزیولوژی، شرایط رشد (دوره نوری، دما و مواد مغذی) و شرایط نگهداری پس از برداشت است (Claassens and Vreugdenhil, 2000; Struik, 2006, Struik and Wiersema, 1999; Sonnewald and Sonnewald, 2014). از تیمارهای مختلف دمایی، شیمیایی و هورمونی مانند اسید جیبرلیک ($GA_3$) (Pandey *et al.*, 2000; Lim *et al.*, 2004; Hassan-Pannah *et al.*, 2007; Alexopoulos *et al.*, 2008)، بنزیل آدنین (Sasani *et al.*, 2009)، اتانول (Wróbel *et al.*, 2015)، کربن دی سولفید ($CS_2$) (Coleman, 1998)، رینـدیت (Rehman *et al.*, 2001)، تیواوره ($H_2O_2$) (Rehman *et al.*, 2003)، (Bajji *et al.*, 2007)، اتیلن بروماید (Otroshy and Struik, 2006) و اتیلن کلروهیدرین (Bryan, 1989) برای شکستن خواب بذر استفاده شده است. مطالعات نشان داده است که تیمارهای شیمیایی نسبت به تیمارهای دمایی از کارایی بیشتری برای کاهش دوره رکود غده‌های بذری سیب‌زمینی برخوردارند.

چالشی که در مورد دوره خواب بذر سیب‌زمینی وجود دارد این است که علیرغم مطالعات فراوان انجام شده، پروتکل‌های کاربردی محدودی در این زمینه ارائه گردیده است (Wróbel *et al.*, 2015). از مهمترین دلایل عدم ارائه پروتکل مشخص می‌توان به این مسئله اشاره نمود که دوره خواب علاوه بر شرایط محیطی محل نگهداری (Coleman and Coleman, 2000; Andrenelli et al., 2005)، به عوامل مختلفی بویژه ژنوتیپ بستگی داشته که در یک ژنوتیپ خاص نیز به میزان زیادی تحت تاثیر اندازه مینی‌تیوبر می‌باشد (Mohammadi *et. al.*, 2014). این اثر تاحدی است که با افزایش اندازه غده، از طول دوره خواب کاسته می‌گردد (Suttle, 2007). در مطالعات انجام شده پیرامون مقایسه اثربخشی تیمارهای هورمونی و شیمیایی $CS_2$،$GA_3$ و تیواوره در شکستن خواب مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی توسط سلیمی و همکاران (Salimi *et al.*, 2010a) و گرمچی و همکاران (Germchi *et al.*, 2011)، مشخص گردید که بالاترین غلظت‌های این ترکیبات ($CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$ و تیواوره= ۱۰ $gl^{-1}$) دوره رکود مینی‌تیوبرها را با اختلاف معنی‌داری کاهش می‌دهند. این نتایج در مقایسه با سایر مطالعات، یافته‌های کاربردی‌تری جهت کاهش دوره خواب مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی بشمار می‌روند.

هدف مطالعه حاضر، شناسایی بهترین تیمارهای شیمیایی و هورمونی جهت شکستن خواب مینی‌تیوبرها با



www.SID.ir

Archive of SID



اندازه‌های مختلف می‌باشد. در این راستا، اثر تیمارهای مختلف $GA_3$، تیواوره و $CS_2$ در بهبود کارایی شکستن خواب مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های مختلف دو رقم تجاری اگریا (دوره خواب طولانی) و سانته (دوره خواب متوسط) مورد بررسی قرار می‌گیرند. از آنجاکه تولید کننده در زمان برداشت با مجموعه‌ای از مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های متفاوت و در نتیجه دوره خواب و جوانه‌زنی در زمان‌های مختلف روبرو می‌باشد و همزمان نمودن جوانه‌زنی غده‌ها از نظر اثر برسهولت کار و کاهش هزینه‌ها، اهمیت خاصی برای تولیدکننده و کشاورز دارد، از اینرو یکی دیگر از اهداف این تحقیق پیدا کردن بهترین غلظت تیمارهای شیمیایی و هورمونی جهت اعمال بر مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های مختلف ارقام آگریا و سانته می‌باشد تا بتوان تیماری برای شکستن خواب بذر به تولید کننده معرفی نمود که نه تنها دوره خواب را کاهش دهد بلکه جوانه‌زنی یکنواختی را بدنبال داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

### تولید مینی‌تیوبرهای عاری از ویروس

برای تولید گیاهان سالم و عاری از ویروس سیب‌زمینی، غده‌های دو رقم سانته و اگریا را به صورت گلدانی کشت نموده و پس از جوانه‌زنی و رشد گیاهان، گرما درمانی در دمای ۴۰ °C-۳۰ به مدت ۵ هفته برای از بین بردن ویروس‌ها (برای ویروس‌های مهم X، Y، پیچدگی برگ، M، A و S) انجام گردید. تایید عاری از ویروس بودن گیاهچه‌های حاصل از کشت مریستم‌ها با استفاده از تست الایزا صورت گرفت. ریزازدیادی نمونه‌های سالم به صورت کشت قطعات تک گره در محیط کشت جامد (محیط پایه MS، بدون هورمون، ۳۰ $gl^{-1}$ ساکارز، ۴ $gl^{-1}$ آگار و pH=۵/۷) انجام شد و پس از گذشت ۲۱ روز، گیاهچه‌ها جهت تکمیل دوره رشد به اتاق سازگاری و سپس به گلخانه منتقل شدند. در پایان دوره رشد، برداشت مینی‌تیوبرها انجام شد و بر اساس اندازه، مینی‌تیوبرها به سه گروه غده‌های با قطر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵cm تقسیم شدند. پس از شستشوی مینی‌تیوبرها با آب و تیمار با قارچ کش بنومیل (۱۰٪ و به مدت ۲۰دقیقه) در دمای اتاق نگهداری گردید تا کاملا خشک شوند.

### تیمار مینی‌تیوبرها برای شکستن خواب

از هفت تیمار برای شکستن خواب مینی‌تیوبرها استفاده شد که عبارتند از: $GA_3$ با غلظت‌های ۰/۰۷ $gl^{-1}$ و ۰/۰۵ به مدت دو ساعت، تیواوره با غلظت‌های ۲۰ $gl^{-1}$ و ۱۰ به مدت یک ساعت، $CS_2$ با غلظت‌های ml ۵۰ و ۲۵ به ازای هر مترمکعب ظرف به مدت چهار روز و تیمار شاهد (بدون هیچ گونه تیماری). مینی‌تیوبرها تا زمان جوانه‌زنی در اتاقک رشد با شرایط محیطی دما °C ۱±۲۴، رطوبت ٪۵±۸۵ و تاریکی نگهداری شدند. در طی این مدت مینی‌تیوبرها به طور روزانه بررسی و تاریخ جوانه‌زنی هر مینی‌تیوبر ثبت گردید. رسیدن اندازه جوانه به ۲mm به عنوان پایان دوره خواب مینی‌تیوبر در نظرگرفته شد (Rehman *et. al.*, 2003). تعداد روز از زمان قرار دادن مینی‌تیوبرها در اتاقک رشد تا زمان جوانه‌زنی نیز به عنوان دوره خواب هر غده بذری تعریف گردید. پس از جوانه‌زنی، تعداد و طول جوانه تولید شده از هر مینی‌تیوبر به عنوان پارامترهای مرتبط با جوانه‌زنی و شکستن خواب بذر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

این آزمایش با دو رقم سیب‌زمینی اگریا و سانته و در قالب سه گروه مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ cm و هفت تیمار جهت شکستن خواب بذر $GA_3$ ($gl^{-1}$ ۰/۰۷و ۰/۰۵)، تیواوره ($gl^{-1}$ ۲۰ و ۱۰)، $CS_2$ ($mlm^{-3}$ ۵۰ و۲۵) و تیمار شاهد با شش تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام گردید. پارامترهای طول دوره رکود بذر (روز)، تعداد جوانه حاصل از مینی‌تیوبرهای تیمار شده و طول جوانه تولید شده از هر غده مورد بررسی قرار گرفت. از



www.SID.ir

Archive of SID



نرم افزار MSTAT-C برای تجزیه واریانس و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### اثر تیمارها بر دوره خواب مینی‌تیوبر

تجزیه واریانس طول دوره خواب مینی‌تیوبرها مشخص نمود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین ارقام، اندازه‌های مختلف مینی‌تیوبر، تیمارهای مورد استفاده برای شکستن خواب بذر و اثرات متقابل آنها (به جز اثر متقابل رقم-اندازه غده) در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول۱). مقایسه میانگین اثرات ساده رقم و اندازه مینی‌تیوبر نشان داد که رقم اگریا از دوره رکود طولانی‌تری (۲۴/۴۳ روز) نسبت به رقم سانته (۲۰/۲۷ روز) برخوردار بوده و با افزایش اندازه مینی‌تیوبر، از دوره رکود غده‌های بذری کاسته می‌گردد. علاوه براین تیمارهای هورمونی و شیمیایی مورد استفاده بطور معنی‌داری موجب کاهش قابل ملاحظه دوره رکود مینی‌تیوبرها نسبت به تیمار شاهد گردیدند.

جدول۱-آنالیز واریانس اثرات رقم، اندازه‌های مینی‌تیوبر، تیمارهای مورد استفاده و اثرات متقابل آنها بر دوره خواب مینی‌تیوبرها، تعداد جوانه هر مینی‌تیوبر و طول جوانه تولیده شده از هر مینی‌تیوبر.

Table1-Variance analysis of the effects of cultivars, minituber sizes and treatments on minituber dormancy period, sprout number of each minituber and sprout length.

| تجزیه واریانس Variance analysis | | | |
|---|---|---|---|
| اثر Effect (s) | دوره خواب (روز) Dormancy period (day) | تعداد جوانه هر مینی‌تیوبر Sprout number of each minituber | طول جوانه(mm) Sprout length (mm) |
| A | 6.691 ** | 0.013 ns | 16.086 ** |
| B | 0.792 ** | 5.034** | 8.274 ** |
| A×B | 0.133 ns | 1.167** | 1.927 * |
| C | 82.049 ** | 0.935** | 6.927 ** |
| A×C | 3.058 ** | 0.895** | 1.097 * |
| B×C | 0.693 ** | 0.175 ns | 0.332 ns |
| A×B×C | 0.292 ** | 0.419 * | 0.527 ns |

ns: عدم اختلاف آماری معنی‌دار، ** و * به ترتیب وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ≥ p و ۰/۰۵ ≥ p.

A: رقم ، B: اندازه مینی‌تیوبر، C: تیمار مورد استفاده.

ns: not statistically significant, ** and * Statistically significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.
A: Cultivar; B: Minituber size; C: Treatment.

نتایج بررسی حاضر نشان داد که در هر سه اندازه مختلف مینی‌تیوبرهای رقم سانته در تیمار شاهد نسبت به رقم آگریا از دوره خواب کوتاه‌تری برخوردارند (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در اثرات متقابل رقم، اندازه مینی‌تیوبر و تیمارهای بکارگرفته شده است (جدول ۲ و شکل 1G). علاوه براین بین مینی‌تیوبرهای شاهد دو رقم از نظر طول دوره خواب تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده گردید.

بطور میانگین غده‌های ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵cm سانته و ۳/۵ cm اگریا هر کدام از دوره خواب متفاوتی برخوردار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غده‌های ۱/۵ cm تیمار شاهد رقم اگریا دارای طولانی ترین دوره خواب بذر (۸۰ روز) بوده و در همین رقم نیز، مینی‌تیوبرهای ۲/۵ cm تیمار شده با $20 gl^{-1}$ تیواوره دارای کوتاهترین دوره خواب بذر (۱۲ روز) می‌باشند (جدول ۲ و شکل 1G).



www.SID.ir

Archive of SID



جدول۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه رقم، اندازه‌های مینی‌تیوبر و تیمارهای بکار گرفته شده بر دوره خواب مینی‌تیوبرها و تعداد جوانه هر مینی‌تیوبر.

Table2- Mean comparison of the interaction effects of cultivars, minituber sizes and treatments on minituber dormancy period and sprout number of each minituber.

| مقایسه میانگین‌ها Mean comparison | | | | |
|---|---|---|---|---|
| اثرمتقابل اندازه مینی‌تیوبر و تیمارهای مورد استفاده Minituber size-Treatment interactions | دوره خواب (روز) Dormancy period (day) | | تعداد جوانه هر مینی‌تیوبر Sprout number of each minituber | |
| | رقم اگریا Agria cultivar | رقم سانته Agria cultivar | رقم اگریا Agria cultivar | رقم سانته Sante cultivar |
| B1C1 | 17.0 fghi | 16.0 fghi | 2.5 cdefghi | 3.0 bcdefgh |
| B1C2 | 13.0 ghi | 15.0 ghi | 2.3 defghi | 3.5 bcdefg |
| B1C3 | 16.0 fghi | 16.0 fghi | 1.8 efghi | 1.0 hi |
| B1C4 | 17.0 fghi | 16.0 fghi | 0.5 i | 3.5 bcdefg |
| B1C5 | 18.0 fgh | 13.0 ghi | 0.8 hi | 3.0 bcdefgh |
| B1C6 | 13.1 ghi | 12.5 hi | 1.8 efghi | 1.8 efghi |
| B1C7 | 80.0 a | 64.0 c | 3.8 bcde | 1.5 fghi |
| B2C1 | 17.0 fghi | 18.0 fgh | 4.0 bcde | 2.1 defghi |
| B2C2 | 16.0 fghi | 15.1 fghi | 2.1 defghi | 2.3 defghi |
| B2C3 | 16.1 fghi | 16.0 fghi | 2.3 defghi | 2.1 defghi |
| B2C4 | 17.0 fghi | 16.0 fghi | 2.0 efghi | 1.8 efghi |
| B2C5 | 20.6 f | 13.1 ghi | 1.0 hi | 3.0 bcdefgh |
| B2C6 | 12.0 i | 13.0 ghi | 1.3 ghi | 2.3 defghi |
| B2C7 | 76.6 a | 52.1 d | 4.8 ab | 2.3 defghi |
| B3C1 | 18.3 fg | 17.0 fghi | 3.6 bcdef | 4.3 abcd |
| B3C2 | 15.3 fghi | 15.0 ghi | 4.6 abc | 2.8 bcdefgh |
| B3C3 | 17.0 fghi | 16.0 fghi | 3.8 bcde | 3.0 bcdefgh |
| B3C4 | 16.1 fghi | 15.6 fghi | 4.6 abc | 3.6 bcdef |
| B3C5 | 13.0 ghi | 12.5 hi | 4.3 abcd | 2.1 defghi |
| B3C6 | 13.0 ghi | 12.5 hi | 3.5 bcdefg | 2.5 cdefghi |
| B3C7 | 70.6 b | 41.1 e | 6.3 a | 3.3 bcdefg |

$B_1$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۱/۵ cm، $B_2$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۲/۵ cm، $B_3$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm، $C_1$: $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$، $C_2$: $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، $C_3$: $CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $C_4$: $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$، $C_5$: تیواوره=۱۰ $gl^{-1}$، $C_6$: تیواوره=۲۰ $gl^{-1}$، $C_7$: شاهد.

$B_1$: Minituber diameter=1.5cm; $B_2$: Minituber diameter=2.5cm; $B_3$: Minituber diameter=3.5cm; $C_1$:$GA_3$=0.05$gl^{-1}$, $C_2$:$GA_3$=0.07$gl^{-1}$, $C_3$: $CS_2$=25 $mlm^{-3}$, $C_4$:$CS_2$=50 $mlm^{-3}$, $C_5$: Thiourea=10 $gl^{-1}$, $C_6$: Thiourea =20 $gl^{-1}$, $C_7$: Control.

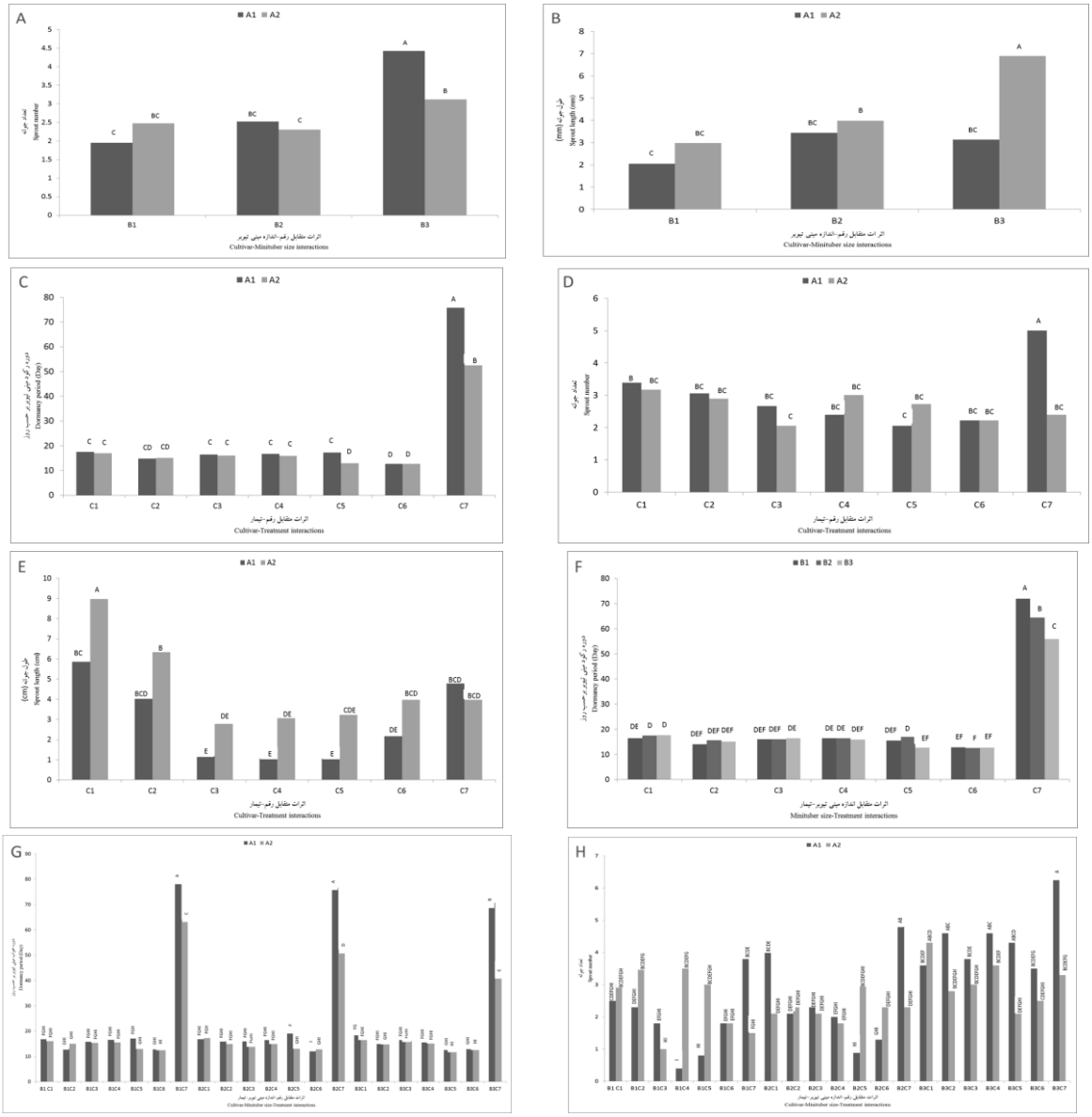
نتایج نشان داد در رقم سانته طولانی ترین دوره خواب بذر در غده‌های ۱/۵ cm تیمار شاهد و به مدت۶۴ روز می‌باشد که در پی تیمار با ۲۰ $gl^{-1}$ تیواوره، این دوره به ۱۲/۵ روز کاهش یافت. لازم به ذکر است که افزایش غلظت تیواوره از ۱۰ به ۲۰ $gl^{-1}$ تاثیر معنی‌داری در کاهش دوره خواب بذر غده‌های رقم سانته نداشت اما افزایش غلظت این ماده شیمیایی، دوره خواب مینی‌تیوبرهای ۱/۵ و ۲/۵ cm اگریا را به ترتیب از ۱۸ به ۱۳ و از ۲۰ به ۱۲/۰ روز رسانید (جدول ۲ و شکل‌های ۱C و ۱G). در مورد تیمار $GA_3$، بهترین پاسخ به کاهش دوره خواب بذر در پی افزایش غلظت این هورمون (از ۰/۰۵ $gl^{-1}$ به ۰/۰۷ $gl^{-1}$) در غده‌های ۲/۵ cm سانته از ۱۸ روز به ۱۵ روز و در غده‌های ۱/۵ cm اگریا از ۱۷ روز به ۱۳ روز بوده است (جدول ۲ و شکل ۱G). هر دوغلظت $CS_2$ توانستند طول دوره خواب مینی‌تیوبرها را صرفنظر از رقم و اندازه غده، بطور میانگین به ۱۶ روز کاهش دهند. افزایش غلظت این ترکیب نتوانست بهبود معنی‌داری در شکستن خواب بذر ایجاد نماید (جدول ۲ و شکل‌های ۱G و ۱F).



www.SID.ir

Archive of SID





شکل ۱-اثرات متقابل دوگانه و سه گانه معنی‌دار رقم، اندازه مینی‌تیوبر و تیمارهای مورد استفاده بر صفات دوره رکود، تعداد و طول جوانه.

A: اثر متقابل رقم- اندازه مینی‌تیوبر بر تعداد جوانه، B: اثر متقابل رقم- اندازه مینی‌تیوبر بر طول جوانه، C: اثر متقابل رقم-تیمار بر دوره رکود، D: اثر متقابل رقم- تیمار بر تعداد جوانه، E: اثر متقابل رقم- تیمار بر طول جوانه، F: اثر متقابل اندازه مینی‌تیوبر-تیمار بر دوره رکود، G: اثر متقابل رقم- اندازه مینی‌تیوبر-تیمار بر دوره رکود، H: اثر متقابل رقم- اندازه مینی‌تیوبر-تیمار بر تعداد جوانه.

ستون‌های با حروف مشترک در هر نمودار از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری ندارند.

$A_1$: رقم اگریا، $A_2$: رقم سانته،$B_1$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۱/۵ cm، $B_2$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۲/۵ cm، $B_3$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm، $C_1$: $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$، $C_2$: $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، $C_3$: $CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $C_4$: $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$، $C_5$: تیواوره=۱۰ $gl^{-1}$، $C_6$: تیواوره=۲۰ $gl^{-1}$، $C_7$: شاهد.

Figure1- Significantly different interaction effects of cultivar, minituber size and treatments on dormancy period, length and number of sprouts.

A: Interaction effects of cultivar-minituber size on sprout number, B: Interaction effects of cultivar-minituber size on sprout length, C: Interaction effects of cultivar-treatments on dormancy period, D: Interaction effects of cultivar-treatments on sprout number, E: Interaction effects of cultivar-treatments on sprout length, F: Interaction effects of minituber size-treatments on dormancy period, G: Interaction effects of cultivar-minituber size-treatment on dormancy period, H: Interaction effects of cultivar-minituber size-treatment on sprout number. The values with different superscript letters in a column are not significantly different.

$A_1$: Agria cultivar; $A_2$: Sante cultivar; $B_1$: Minituber diameter=1.5cm; $B_2$: Minituber diameter=2.5cm; $B_3$: Minituber diameter=3.5cm; $C_1$:$GA_3$=0.05$gl^{-1}$, $C_2$:$GA_3$=0.07$gl^{-1}$, $C_3$: $CS_2$=25 $mlm^{-3}$, $C_4$:$CS_2$=50 $mlm^{-3}$, $C_5$: Thiourea=10 $gl^{-1}$, $C_6$: Thiourea =20 $gl^{-1}$, $C_7$: Control.



www.SID.ir

Archive of SID



براساس نتایج، در درجه اول تیواوره بهترین تیمار جهت کوتاه نمودن دوره خواب مینی‌تیوبرها است چرا که توانسته این دوره را در هر دو رقم به حدود ۱۲ روز کاهش دهد. در این مطالعه رقم‌های سیب‌زمینی پاسخ متفاوتی به تیمار تیواوره داشتند. غلظت‌های مختلف تیواوره اثر مشابهی بر دوره خواب مینی‌تیوبرهای رقم سانته داشت اما با افزایش غلظت این ترکیب، طول دوره خواب مینی‌تیوبرهای با اندازه کوچک و متوسط رقم اگریا کاهش یافت. حسینی و همکاران (Hosseini, *et al.*, 2011) در مطالعه مشابهی با استفاده از تیمار تیواوره با غلظت $gl^{-1}$ ۲۰ و به مدت ۳ ساعت، توانستند دوره خواب مینی‌تیوبرهای تازه برداشت شده رقم مارفونا را نسبت به تیمار $gl^{-1}$۳۰ تیواوره بطور معنی‌داری کاهش دهند. به عبارت دیگر افزایش غلظت تیواوره موجب کاهش معنی‌دار اثر این ترکیب در شکستن دوره خواب غده‌ها شده است.

برخلاف تیواوره، افزایش غلظت $GA_3$ بهبود اثر این تیمار را به دنبال داشت بطوریکه به نظر می‌رسد با افزایش غلظت این هورمون، دوره خواب مینی‌تیوبر در هر دو رقم همچنان کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر مشخص شد که مخلوطی از $GA_3$، تیواوره و دی آمینوزید به صورت معنی‌داری موجب کاهش معنی‌دار محتوای ABA در دو رقم پاسات (دوره خواب متوسط) و دوروتا (دوره خواب طولانی) گردید که حاکی از اثر مثبت این دو ترکیب در کاهش دوره رکود جوانه غده‌های سیب‌زمینی می‌باشد (Wróbel et al., 2017).

در مطالعات پیشین، شناسایی غلظت بهینه $GA_3$ برای شکستن خواب مینی‌تیوبرها توصیه گردیده است (Khorshidi-Benam and Hassan-Panah, 2008). محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2014) در تحقیقی در مورد اثر تیمارهای $GA_3$، تیواوره و $CS_2$ گزارش دادند که این ترکیبات نه تنها قادر به کاهش طول دوره خواب مینی‌تیوبرها در رقم‌های اگریا و بورن هستند بلکه بیشترین کاهش دوره رکود در پی تیمار $GA_3$ با غلظت ppm ۵۰ بوده است. در تحقیق حاضر نیز افزایش غلظت $GA_3$ از $gl^{-1}$ ۰/۰۵ به $gl^{-1}$ ۰/۰۷ موجب کاهش دوره خواب مینی‌تیوبرها گردید.

اگرچه $CS_2$ اثر کاهنده ای بر دوره خواب مینی‌تیوبرها داشته است اما افزایش غلظت آن، تاثیر یکسانی بر دوره رکود غده‌های با اندازه‌های مختلف دو رقم نداشت. به همین دلیل غلظت بالاتر این ترکیب تیمار قابل توصیه ای برای شکستن دوره رکود بذر نمی‌باشد. سلیمی و همکاران (Salimi *et al.*, 2010a) گزارش نمودند که در پی تیمار مینی‌تیوبرهای رقم اگریا با وزن‌های ۰/۳، ۰/۷ و ۱/۵ g با $GA_3$ ($gl^{-1}$ ۰/۰۵) و $CS_2$ ($mlm^{-3}$ ۲۵)، توانستند دوره خواب غده‌ها را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دهند. در بررسی انجام شده توسط آنها مشخص گردیدکه دوره خواب بذر با افزایش وزن مینی‌تیوبر، در مقایسه با شاهد به میزان کمتری کاهش یافت که از این نظر با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

همانطور که در شکل۲ نشان داده شده است، در رقم اگریا اعمال همه تیمارها به جز $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، تیواوره= ۱۰ $gl^{-1}$ و شاهد، موجب جوانه‌زنی یکنواخت مینی‌تیوبرهای با اندازه‌های مختلف گردید. اما در رقم سانته تنها تیمارهای $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$ و شاهد، جوانه‌زنی غیریکنواختی را بدنبال داشتند و تیمارهای دیگر از این نظر از اثر قابل قبولی برخوردار بودند (شکل ۳). در هر دو رقم میزان نوسان جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف بسیارکمتر از شاهد بوده وتوصیه می گردد تولیدکننده با درنظر گرفتن سایرجوانب، آنها را برای شکستن خواب مینی‌تیوبرها انتخاب نماید.

### تعداد جوانه تولید شده از هر مینی‌تیوبر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تعداد جوانه بوجود آمده پس از اعمال تیمارها نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین اثر اندازه‌های مختلف غده، نوع تیمار، اثر متقابل رقم –تیمار و همچنین اثر متقابل رقم– اندازه مینی‌تیوبر در سطح ۱ درصد است. علاوه براین، همانطور

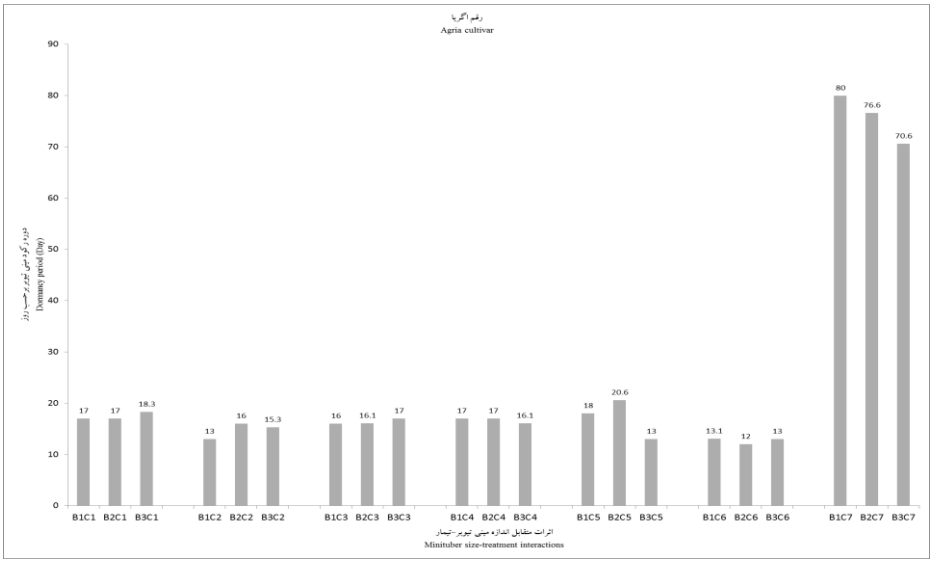


www.SID.ir

Archive of SID



کـه در جـدول ۱ آورده شـده، اثـر متقابـل معنـی‌داری در سـطح ۰/۰۵ بـین رقـم- نـوع تیمـار-انـدازه‌هـای مختلـف مینی‌تیوبر نیز وجود دارد.

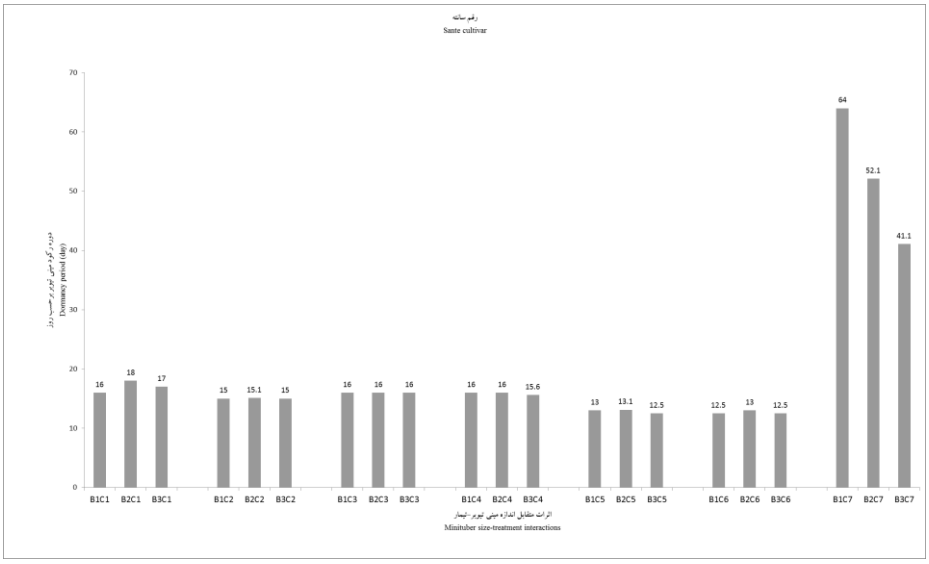



شکل۲- اثر متقابل اندازه مینی‌تیوبرهای رقم اگریا و تیمارهای بکار گرفته شده بر دوره خواب مینی‌تیوبرها.

Figure2-Dormancy period of Agria minitubers with different sizes in response to dormancy breaking treatments.

$B_1$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۱/۵ cm، $B_2$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۲/۵ cm، $B_3$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm، $C_1$: $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$، $C_2$: $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، $C_3$: $CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $C_4$: $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$، $C_5$: تیواوره=۱۰ $gl^{-1}$، $C_6$: تیواوره=۲۰ $gl^{-1}$، $C_7$: شاهد.

$B_1$: Minituber diameter=1.5cm; $B_2$: Minituber diameter=2.5cm; $B_3$: Minituber diameter=3.5cm; $C_1$:$GA_3$=0.05$gl^{-1}$, $C_2$:$GA_3$=0.07$gl^{-1}$, $C_3$: $CS_2$=25 $mlm^{-3}$, $C_4$:$CS_2$=50 $mlm^{-3}$, $C_5$: Thiourea=10 $gl^{-1}$, $C_6$: Thiourea =20 $gl^{-1}$, $C_7$: Control.




شکل۳- اثر متقابل اندازه مینی‌تیوبرهای رقم سانته و تیمارهای بکار گرفته شده بر دوره خواب مینی‌تیوبرها.

Figure3-Dormancy period of Sante minitubers with different sizes in response to dormancy breaking treatments.

$B_1$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۱/۵ cm، $B_2$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۲/۵ cm، $B_3$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm، $C_1$: $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$، $C_2$: $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، $C_3$: $CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $C_4$: $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$، $C_5$: تیواوره=۱۰ $gl^{-1}$، $C_6$: تیواوره=۲۰ $gl^{-1}$، $C_7$: شاهد.

$B_1$: Minituber diameter=1.5cm; $B_2$: Minituber diameter=2.5cm; $B_3$: Minituber diameter=3.5cm; $C_1$:$GA_3$=0.05$gl^{-1}$, $C_2$:$GA_3$=0.07$gl^{-1}$, $C_3$: $CS_2$=25 $mlm^{-3}$, $C_4$:$CS_2$=50 $mlm^{-3}$, $C_5$: Thiourea=10 $gl^{-1}$, $C_6$: Thiourea =20 $gl^{-1}$, $C_7$: Control.



www.SID.ir

Archive of SID



از نظر تعداد جوانه تولید شده میان ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید بطوریکه رقم گریا از نظر این صفت، نسبت به رقم سانته برتری دارد. براساس مقایسه میانگین‌ها، با افزایش اندازه مینی‌تیوبر بر تعداد جوانه‌های حاصل از هر غده افزوده می‌گردد. بررسی اثر تیمارها بر تعداد جوانه حاصل از هر غده، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر این صفت می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم-اندازه مینی‌تیوبر-تیمار، نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین تعداد جوانه تولید شده ازغده‌های با اندازه مختلف هر دو رقم در پی اعمال تیمارهای مختلف است (جدول۲ و شکل۱H). در بررسی حاضر، با افزایش غلظت تیمارهای هورمونی و شیمیایی نسبت به غلظت اولیه آنها، افزایش معنی‌داری در تعداد جوانه‌های تولید شده از مینی‌تیوبر هر رقم مشاهده نگردید (جدول۲ و شکل۱D). بر این اساس به نظر میرسد که تعداد جوانه به میزان زیادی تحت کنترل ژنتیکی بوده و نسبت به دوره رکود، اثر پذیری کمتری را دارا می‌باشد. تنها یک استثنا در این مورد مشاهده شد و آن هم در مینی‌تیوبرهای ۱/۵ cm رقم سانته که با افزایش غلظت تیمار $CS_2$ از $mlm^{-3}$ ۲۵ به $mlm^{-3}$ ۵۰، تعداد جوانه‌ها بطور معنی‌داری از ۱/۰ به ۳/۵ عدد افزایش یافت (جدول۲ و شکل۱D). باتوجه به نقش ABA در تداوم دوره خواب مینی‌تیوبرها (Suttle, 2004; Muthoni et al., 2014)، برخورداری غده‌های کوچکتر از دوره رکود بالاتر و نقش تیواوره در بهبود جوانه‌زنی از طریق ازبین بردن اثر غالبیت جوانه اصلی و فراهم نمودن امکان جوانه‌زنی برای جوانه‌های کوچکتر هر چشم (Sadawarti et al., 2016)، می‌تواند بیانگر حساسیت بیشتر مینی‌تیوبرهای ۱/۵ cm رقم سانته به افزایش غلظت تیمار $CS_2$ و بروز این استثنا باشد. به نظر میرسد مقدار این تیمار به اندازه ای نبوده که بتواند چنین واکنشی را در مینی‌تیوبرهای کوچک رقم اگریا ایجاد نماید. با توجه به اندازه کوچک مینی‌تیوبرها (۱/۵ cm)، افزایش تعداد جوانه‌های تولید شده در غده‌های مادری کوچک و محدود بودن مواد مغذی موجود در آن، رقابت بالایی را میان جوانه‌های ایجاد شده جهت دسترسی به مواد غذایی ایجاد نموده و احتمالا کاهش بنیه آنها را بدنبال خواهد داشت. علاوه براین باتوجه به روند افزایشی رشد جوانه‌ها، تنفس مینی‌تیوبرهای مادری افزایش یافته که تحلیل غده قبل از کاشت را به همراه دارد که این مطلب می‌تواند کارایی پس از کشت غده‌های کوچک در خاک را کاهش دهد (Mahmoudi et al., 2018). بر این اساس غلظت بالای $CS_2$، تیمار مطلوبی برای مینی‌تیوبرهای کوچک بشمار نمی‌رود.

بیشترین تعداد جوانه ای که از هر مینی‌تیوبر در رقم‌های اگریا و سانته تولید شده به ترتیب ۶/۳ جوانه (تیمار شاهد غده‌های ۳/۵ cm) و ۴/۳ جوانه (تیمار $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$ مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm) بوده است. علاوه براین، بطور کلی بیشترین تعداد جوانه تولید شده پس از اعمال تیمارها نیز در رقم اگریا (۴/۶ جوانه حاصل از تیمار غده‌های ۳/۵cm با $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$ و $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$) مشاهده شده است (جدول۲ و شکل۱D). این مطلب نشان می‌دهدکه رقم اگریا نسبت به رقم سانته نه تنها توانسته در تیمار شاهد تعداد جوانه بیشتری تولید نماید بلکه پس از اعمال تیمارها نیز قادر به حفظ این برتری نسبت به رقم سانته بوده است (جدول۲ و شکل‌های ۱A و۱D). در مطالعه مانی و همکاران (Mani *et al.*, 2013) نیز نتایج مشابهی گزارش گردیده است. آنها نشان دادند که استفاده از تیواوره (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰mM) می‌تواند دوره خواب بذر را در میکروتیوبرهای سیب‌زمینی و غده‌های حاصل از کشت در مزرعه کاهش داده و جوانه‌زنی غده‌ها را بهبود ببخشد اما بالابردن غلظت این ترکیب تغییری در بهبود جوانه‌زنی به دنبال نداشت. بررسی سلیمی و همکاران (Salimi *et al.*, 2010b) بیانگر این مطلب بود که هرچند دو تیمار $GA_3$ و $CS_2$ نسبت به شاهد، موجب کاهش دوره خواب ریز غده‌ها شدند اما از



www.SID.ir

Archive of SID



نظر آماری این دو تیمار درکاهش دوره خواب ریزغده‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. در صورتی که استفاده از دو تیمار $GA_3$ و $CS_2$ برای شکستن خواب مینی‌تیوبرها، تفاوت معنی‌داری در تعداد جوانه تولید شده از هر ریزغده را در پی داشتند، بطوریکه با تیمار $GA_3$ و $CS_2$ به ترتیب از هر مینی‌تیوبر ۳/۳۳ و ۳/۰۵ جوانه تولید گردیدکه در مقایسه با ۱/۴۸جوانه تولید شده از تیمار شاهد، افزایش معنی‌داری را نشان دادند که از این نظر با نتیجه بررسی حاضر و تحقیق‌های دیگراختلاف چشمگیری دارد.

## طول جوانه تولید شده

تجزیه واریانس طول جوانه‌های تولید شده پس از طی دوره خواب بذر نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو رقم سیب‌زمینی، بین تیمارها و میان اندازه‌های مختلف مینی‌تیوبرها در سطح ۱ درصد است (جدول ۱). علاوه براین، میان کنش رقم-اندازه غده و رقم-تیمار در سطح ۵ درصد نیز اثر معنی‌داری بر طول جوانه تولید شده داشته است (جدول۱). مقایسه میانگین اثر رقم و اندازه غده بر طول جوانه تولید شده از هر غده، نشان داد که مینی‌تیوبرها رقم سانته قادر به تولید جوانه‌های با طول بیشتر (۴/۶۱ cm) نسبت به رقم اگریا (۲/۸۷ cm) می‌باشند و با افزایش اندازه غده، طول جوانه ای که از هر مینی‌تیوبر تولید می‌شود افزایش می‌یابد. علاوه براین استفاده از تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری از نظر طول جوانه‌ها در پی داشتند. براساس مقایسه میانگین میان کنش رقم- تیمار می‌توان گفت استفاده از تیمار $GA_3$(۰/۰۵ $gl^{-1}$) توانسته طول جوانه تولید شده در رقم سانته (۸/۹ mm) نسبت به تیمار شاهد (۳/۹ mm) را بطور معنی‌داری افزایش دهد (جدول۳ و شکل1E).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم-تیمار و رقم-اندازه مینی‌تیوبر بر طول جوانه تولید شده پس از طی دوره رکود مینی‌تیوبرها.

Table3-Mean comparison of interaction effects of cultivars- treatments and cultivars-minituber sizes on length of each sprout.

| مقایسه میانگین<br>Mean comparison | | |
|---|---|---|
| اندازه مینی تیوبر(B) و تیمار (C)<br>Minituber size (B) and Treatment (C) | طول جوانه (mm)<br>Sprout length (mm) | |
| | رقم اگریا<br>Agria cultivar | رقم سانته<br>Sante cultivar |
| B1 | 2.0 c | 2.9 bc |
| B2 | 3.4 bc | 3.9 b |
| B3 | 3.1 bc | 6.8 a |
| C1 | 5.8 bc | 8.9 a |
| C2 | 4.0 bcd | 6.3 b |
| C3 | 1.1 e | 2.7 de |
| C4 | 1.0 e | 3.0 de |
| C5 | 1.0 e | 3.2 cde |
| C6 | 2.1 de | 3.9 bcd |
| C7 | 4.7 bcd | 3.9 bcd |

$B_1$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۱/۵ cm، $B_2$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۲/۵ cm، $B_3$: مینی‌تیوبرهای با قطر ۳/۵ cm، $C_1$: $GA_3$=۰/۰۵ $gl^{-1}$، $C_2$: $GA_3$=۰/۰۷ $gl^{-1}$، $C_3$: $CS_2$=۲۵ $mlm^{-3}$، $C_4$: $CS_2$=۵۰ $mlm^{-3}$، $C_5$: تیواوره=۱۰ $gl^{-1}$، $C_6$: تیواوره=۲۰ $gl^{-1}$، $C_7$: شاهد.

$B_1$: Minituber diameter=1.5cm; $B_2$: Minituber diameter=2.5cm; $B_3$: Minituber diameter=3.5cm; $C_1$:$GA_3$=0.05$gl^{-1}$, $C_2$:$GA_3$=0.07$gl^{-1}$, $C_3$: $CS_2$=25 $mlm^{-3}$, $C_4$:$CS_2$=50 $mlm^{-3}$, $C_5$: Thiourea=10 $gl^{-1}$, $C_6$: Thiourea =20 $gl^{-1}$, $C_7$: Control.



www.SID.ir

Archive of SID



کمترین طول جوانه تولید شده (حدود ۱mm) در پی تیمار با هر دو غلظت $CS_2$ و تیواوره با غلظت $10\ gl^{-1}$ در رقم اگریا ثبت گردید که طول آن بطور معنی‌داری از طول جوانه‌های حاصل از تیمار شاهد کمتر بوده است (جدول۳ و شکل۱E). میان کنش رقم- اندازه مینی‌تیوبر در اثر بر روی طول جوانه اهمیت خاصی دارد که در این مطالعه نیز مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مینی‌تیوبرهای ۳/۵ cm رقم سانته، جوانه‌هایی با طول ۶/۸ mm تولید نموده اندکه نسبت به سایر نمونه‌های این مقایسه، از بیشترین طول جوانه برخوردار بود (جدول۳ و شکل۱B).

در این مطالعه با افزایش اندازه مینی‌تیوبرهای هر دو رقم، طول جوانه تولید شده از هر مینی‌تیوبر افزایش یافت. علاوه براین، افزایش غلظت هیچ یک از تیمارهای مورد استفاده در هر دو رقم (به جز تیمار $GA_3$در رقم سانته) اثر معنی‌داری در بهبود طول جوانه نداشت. جیبرلین‌ها قادر به شکستن دوره خواب بذر هستند (Herrera *et al* 1991). براین اساس گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از این ترکیب بر غده‌های سیب‌زمینی وجود دارد که این ترکیب نه تنها موجب کاهش دوره خواب غده‌های بذری شده بلکه افزایش تعداد و طول جوانه‌های حاصل از تیمار غده‌ها را بدنبال داشته است (Lorreta *et al.*, 1995; Mani *et al.*, 2014). سلیمی و همکاران (Salimi *et al.*, 2011) نیز تایید نموده‌اند که تیمار $GA_3$با غلظت $0/05\ gl^{-1}$ منجر به افزایش طول جوانه شده و این در حالی است که تیمار تیواوره کاهش طول جوانه را بدنبال داشت. نتایج مشابهی نیز توسط خورشیدی و حسن‌پناه (Khorshidi and Hassanpanah 2009) گزارش شده است که غده‌های بزرگتر به دلیل برخورداری از بنیه قوی‌تر، جوانه‌های طویل تر تولید می‌کنند. نتایج فوق در تطابق با یافته‌های این مطالعه است که تیمار مینی‌تیوبرها با هر دو غلظت $GA_3$در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار طول جوانه‌ها گردیده است. علاوه براین، طول جوانه‌های حاصل از تیمار مینی‌تیوبرها با $CS_2$و اتیلن بطور میانگین کوتاهتر از جوانه‌های حاصل از تیمار شاهد بوده است.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی اثر تیمارهای $GA_3$، $CS_2$و تیواوره در شکستن خواب مینی‌تیوبرها دو رقم اگریا و سانته، تعداد و طول جوانه‌های تولید شده از هر غده پس از طی دوره خواب بذر، نشان دهنده این است که اعمال تیمارهای $GA_3$، $CS_2$و تیواوره تغییرات معنی‌داری در صفات مورد بررسی داشته است. نتایج نشان دادند که تیمار $GA_3$ با غلظت $0/05\ gl^{-1}$ موجب کاهش دوره رکود در هر دو رقم سیب‌زمینی گردید و اثر منفی بر تعداد و طول جوانه تولید شده هر مینی‌تیوبر نداشت. علاوه براین افزایش غلظت $GA_3$نه تنها اثر مشابهی داشت بلکه تاثیر نامطلوبی بر پارامترهای مورد بررسی در پی نداشته است. باتوجه به هدف این مطالعه در معرفی بهترین تیمار جهت شکستن دوره خواب مینی‌تیوبر همراه با اثرات مطلوب بر پارامترهای مربوط به جوانه‌زنی و با مقایسه با نتایج بدست آمده می‌توان توصیه نمود که تیمار مینی‌تیوبرها با $GA_3$ ($0/05\ gl^{-1}$) گزینه مناسبی برای کاهش دوره خواب مینی‌تیوبرها می‌باشد.

## سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۲۲۸۹۹ معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می شود.



www.SID.ir

Archive of SID



## Reference منابع

**Alexopoulos, A.A., G. Aivalakis, K.A. Akoumianakisa, and H.C. Passam. 2008.** Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed. Postharvest Biol. Technol. 49: 424–430.

**Andrenelli, L., Palchetti, E., Malandrino, L., Espen, L. and V. Vecchio. 2005.** In vitro study for dormancy in new potato clones. EAPR July, Bilbao. 785-787.

**Bajji, M., M.M. Hamdi, F. Gastiny, J.A. Rojas-Beltran and P. Jardin. 2007.** Catalase inhibition accelerates dormancy release and sprouting in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11 (2): 121-131.

**Bryan, J. E. 1989**. Breaking dormancy of potato tubers. CIP Research Guide 16.

**Classens, M.M.J. and D. Vreugdenhil. 2000.** Is dormancy breaking of potato tubers the reverse of tuber initiation? Potato Res. 43:347-369.

**Coleman, W. 1998.** Carbon Dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber dormancy release and sprout growth. Ann Bot. 82: 21-27.

**Coleman, W. K. and S. E. Coleman. 2000.** Modification of potato microtuber dormancy during induction and growthin vitro orex vitro. Am. J. Potato Res. 77: 103-110.

**FAO Statistical Pocketbook. 2015.** World Food and Agriculture. FAO, Rome.

**Germchi, S., M. B. Khorshidi-Benam, D. HassanPanah, and F. Shekari. 2011.** Effect of thiourea on dormancy breaking and minituber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Agria in greenhouse experiment. J. Food Agric. Environ. 9 (3&4): 379-382.

**Hassan-Panah, D., R. Shahryari, A. Shamel, and L. Fathi. 2007.** Iranian Hortic. Sci. Congr., 5th, Shiraz Univ., Iran. (In Persian)

**Herrera, J., R. Alizaga, and E. Guerara. 1991.** Effects of hydrogen cyanamide and gibberellic acid on tuber dormancy development and yield of potatoes. Agron. costarric. 15: 29-35.

**Hosseini, M., R. Afshari, and K. Salimi. 2011.** Breaking dormancy of potato minitubers with thiourea. Potato J. 38 (1): 9-12.

**Khorshidi, M.B., and D. Hassanpanah. 2009.** Effect of gibberellic acid on Agria potato tuber breaking dormancy. J. Mod. Sci. 12: 11-20.

**Khorshidi, M. B., and D. Hassan-Panah. 2008.** Effect of gibberellic acid on dormancy breaking of Agria potato seed mini-tubers. Agroecology J. 4(3): 11-20.

**Lim, H.T., C.S. Yoon, S.P. Choi, and S. P. Dhital. 2004.** Application of gibberellic acid and paclobutrazol for efficient production of potato (*Solanum tuberosum* L.) minitubers and their dormancy breaking under soilless culture system. J. Kor. Soc. Hortic. Sci. 45(4):189-193.

**Lorreta, L., G. Miktzel, and F. Nora. 1995.** Dry gibberellic acid combined with tale and fir bark enhances early and tuber growth of shepody. Am. Potato J. 72: 5.

**Mahmoudi, A. A., Darvishi, B., Mansourifar, S. and M. H. Jafari Sayadi. 2018.** Study on the effect of cold stress and gibberellic acid ($GA_3$) on dormancy breaking of potato minituber. Iranian J. Seed Sci. Res. 4: 37-48.

**Mani, F., T. Bettaieb, N. Doudech, and C. Hannachi. 2013.** Effect of hydrogen peroxide and thiourea on dormancy breaking of microtubers and field-grown tubers of potato. Afr. Crop Sci. J. 21(3): 221- 234.

**Mani, F., T. Bettaieb, N. Doudech, and C. Hannachi.** 2014. Physiological mechanisms for potato dormancy release and sprouting: A review. Afr. Crop Sci. J. 22(2): 155-174.

**Mohammadi, M.S., A. Kashani, S. Vazan, and F. Hasani. 2014.** Evaluation of potato mini-tubers dormancy breaking affected by various chemicals, genotype and mini-tuber size. Int. J. Biosci. 4(6):100-108.



www.SID.ir

Archive of SID



**Muthoni, J., Kabira, J., Shimelis, H. and R. Melis. 2014.** Regulation of potato tuber dormancy: A review. Aust. J. Crop Sci. 8: 754.

**Otroshy, M. and P.C. Struik. 2006.** Utilization of tissue culture techniques in a seed potato tuber production scheme. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.

**Nandi, S. K., Pandey, H., Nadeem, M., and L. M. S. Palni. 2000.** Chemical stimulation of seed germination in Aconitum heterophyllum Wall, and A. balfourii Stapf. : Important Himalayan species of medicinal value. Seed Sci. Technol. (Switzerland). 28(1): 39-48.

**Rehman, F., Lee, S.K., Kim, H.S., Jeon, J.H., Park, J. and H. Joung. 2001.** Dormancy breaking and effects on tuber yield of potato subjected to various chemicals and growth regulators under greenhouse conditions. Online J. Biol. Sci. 1 (9): 818-820.

**Rehman, F., S. K. Lee, H. Joung, and A. Khabir. 2003.** Evaluation of various chemicals on dormancy breaking and subsequent effects on growth and yield in potato microtubers under greenhouse conditions. Acta Hortic. 619:375-381.

**Sadawarti, M. J., Pandey, K., Singh, B. and R. Samadiya. 2016.** A review on potato microtuber storability and dormancy. J. Nat. Appl. Sci. 8: 2319-2324.

**Salimi, Kh., R. Tavakkol Afshari, M.B. Hoseini, and P.C. Struik. 2010a.** Effects of gibberellic acid and carbon disulphide on sprouting of potato minitubers. Sci. Hortic. 124: 14–18.

**Salimi, Kh., S.M. Hoseini, and R. Tavakkol Afshari. 2011.** Effect of type and application time of chemicals on dormancy breaking of potato minitubers. Iranian J. of Field Crop Sci. 42:157-164.

**Salimi, Kh., S.M. Hoseini, R. Tavakkol Afshari, and J. Gohari. 2010b.** Evaluation of the response of potato cultivars and various size of minitubers to the dormancy breaking methods. Iranian J. of Field Crop Sci .41:163-169. (In Persian)

**Sasani, R., H.R. Khazaei, and A. Nezami. 2009.** Effects of gibberellin, benzyl adenine, zeatine hormones and temperature on dormancy breaking of potato minituber (*Solanum tuberosum*). J. Hortic. Sci. 23(2): 61-67.

**Sonnewald S, and U. Sonnewald. 2014.** Regulation of potato tuber sprouting. Planta. 239(1), 27-38.

**Struik P.C. 2006. Struik, P.C. 2006.** Physiological age of the seed potato, NJF seminar 386. Seed Potatoes: Physiological age, diseases and variety testing in the Nordic countries. 1-2 Feb. 2006, Sigtuna, Sweden.

**Struik, P.C. 2007.** The canon of potato science: 25- minitubers. Potato Res. 50:305–308.

**Struik, P.C. and S.G. Wiersema. 1999.** Seed Potato Technology. Wageningen Academic Publishers.

**Suttle, J. C. 2004.** Physiological regulation of potato tuber dormancy. Am. J. Potato Res. 81: 253.

**Suttle, J. C. 2007**. Dormancy and sprouting. In Potato biology and biotechnology. Elsevier Science BV.

**Teper-Bamnolker, P., N. Dubai, R. Fischer, E. Belausov, H. Zemach, O. Shoseyov, and D. Eshel. 2010.** Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. Planta, 232: 179-186.

**Virtanen, E., H. Häggman, Y. Degefu, A. Välimaa, and M. Seppänen. 2013.** Effects of production history and gibberellic acid on seed potatoes. J. Agric. Sci. 5 (12): 145-153. Published by Can. Cent. Sci. educ.

**Vreugdenhil, D. 2007.** The canon of potato science. 39. Dormancy. Potato Res. 50: 371–373.

**Wróbel, S., J. Kęsy, and K. Treder. 2015.** Effect of ethanol and plant growth regulators on termination of potato microtuber dormancy. Plant Breed. Seed Sci. 71(1): 23-36.

**Wróbel, S., Kęsy, J. and K. Treder. 2017.** Effect of growth regulators and ethanol on termination of dormancy in potato tubers. Am. J. Potato Res. 94: 544-555.



www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir