

## تأثیر پیش تیمارهای جیبرلیک اسید و انجماد بر برخی ویژگی‌های تنژگی بذر دو گونه بادام وحشی در شرایط درون و برون شیشه‌ای<sup>۱</sup>

### Effect of Pre-treatments of Gibberellic Acid and Freezing on some Seed Germination Traits of Two Wild Almond Species under *in vitro* and *in vivo* Conditions

مهری اسدی و اختر شکافنده<sup>۲\*</sup>

#### چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر پیش تیمار جیبرلیک اسید ( $GA_3$ ) و انجماد بر تنژگی بذر و رشد گونه‌های بادام کوهی و ارژن، سه آزمایش در شرایط درون و برون شیشه‌ای<sup>۳</sup> انجام شد. در آزمایش اول، اثر سطوح مختلف  $GA_3$  (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) و زمان‌های ۱۲ و ۲۴ ساعت خیسندگی بر تنژگی بذر گونه‌های بادام کوهی و ارژن مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش دوم و سوم به ترتیب اثر دماهای مختلف ۱۸ و ۱۶- درجه سلسیوس بر تنژگی بذر و رشد آنها در محیط خاک و محیط کشت موراشیگی و اسکوگ (MS) بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد، درصد و سرعت تنژگی بذر به‌طور معنی‌داری با کاربرد  $GA_3$  و دمای انجماد نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین طول شاخساره و طول ریشه در گونه بادام کوهی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  و بازه زمانی به ترتیب ۲۴ و ۱۲ ساعت خیسندگی در  $GA_3$  به دست آمد. در شرایط انجماد و در محیط خاک اگرچه بالاترین درصد تنژگی (۹۲) مربوط به گونه بادام کوهی بود، اما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. طول شاخساره هر دو گونه در پیش تیمار انجماد افزایش یافت، اما میزان این افزایش در شرایط درون شیشه‌ای معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان از تیمار انجماد در شرایط خاکی برای تولید پایه‌های بذری بادام کوهی و ارژن در خزانه با مدت زمان کوتاه‌تر و هزینه کمتر نسبت به روش‌های دیگر استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ارژن، بادام کوهی، جیبرلیک اسید، انجماد، تنژگی، *In vitro*.

#### مقدمه

بادام با نام علمی *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb از تیره وردسانان<sup>۴</sup> یکی از قدیمی‌ترین درختانی است که در مناطق معتدله ایران کشت می‌شود. جنس بادام دارای بیش از ۴۰ گونه در نقاط مختلف جهان است که از مجموع گونه‌های بادام بیش از ۳۰ گونه در ایران رویش دارند و از این شمار، ۱۴ گونه شامل ۶ دورگه بین گونه‌ای و ۸ گونه معمولی انحصاری ایران می‌باشند. این گونه‌ها دارای ویژگی‌های ارزشمندی مانند تحمل به شرایط نامساعد محیطی، آفات و بیماری‌ها هستند که افزون بر کاربرد آنها در برنامه‌های به‌نژادی بادام می‌توانند به‌عنوان پایه برای رقم‌های تجاری بادام و آلو برای کنترل رشد سایه‌سار درخت و تحمل در برابر شرایط نامساعد محیطی مورد استفاده قرار بگیرند (۲۶). در زیر جنس *dulcis* گونه‌های زیادی از بادام وحشی با ویژگی‌های گیاه‌شناسی متفاوت قرار دارند که در دامنه بوم‌شناسانه گسترده‌ای رشد می‌کنند (۳۰). از معروف‌ترین این گونه‌ها می‌توان به گونه‌های بادام کوهی (*Prunus scoparia*) و ارژن (*Prunus elaeagnifolia*) اشاره نمود.

گیاهان دارای سازوکارهایی هستند که تنژگی بذر را در مناسب‌ترین فصل سال تنظیم می‌کنند. یکی از این سازوکارهای تنژگی بذر، خفگی بذر است که می‌تواند به‌عنوان ناتوانی موقت یک بذر زنده و سالم به‌منظور تکمیل تنژگی در شرایط مطلوب

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۲۲

۲- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد و دانشیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: ([shkafan@shirazu.ac.ir](mailto:shkafan@shirazu.ac.ir))

Rosaceae -۴

*In vivo* -۳

تعریف شود (۱۴). از آنجایی که بازسازی طبیعی و حفظ بادام وحشی تنها به وسیله بذر انجام می‌شود خفتگی بذر به عنوان یک سازوکار سازگار در جنس *Prunus* از جمله بادام برای جلوگیری از آسیب‌های سرمازدگی محسوب می‌شود (۱۹). اما برطرف نمودن خفتگی بذر به‌ویژه در نژادگان‌های وحشی برای استفاده به‌عنوان پایه و بهره‌مندی از آن‌ها با دشواری‌هایی روبه‌رو است. یکی از مهم‌ترین دشواری‌ها، طولانی بودن دوره تنژگی بذرهای جنس *Prunus* به دلیل وجود خفتگی مرکب فیزیکی و فیزیولوژیک است. حذف پوسته باعث رفع خفتگی فیزیکی و افزایش درصد تنژگی در بذر بسیاری از گونه‌های *Prunus* می‌شود (۱۸، ۲۱). عمل تنژگی و دوره استراحت زیر کنترل ترکیب‌های هورمونی نیز است. در این میان بسیاری از ماده‌های هورمونی مانند هیدروکسید مالیک، آبسازیک اسید، سیانامیدها و ترکیب‌های فنولی بازدارنده تنژگی‌اند (۱۵). در این راستا، استفاده از سرمادهی مرطوب به مدت ۴۵ روز سبب بهینه شدن درصد تنژگی بذر گونه‌های مختلف جنس *Prunus* شده است (۷). تیمار تنظیم‌کننده‌های رشد مانند GA<sub>3</sub> برای سرعت بخشیدن به تنژگی بذر به همراه دیگر روش‌ها مثل خراش‌دهی مورد استفاده قرار گرفته است (۲۳). گزارش‌هایی در ارتباط با اثر انجماد در افزایش تنژگی بذرهای مختلف موجود است، اما به دانسته ما تا امروز گزارشی برای جنس *Prunus* ارائه نشده است. از آنجایی که در شرایط برون شیشه‌ای تنژیدن بذر نژادگان‌های ارژن و بادام کوهی بدون پوسته حتی در گلخانه زیر تأثیر عوامل متغیر محیطی قرار می‌گیرد و اختلال در تنژگی آن‌ها ایجاد می‌شود، امروزه می‌توان از پتانسیل کشت بافت گیاهی برای تنژگی بذر در مدت زمان کوتاه استفاده کرد. بنابراین در این پژوهش اثر پیش تیمارهای GA<sub>3</sub> و انجماد بر تنژگی درون و برون شیشه‌ای بذر دو گونه وحشی بادام مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### ماده‌های گیاهی و محل پژوهش

این پژوهش سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه کشت بافت گیاهی و زیست‌فناوری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز انجام شد و بذرهای دو گونه بادام وحشی به نام‌های بادام کوهی و ارژن مورد استفاده قرار گرفت. بذر بادام کوهی از ارتفاعات ناحیه دروازه قرآن در شیراز و بذر ارژن از منطقه خانه زنیان در بخش دشت ارژن جمع‌آوری شد. برای بررسی تنژگی بذر و رشد بعدی آن‌ها سه آزمایش به‌صورت زیر انجام شد.

### آزمایش اول: اثر سطح‌های مختلف GA<sub>3</sub> بر تنژگی بذر دو گونه بادام کوهی و ارژن

بذرهای بادام کوهی و ارژن بدون پوسته سخت زیر تیمار GA<sub>3</sub> در ۴ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت خیسندگی قرار گرفتند. سپس در شرایط سترون به این ترتیب گندزدایی شدند: به مدت ۱ دقیقه در الکل ۷۰٪ و سپس در محلول تجاری کلراکس ۲۰٪ (دارای هیپوکلرید سدیم ۵٪) به مدت ۱۰ دقیقه به‌صورت غوطه‌وری قرار گرفته و پس از آن سه مرحله شستشو با آب مقطر سترون انجام شد. بذرهای گندزدایی شده روی محیط کشت موراشیگی و اسکوگ<sup>۱</sup> (۲۵) نیم غلظت (MS/2) کشت شدند.

### آزمایش دوم: اثر تیمار انجماد بر تنژگی بذر بادام کوهی و ارژن

بذرهای ارژن و بادام کوهی با پوسته چوبی پس از شستشو، در آب مقطر قرار داده و به مدت یک هفته در دو دمای °C ۱۸ و °C ۱۶- قرار گرفتند. در دمای اتاق هر ۲۴ ساعت آب ظرف عوض شد. پس از خارج نمودن بذر از فریزر و ذوب یخ (ظرف حاوی بذر منجمد شده در دمای اتاق قرار گرفت و یخ در مدت ۴ ساعت آب شد) سپس بذر در ماسه کشت شدند و در گلخانه با دمای °C ۲۵ ± ۲ و رطوبت نسبی ۷۰٪ قرار گرفتند.

### آزمایش سوم

این آزمایش مانند آزمایش دوم تکرار شد با این تفاوت که بذرهای پس از خروج از فریزر به دو گروه تقسیم شدند. یک گروه پس از حذف پوسته چوبی به روش بالا گندزدایی شده و روی محیط کشت موراشیگی و اسکوگ نیم غلظت (MS/2) کشت شدند. گروه دیگر بدون جدا نمودن پوسته در ماسه کشت و در گلخانه با دمای °C ۲۵ ± ۲ و رطوبت نسبی ۷۰٪ قرار گرفتند.

**ویژگی‌های مورد بررسی**

در یک بازه زمانی ۲۰ روز درصد و سرعت تنژگی و پس از ۳۰ روز شاخص‌های رشد شامل طول شاخساره و طول ریشه به‌وسیله خط‌کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در آزمایش اول وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه به‌وسیله ترازو مدل KG 224-1 S آلمان برحسب میلی‌گرم، و وزن تر کل و وزن خشک کل از مجموع وزن تر و خشک شاخساره و ریشه برحسب میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد و سرعت تنژگی به روش Maguire (۲۴) انجام شد.

$$GP = \frac{\sum (100 \times \text{شماربذر جوانه زده تا روز } t)}{\text{شمار کل بذر}} \quad (\text{درصد تنژگی})$$

$$GR = \frac{\sum (n-1)}{n} \quad (\text{سرعت تنژگی})$$

n : تعداد روز

زمان لازم برای انجام ۵۰ درصد تنژگی (T50) بر اساس رابطه زیر محاسبه شد

$$T50 = t_i + (N/2 - n_i) (t_j - t_i) / (n_j - n_i)$$

N : شمار کل بذر تنژیده،  $n_i$  و  $n_j$  شمار بذر تنژیده به‌صورت تجمعی در وضعیت  $n_j < N/2 < n_i$ ،  $t_i - t_j$  زمان (روز) به ترتیب برای شمارش‌های  $n_i$  و  $n_j$ .

**واکاوی داده‌ها**

آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی<sup>۱</sup> (CRD) با ۴ تکرار و در هر تکرار بین ۵ تا ۲۰ بذر برای هر تیمار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۴٫۹ واکاوی و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵، مقایسه شدند.

**نتایج و بحث****اثر GA<sub>3</sub> بر درصد و سرعت تنژگی**

نتیجه‌های مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱) نشان داد که به‌طور کلی بدون در نظر گرفتن تیمار GA<sub>3</sub> و مدت زمان تیمار، درصد تنژگی بادام کوهی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارژن بود. بالاترین درصد تنژگی (۱۰۰) در هر دو گونه در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر GA<sub>3</sub> در بازه زمانی ۲۴ ساعت به دست آمد. هم‌چنین شمار روزهایی که ۵۰٪ تنژگی (T50) اتفاق می‌افتد با افزایش جیبرلیک اسید کاهش یافت. در بادام کوهی در هر دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت با افزایش غلظت GA<sub>3</sub> به ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سرعت تنژگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. سرعت تنژگی بذرهای دو گونه مورد بررسی در سطح‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم GA<sub>3</sub>، تفاوت معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند اما در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید، بالاترین میزان سرعت تنژگی در بادام کوهی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را با دیگر سطح‌های این تنظیم‌کننده رشد گیاهی داشت و در گونه ارژن اگرچه افزایش غلظت جیبرلیک اسید سبب افزایش سرعت تنژگی بذر شد اما تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد یکی از دلایل تفاوت در میزان تنژگی بذرهای مختلف بادام ناشی از میزان متفاوت تنظیم‌کننده‌های رشد موجود در بذر باشد که موجب می‌شود تا گونه‌ها در پاسخ به تیمارهای مختلف، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دهند (۲۷). کاربرد جیبرلیک‌اسید برای غلبه بر خفتگی فیزیولوژیک در بسیاری از جنس‌های گیاهی از جمله جنس *Prunus* به اثبات رسیده است (۴، ۶). بیان‌شده است که مشکل تنژگی بذرهای بادام به دلیل وجود بازدارنده‌های تنژگی در رویان است. تیمار بذرهای جیبرلیک اسید باعث افزایش نسبت جیبرلیک اسید به آبسزیک اسید درون بذر و در نتیجه باعث افزایش درصد تنژگی بذرهای می‌گردد (۱۸). جیبرلین‌ها در کنترل و تسریع تنژگی بذر به‌طور مستقیم دخالت دارند و رشد یاخته را با افزایش ضریب کشسانی دیواره پتانسیل آب یاخته و در نتیجه تسهیل ورود آب به درون یاخته می‌شود. به دنبال این فرآیند طولی شدن یاخته رخ می‌دهد. جیبرلین اثر تسریع کننده در کاهش دوره چینه‌سرمایی و شکستن خفتگی و تنژگی بذرهای یاخته است که نشان دهنده ماهیت

هورمونی خفگی بذر گونه‌های هلو و بادام می‌باشد (۲۱). افزایش سرعت تنژگی بذرهای تیمار شده با جیبرلین ممکن است با کوتاه کردن مدت زمان سوخت‌وساز باعث تسریع تنژگی شده و به دنبال آن به کاهش میانگین زمان تنژگی منجر شود (۱۶).

جدول ۱- اثرهای گونه، مدت زمان و جیبرلیک اسید بر درصد تنژگی، سرعت تنژگی و طول ساقه و ریشه در شرایط درون شیشه ای.

Table 1. Effects of species, duration and GA<sub>3</sub> on percentage of germination, germination rate and shoot and root length in *in vitro* condition.

| گونه<br>Species                      | زمان<br>Time<br>(h) | جیبرلیک اسید<br>GA <sup>3</sup><br>(mg L <sup>-1</sup> ) | زمان ۵۰٪<br>تنژگی<br>T50<br>(Day) | درصد تنژگی<br>Germination<br>(%) | سرعت تنژگی<br>Germination<br>rate | طول شاخساره<br>Shoot length<br>(cm) | طول ریشه<br>Root<br>length<br>(cm) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 12                  | 0                                                        | †9.2 efg                          | 60 bc                            | 0.06 d-g                          | 1.92 efg                            | 7.4 d                              |
|                                      |                     | 50                                                       | 8.2 gh                            | 70 bc                            | 0.09 cde                          | 2.44 c-g                            | 14.9 abc                           |
|                                      |                     | 100                                                      | 7.0 h                             | 100 a                            | 0.14 bc                           | 3.34 abc                            | 15.3 abc                           |
|                                      |                     | 150                                                      | 5.7 h                             | 100 a                            | 0.22 a                            | 4.12 ab                             | 18.6 ab                            |
|                                      | 24                  | 0                                                        | 13.1 ab                           | 45 c                             | 0.06 d-g                          | 1.36 fg                             | 12.10 cd                           |
|                                      |                     | 50                                                       | 12.6 abc                          | 85 ab                            | 0.08 def                          | 2.86 cde                            | 14.86 abc                          |
|                                      |                     | 100                                                      | 11.3 cd                           | 100 a                            | 0.1cd                             | 3.18 bcd                            | 20.4 a                             |
|                                      |                     | 150                                                      | 10.5 def                          | 100 a                            | 0.2 ab                            | 4.48 a                              | 20.5 a                             |
| ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 12                  | 0                                                        | 10.3 cde                          | 45 c                             | 0.02 g                            | 1.08 g                              | 12 cd                              |
|                                      |                     | 50                                                       | 9.5 def                           | 60 c                             | 0.04 efg                          | 1.34 fg                             | 13.58 bcd                          |
|                                      |                     | 100                                                      | 8.7 fgh                           | 65 bc                            | 0.04 efg                          | 2.64 cde                            | 15 abc                             |
|                                      |                     | 150                                                      | 7.9 gh                            | 85 ab                            | 0.06 d-e                          | 2.84 cde                            | 15.88 abc                          |
|                                      | 24                  | 0                                                        | 14.1 a                            | 50 c                             | 0.02 g                            | 2.10 d-g                            | 10.82 cd                           |
|                                      |                     | 50                                                       | 13.9 a                            | 50 c                             | 0.02 g                            | 2.18 c-g                            | 10.84 cd                           |
|                                      |                     | 100                                                      | 12.7 abc                          | 65 bc                            | 0.03 fg                           | 2.8 cde                             | 13.42 bcd                          |
|                                      |                     | 150                                                      | 11.6 bcd                          | 100 a                            | 0.04 efg                          | 3.28 bc                             | 17.14 abc                          |
| اثرهای اصلی<br>Main effects          | گونه<br>Species     | بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i>                     | 9.7 B                             | 82.5 A                           | 0.11 A                            | 2.97 A                              | 13.5 A                             |
|                                      |                     | ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>                      | 11.1 A                            | 68.7 B                           | 0.03 B                            | 2.28 B                              | 15.5 A                             |
|                                      |                     |                                                          |                                   |                                  |                                   |                                     |                                    |
|                                      | GA <sub>3</sub>     | 0                                                        | 11.7 A                            | 51.2 C                           | 0.03 C                            | 1.6 D                               | 9.95 C                             |
|                                      |                     | 50                                                       | 11.1 A                            | 72.5 B                           | 0.06 BC                           | 2.2 C                               | 14.6 B                             |
|                                      |                     | 100                                                      | 9.9 B                             | 88.7 A                           | 0.07 B                            | 2.9 B                               | 16.04 AB                           |
|                                      |                     | 150                                                      | 8.9 C                             | 90 A                             | 0.13 A                            | 3.6 A                               | 18.05 A                            |
|                                      | زمان<br>Time        | 12                                                       | 8.4 B                             | 81.8 A                           | 0.08 A                            | 2.4 A                               | 13.5 A                             |
|                                      |                     | 24                                                       | 12.5 A                            | 69.3 B                           | 0.06 B                            | 2.7 A                               | 15.5 A                             |

†In each column, means with the same letters (small letters for interactions and capital letters for the main effects) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

†در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک (حرف‌های کوچک برای برهمکنش‌ها و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

### طول شاخساره و ریشه

در هر دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت و در هر دو گونه با افزایش غلظت  $GA_3$  از صفر به ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به طول شاخساره افزوده شد (جدول ۱). بیشترین طول شاخساره در گونه بادام کوهی (۴/۴۸ سانتی متر) در تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر جیبرلیک اسید و بازه زمانی ۲۴ ساعت به دست آمد که تفاوت معنی داری را با شاهد نشان داد. هم چنین بیشترین طول ریشه در گونه بادام کوهی در غلظت های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  در تیمار ۱۲ ساعت به دست آمد، اگرچه تفاوت معنی داری در همین غلظت ها با تیمار ۲۴ ساعت نداشت (شکل ۱). در ارژن در هر دو بازه زمانی، اگرچه با افزایش غلظت به ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  طول ریشه افزایش یافت، اما این افزایش معنی دار نبود.

جیبرلین ها باعث تحریک رشد بخش های هوایی گیاه به ویژه ساقه می شوند. جیبرلین باعث فعال سازی آنزیم هیدرولیز کننده آلفا آمیلاز شده و افزایش فعالیت این آنزیم منجر به تجزیه ماده های ذخیره ای و انتقال آن به محور روپان و افزایش رشد گیاه می شود (۲۸). هم چنین، جیبرلیک اسید با تحریک تقسیم یاخته ای و طولیل شدن یاخته و یا هر دو موجب رشد، به ویژه در اندام های هوایی گیاهان مختلف می شود (۲۲). نتیجه های این پژوهش با یافته های Rawat (۲۹) روی انار همسو می باشد. بیان شده است که  $GA_3$  فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز-کسیژناز (روبیسکو) که آنزیم اصلی فتوسنتزی در گیاهان است را افزایش می دهد. هم چنین موجب تحریک ساخت ساکارز و انتقال آن از برگ به آوند آبکش می شود. به احتمال زیاد تحریک ساخت ساکارز و انتقال آن به آوند آبکش در اثر تیمار جیبرلیک اسید نه تنها موجب افزایش رشد در بخش های هوایی گیاه می شود، بلکه بخش دیگری از ماده ها به اندام های زیرزمینی نیز منتقل شده که افزایش رشد ریشه را در پی دارد (۱).

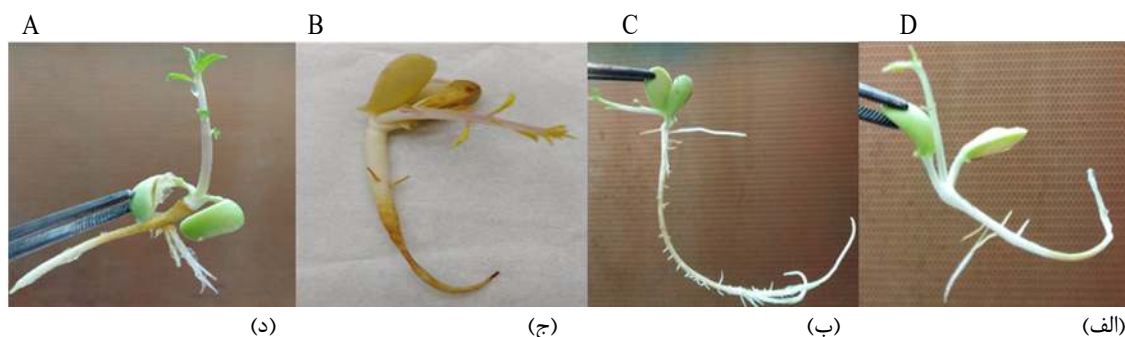


Fig. 1. Effect of  $GA_3$  ( $150 \text{ mg L}^{-1}$ ) on *in vitro* seed germination and growth of Badam Kohi and Arjan. A-B) control and  $GA_3$  treatment in Arjan; C-D) control and  $GA_3$  treatment in Badam kohi.

شکل ۱- اثر  $GA_3$  (۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) بر تنگی بذر و رشد بادام کوهی و ارژن در شرایط درون شیشه ای. الف و ب) شاهد و تیمار  $GA_3$  در بادام کوهی؛ ج و د) شاهد و تیمار  $GA_3$  در ارژن.

### وزن تر شاخساره و ریشه

به طور کلی اختلاف معنی داری در وزن تر شاخساره بین دو گونه بادام کوهی (۹۵۰ میلی گرم) و ارژن (۶۹۰ میلی گرم) مشاهده شد و با افزایش غلظت  $GA_3$  از صفر به ۱۵۰ میلی گرم در لیتر وزن شاخساره به طور معنی داری افزایش یافت. برهمکنش  $GA_3$  و زمان و گونه گیاهی بر وزن تر شاخساره نشان داد که کمترین میزان وزن تر شاخساره مربوط به شاهد و بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  در دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت بود. میزان این شاخص برای بادام کوهی در سطح ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  در بازه زمانی ۱۲ ساعت ۱۲۷۶ میلی گرم و در زمان ۲۴ ساعت ۱۳۲۲ میلی گرم و برای گونه ارژن در زمان ۱۲ ساعت ۱۲۶۸ میلی گرم بود. بیشترین وزن تر ریشه در گونه بادام کوهی (۳۲۲۰ میلی گرم) در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد که با دیگر تیمارها در هر دو گونه اختلاف معنی داری را نشان داد. ارژن نیز دارای بیشترین وزن تر ریشه در سطح ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  در هر دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت بود که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد. کاربرد  $GA_3$  باعث افزایش شمار برگ شده که این افزایش شمار برگ موجب افزایش سطح فتوسنتز کننده گیاه و افزایش میزان ماده های غذایی ساخته شده و در نتیجه افزایش وزن تر می شود (۹). در گزارشی Rout و همکاران (۲۸) نشان دادند جیبرلین با افزایش رشد دانهال باعث افزایش وزن تر می شود. جیبرلین در غلظت مناسب پیش از تنگی بذر، افزون

بر این که فرآیند تنژگی را زیر تأثیر قرار می دهد، روی رشد سیستم ریشه ای دانهال ها از نظر وزن و حجم مؤثر بوده و کیفیت ریشه را بالا می برد (۵).

### وزن خشک شاخساره و ریشه

در هر دو گونه گیاهی، بیشترین میزان وزن خشک شاخساره (در ارژن ۱۵۳ میلی گرم و در بادام کوهی ۱۸۵ میلی گرم) در اثر کاربرد ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر در زمان ۲۴ ساعت مشاهده شد که تفاوت معنی داری را نسبت به شاهد خود نشان دادند (جدول ۲). برهمکنش گونه، زمان و تیمار  $GA_3$  نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه (۲۱۴ میلی گرم) در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد که نسبت به تیمارهای دیگر تفاوت معنی داری را نشان داد. در هر دو گونه و در هر دو بازه زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعت، میزان ۱۵۰ میلی گرم در لیتر  $GA_3$  به طور معنی داری سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد خود شد. تأثیر  $GA_3$  بر افزایش وزن خشک گیاه را می توان به تأثیر آن بر افزایش میزان فتوسنتز و کاهش تنفس نوری از راه افزایش سطح برگ نسبت داد. نتیجه های پژوهشی روی بنه و کلخونگ<sup>۲</sup> نشان داد که  $GA_3$  باعث افزایش وزن خشک شاخساره در هر دو رقم شد (۴) که با نتیجه های این پژوهش در یک راستا است. افزایش وزن خشک گیاهچه در بذرهای پیش تیمار شده با جیبرلیک اسید نسبت به بذرهای پیش تیمار نشده، توسط Ansari و همکاران (۱۳) گزارش شده است. تیمار گیاهان با  $GA_3$  میزان تقسیم یاخته ای مریستم رأس ریشه اولیه که منجر به رشد طولی می شود را زیاد می کند. یکی از دلایل افزایش وزن خشک ساقچه توسط  $GA_3$  به احتمال، افزایش در رشد و تقسیم یاخته ای از راه تأثیر بر ساخت و فعالیت هورمون اکسین و سایتوکاینین باشد. در تیمارهایی که تنژگی سریع تر انجام می شود، بخشی از آن به معنای شروع رشد و افزایش ویژگی ها در مقایسه با گیاهچه هایی است که تنژگی را دیرتر آغاز کرده اند.

### اثر انجماد بر تنژگی و رشد دانهال ها در شرایط برون شیشه ای

نتیجه ها نشان داد که تیمار انجماد ( $-16^{\circ}C$ ) در هر دو گونه به طور معنی داری سبب افزایش درصد و سرعت تنژگی و کاهش  $T_{50}$  شد. بیشترین درصد (۹۶) و سرعت تنژگی (۱/۴ بذر در روز) در گونه بادام وحشی اتفاق افتاد (جدول ۳). تیمار انجماد نیز به طور معنی داری سبب افزایش طول شاخساره و طول ریشه در هر دو گونه گیاهی نسبت به شاهد شد.

### اثر انجماد بر تنژگی و رشد دانهال ها در شرایط برون و درون شیشه ای

#### اثر انجماد بر میزان و سرعت تنژگی

نتیجه های پیش تیمار انجماد بر درصد تنژگی بذر نشان داد که تیمار انجماد در دو شرایط درون و برون شیشه ای سبب افزایش معنی دار درصد تنژگی نسبت به شاهد شد (جدول ۴). اگرچه بالاترین درصد تنژگی (۹۲) مربوط به گونه بادام وحشی در شرایط انجماد و در محیط خاک بود، اما با دیگر تیمارها در شرایط انجماد و محیط کشت اختلاف معناداری را نشان نداد. تیمار انجماد تفاوت معنی داری را در سرعت تنژگی نسبت به شاهد در هر دو گونه بادام کوهی و ارژن و در شرایط خاک ایجاد کرد، اما در شرایط درون شیشه ای این تفاوت معنی دار نبود. همچنین انجماد سبب کاهش  $T_{50}$  در دو شرایط درون و برون شیشه ای شد. پیش سرمادهی برای بذرهایی که دارای خفتگی داخلی هستند، دوره سرد زمستان را شبیه سازی و نقش مهمی در فرآیند تنژگی و شکستن خفتگی بذر ایفا می کند (۲۰). دمای پائین (۴ درجه سلسیوس) باعث بیان ژن مسئول ساخت جیبرلین می شود که به منظور تسریع فرآیند تنژگی بسته به نوع بذر و گونه گیاهی می توان این تیمار را با تیمارهایی مانند استفاده از ماده های شیمیایی و همچنین حذف پوسته بذر، ترکیب کرد (۲۳). گزارش شده است سرما اغلب منجر به تشکیل، آزادسازی و فعال سازی هیدرولیتیکی برای تجزیه پروتئین ها و نشاسته ذخیره شده در بذر برای تغذیه رویان می شود و بدین روش بر تنژگی اثر مثبت می گذارد (۳۱). برخی بذرها باید با سرما یخبندان مواجه شوند تا پوسته آن ها شکاف بردارد و تنژگی در آن ها آغاز گردد (۱۵). سرمادهی کوتاه مدت در دماهای زیر صفر به عنوان یک شوک سرمایی به بذر است تا افزون بر شکست خواب بذر، زمان سرمادهی نیز کاهش یابد (۲). شرایط خاک یخ زده در فصل زمستان ممکن است به طور چشمگیری سبب تنژگی و همچنین رشد بذرهایی چندساله شود (۱۷). سرمادهی در برطرف کردن خفتگی فیزیولوژیک رویان مؤثر است و منجر به کاهش ABA و افزایش هورمون های محرک رشد مانند هورمون جیبرلین می شود (۸). عامل سرما،

افزون بر تحریک ساخت جیبرلین درون‌زا، محرک‌های دیگری را فعال می‌کند که سبب افزایش سرعت تنژگی می‌شود و با کاهش تراز هورمون‌های بازدارنده و افزایش تراز هورمون‌های محرک سبب افزایش پتانسیل تنژگی می‌شود. این امر ممکن است به دلیل تغییر در سیالیت غشا یا فعالیت آنزیمی باشد (۳۱).

جدول ۲- اثر گونه، زمان و اسید جیبرلیک بر وزن تر و خشک شاخساره و ریشه در شرایط درون شیشه ای.

Table 2. Effect of species, time and GA<sub>3</sub> on shoot and root fresh weight (FW) and dry weight (DW) in *in vitro* condition.

| گونه<br>Species                      | زمان<br>Time<br>(h) | جیبرلیک اسید<br>GA <sub>3</sub><br>(mg L <sup>-1</sup> ) | وزن تر<br>شاخساره<br>Shoot<br>FW (mg) | وزن تر<br>ریشه<br>Root<br>FW (mg) | وزن تر<br>کل<br>Total FW<br>(mg) | وزن خشک<br>شاخساره<br>Shoot<br>DW<br>(mg) | وزن خشک<br>ریشه<br>Root<br>DW (mg) | وزن خشک<br>کل<br>Total<br>DW (mg) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 12                  | 0                                                        | †608 d                                | 470 cde                           | 1080 efg                         | 136 ab                                    | 36 f-h                             | 172 bc                            |
|                                      |                     | 50                                                       | 1100 ab                               | 500 cde                           | 1600 cd                          | 152 ab                                    | 72 bcd                             | 224 bc                            |
|                                      |                     | 100                                                      | 1114 ab                               | 600 c                             | 1720 c                           | 158 ab                                    | 91 bc                              | 250 b                             |
|                                      |                     | 150                                                      | 1276 a                                | 3220 a                            | 4498 a                           | 165 ab                                    | 214 a                              | 382 a                             |
|                                      | 24                  | 0                                                        | 484 de                                | 325 de                            | 809 g                            | 130 b                                     | 44 efgh                            | 160 bc                            |
|                                      |                     | 50                                                       | 706 cd                                | 543 cd                            | 1248 d-g                         | 147 ab                                    | 56 def                             | 186 bc                            |
|                                      |                     | 100                                                      | 1058 abc                              | 560 dc                            | 1618 cd                          | 156 ab                                    | 67 cde                             | 240 b                             |
|                                      |                     | 150                                                      | 1322 a                                | 1206 b                            | 2528 b                           | 185 a                                     | 98 b                               | 254 ab                            |
| ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 12                  | 0                                                        | 664 d                                 | 260 ef                            | 924 fg                           | 118 bc                                    | 18 hi                              | 136 bc                            |
|                                      |                     | 50                                                       | 686 d                                 | 440 dce                           | 1126 efg                         | 118 bc                                    | 48 defg                            | 166 bc                            |
|                                      |                     | 100                                                      | 764 bcd                               | 474 dce                           | 1308 c-f                         | 155 ab                                    | 53 def                             | 210 bc                            |
|                                      |                     | 150                                                      | 1268 a                                | 543 cd                            | 1742 c                           | 158 ab                                    | 86 bc                              | 250 b                             |
|                                      | 24                  | 0                                                        | 210 e                                 | 40f                               | 255 h                            | 61 d                                      | 16 i                               | 77 c                              |
|                                      |                     | 50                                                       | 572 d                                 | 422 dce                           | 994 fg                           | 74 cd                                     | 26 ghi                             | 94 c                              |
|                                      |                     | 100                                                      | 626 d                                 | 502 dce                           | 1128 efg                         | 147 ab                                    | 52 defg                            | 192 bc                            |
|                                      |                     | 150                                                      | 810 bcd                               | 658 c                             | 1468 c-f                         | 153 ab                                    | 67 cde                             | 229 bc                            |
| اثرهای اصلی<br>Main effects          | گونه<br>Species     | بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i>                     | 950 A                                 | 930 A                             | 1880 A                           | 150 A                                     | 80 A                               | 230 A                             |
|                                      |                     | ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>                      | 690 B                                 | 410 B                             | 1110 B                           | 120 B                                     | 40 B                               | 180 B                             |
|                                      | GA <sub>3</sub>     | 0                                                        | 490 C                                 | 270 C                             | 760 C                            | 110 B                                     | 20 D                               | 170 B                             |
|                                      |                     | 50                                                       | 760 B                                 | 470 B                             | 1240 B                           | 110 B                                     | 50 C                               | 160 B                             |
|                                      |                     | 100                                                      | 890 B                                 | 550 B                             | 1440 B                           | 150 A                                     | 70 B                               | 220 AB                            |
|                                      |                     | 150                                                      | 1160 A                                | 1390 A                            | 2550 A                           | 160 A                                     | 100 A                              | 270 A                             |
|                                      | زمان<br>Time        | 12                                                       | 930 A                                 | 810 A                             | 1750 A                           | 140                                       | 70 A                               | 220 A                             |
|                                      |                     | 24                                                       | 720 B                                 | 530 B                             | 1250 B                           | 130 A                                     | 50 B                               | 190 A                             |

†In each column, means with the same letters (small letters for interactions and capital letters for the main effects) are not significant at the 5% probability level of the LSD test.

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک (حرف‌های کوچک برای برهمکنش و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۳- اثرهای گونه و انجماد بر درصد تنژگی، سرعت تنژگی و طول ساقه و ریشه در شرایط برون شیشه‌ای.

Table 3. Effects of species and freezing on percentage of germination, germination rate and shoot and root length under *in vivo* conditions.

| گونه                                 | دما                                  | زمان ۵۰ در صد<br>تنژگی (روز) | درصد تنژگی<br>Germination % | سرعت تنژگی<br>(بذر در روز)<br>Germination rate | طول شاخساره<br>Shoot length (cm) | طول ریشه<br>Root length (cm) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Species                              | Temperature Celsius (°C)             | T50 (day)                    |                             |                                                |                                  |                              |
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 18                                   | †6.67 b                      | 40 b                        | 0.2 c                                          | 9.5 b                            | 5.6 c                        |
|                                      | -16                                  | 3.9 c                        | 96 a                        | 1.4 a                                          | 15 a                             | 11.6 a                       |
| ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 18                                   | 10.9 a                       | 29 b                        | 0.1 c                                          | 4.3 c                            | 3 d                          |
|                                      | -16                                  | 7.63 b                       | 78 a                        | 0.7 b                                          | 11.3 b                           | 9.4 b                        |
| اثرهای اصلی<br>Main effects          |                                      |                              |                             |                                                |                                  |                              |
| گونه                                 |                                      |                              |                             |                                                |                                  |                              |
| Species                              | بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 5.2 B                        | 68 A                        | 0.8 A                                          | 12.2 A                           | 8.6 A                        |
|                                      | ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 9.2 A                        | 53 B                        | 0.4 B                                          | 7.8 B                            | 6.2 B                        |
| دما                                  |                                      |                              |                             |                                                |                                  |                              |
| Temperature                          | 18                                   | 8.7 A                        | 34 B                        | 0.15 B                                         | 6.9 B                            | 4.3 B                        |
|                                      | -16                                  | 5.7 B                        | 87 A                        | 1.1 A                                          | 13.2 A                           | 10.5 A                       |

†In each column, means with the same letters (small letters for interactions and capital letters for the main effects) are not significant at the 5% probability level of the LSD test.

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک (حرف‌های کوچک برای برهمکنش و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

### طول شاخساره و ریشه

طول شاخساره هر دو گونه بادام کوهی و ارژن در پیش تیمار انجماد افزایش یافت، اما میزان این افزایش در شرایط درون شیشه‌ای معنی‌دار نبود (جدول ۴). تیمار انجماد و محیط خاک سبب افزایش معنی‌دار طول شاخساره نسبت به شاهد شد. به‌طور کلی رشد شاخساره در محیط خاک بیشتر از محیط درون شیشه‌ای بود. شرایط انجماد و محیط MS سبب افزایش طول ریشه در گونه ارژن (۱۳/۶ سانتی‌متر) و بادام کوهی (۱۲ سانتی‌متر) نسبت به شاهد خود شد (شکل ۲). سرما سبب افزایش بیان ژن  $GA_3OX_1$  (آنزیم تولیدکننده شکل فعال  $GA_3$ ) در ریشه‌چه و لایه آلورون می‌شود که افزایش طول ریشه می‌تواند در ارتباط با این موضوع باشد (۱۲). در دمای پایین قندهای محلول و فروکتوز افزایش می‌یابد که سرمادهی بذر باعث افزایش غلظت فروکتوز و گلوکز در بذرهای سرما دیده شده و افزایش قندهای محلول باعث افزایش بیشتر دسترسی ماده‌های غذایی به رویان در نتیجه منجر به افزایش رشد دانهال می‌شود (۲۱). گزارش شده است یخ‌آب، سبب افزایش محرک‌های تنژگی و رفع موانع فیزیولوژیکی می‌شود، کاری که جیبرلین به تنهایی نمی‌تواند انجام دهد و باید با سرما همراه شود و از این راه باعث بهبود شرایط فیزیولوژی درون بذر می‌شود (۳). تیمار یخ‌آب در نهایت باعث تغییر نسبت‌های هورمونی درونی بذر به نفع جیبرلین خواهد شد که خود پس از انتقال به لایه آلورن با فعال‌سازی آنزیم‌های تجزیه‌کننده ذخیره غذایی بذر سبب تحریک گیاه در جذب عنصرهای غذایی، افزایش فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم گیاه و همچنین افزایش غلظت قندها، پروتئین‌ها، اسیدهای آلی و عنصرهای معدنی بافت گیاه می‌شود و از این راه گیاه را قوی می‌کند و میزان رشد آن را افزایش می‌دهد (۳۱).

جدول ۴- اثر گونه، انجماد و محیط کشت بر درصد و سرعت تنزگی، طول ساقه و ریشه در شرایط درون و برون شیشه‌ای.

Table 4. Effect of species, freezing and culture medium on germination percentage, germination rate, shoot and root length *in vivo* and *in vitro* condition.

| گونه                                 | محیط کشت                            | دما             | زمان ۵۰ در                           | در صد تنژگی   | سرعت تنژگی       | طول شاخساره       | طول ریشه         |        |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| Species                              | Culture medium                      | Temperature °C  | صد تنژگی T50 (day)                   | Germination % | Germination rate | Shoot length (cm) | Root length (cm) |        |
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | MS                                  | 18              | †12.1 abc                            | 35 b          | 0.04 c           | 1.7 d             | 5.6 c            |        |
|                                      |                                     | -16             | 8.2 d                                | 75 a          | 0.06 c           | 3.2 d             | 12 a             |        |
|                                      | خاک<br>Soil                         | 18              | 9.3 bcd                              | 20 b          | 0.12 bc          | 10.4 b            | 2.4 de           |        |
|                                      |                                     | -16             | 4.7 e                                | 92 a          | 0.32 a           | 13.8 a            | 10.5 ab          |        |
|                                      | ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i> | MS              | 18                                   | 14.06 a       | 35 b             | 0.03 c            | 1.3 d            | 4.9 cd |
|                                      |                                     |                 | -16                                  | 10.5 bcd      | 70 a             | 0.06 c            | 2.5 d            | 13.6 a |
| خاک<br>Soil                          |                                     | 18              | 12.5 ab                              | 16 b          | 0.05 c           | 6.1 c             | 1.2 e            |        |
|                                      |                                     | -16             | 9.2 cd                               | 80 a          | 0.17 b           | 13.1 a            | 8 bc             |        |
| اثرهای اصلی<br>Main effect           |                                     | گونه<br>species | بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 8.7 B         | 65.7 A           | 0.11 A            | 5.7 A            | 7.6 A  |
|                                      |                                     |                 | ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 11.5 A        | 58.7 A           | 0.07 B            | 4.3 A            | 6.9 A  |
|                                      | محیط کشت<br>Culture medium          | MS              | 11.2 A                               | 56.1 B        | 0.04 B           | 2.1 B             | 5.5 B            |        |
|                                      |                                     | خاکSoil         | 9.1 B                                | 67.8 A        | 0.14 A           | 7.9 A             | 9 A              |        |
|                                      | دما<br>Temperature                  | 18              | 12.1 A                               | 45.2 B        | 0.03 B           | 2.3 B             | 3.5 B            |        |
|                                      |                                     | -16             | 8.1 B                                | 79.2 A        | 0.15 A           | 7.7 A             | 11 A             |        |

†In each column, means with the same letters (small letters for interactions and capital letters for the main effects) are not significant at the 5% probability level of the LSD test. MS; Murashige and Skoog (1962).

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک (حرف‌های کوچک برای برهمکنش و حرف‌های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

### وزن تر و خشک شاخساره و ریشه

در هر دو گونه گیاهی تیمار انجماد (۱۶- °C) به‌طور معنادار سبب افزایش وزن تر شاخساره نسبت به شاهد خود شد (جدول ۵). بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به بادام کوهی (۱۲۲۷ میلی‌گرم) در شرایط انجماد بود. به همان روند وزن تر ریشه، تیمار انجماد سبب افزایش وزن خشک ریشه شد اما این افزایش معنادار نبود. به‌طور کلی وزن خشک ریشه ارژن (۸۰ میلی‌گرم)

دو برابر ریشه بادام کوهی (۴۰ میلی گرم) بود. در هر دو گونه گیاهی اگرچه انجماد سبب افزایش رشد وزن تر ریشه شد اما این افزایش معنی دار نبود. به طور کلی گونه ارژن وزن تر ریشه بیشتری نسبت به بادام کوهی داشت. سرما باعث افزایش محتوای آب بافتی گیاهچه می شود که می توان گفت این امر باعث افزایش وزن تر می گردد (۱). نوروزی گیوی و همکاران (۱۱) بیان کردند دماهای پایین، موجب افزایش عملکرد ریشه می شود که با نتیجه های این پژوهش در یک راستا است. تفاوت در میزان قندهای گلوکز و فروکتوز، پروتئین کل و اسیدآمینه پرولین در مرحله قبل و بعد از سرمادهی گزارش گردیده است و افزایش غلظت گلوکز و فروکتوز در بذره های سرمادیده باعث افزایش وزن خشک می شود (۲۱). افزایش وزن خشک گیاه بنفشه (*Viola odorata*) در تیمار دمایی  $14^{\circ}\text{C}$  و  $18^{\circ}\text{C}$  - گزارش و بیان شده است که این حالت ممکن است ناشی از اثرهای سرما بر جوانه های انتهایی و حذف چیرگی آن ها و تحریک گیاه برای تولید شاخه های بیشتر باشد (۱۰).

جدول ۵- اثر گونه و انجماد بر وزن تر و خشک شاخساره و ریشه در شرایط درون شیشه ای.

Table 5. Effect of species and freezing on shoot and root fresh, dry weight *in vitro* condition.

| گونه<br>Species                      | دما<br>Temperature<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | وزن تر<br>شاخساره<br>Shoot fresh<br>weight (mg) | وزن تر ریشه<br>Root fresh<br>weight (mg) | وزن خشک<br>شاخساره<br>Shoot dry<br>weight (mg) | وزن خشک<br>ریشه<br>Root dry<br>weight (mg) | طول ریشه<br>Root<br>length<br>(cm) |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> | 18                                           | †837 b                                          | 212 b                                    | 80 b                                           | 22 b                                       | 5.6 c                              |
|                                      | -16                                          | 1227 a                                          | 275 b                                    | 176 a                                          | 65 ab                                      | 12 a                               |
| ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  | 18                                           | 307 d                                           | 330 ab                                   | 67 b                                           | 73 ab                                      | 2.4 de                             |
|                                      | -16                                          | 605 c                                           | 404 a                                    | 146 a                                          | 105 a                                      | 10.5 ab                            |
| اثرهای اصلی<br>Main effect           |                                              |                                                 |                                          |                                                |                                            |                                    |
| گونه<br>Species                      |                                              |                                                 |                                          |                                                |                                            |                                    |
| بادام کوهی<br><i>Prunus scoparia</i> |                                              | 1030 A                                          | 240 B                                    | 120 A                                          | 40 B                                       | 4.9 CD                             |
| ارژن<br><i>Prunus elaeagnifolia</i>  |                                              | 450 B                                           | 360 A                                    | 100 A                                          | 80 A                                       | 13.6 A                             |
| دما<br>Temperature                   |                                              |                                                 |                                          |                                                |                                            |                                    |
|                                      | 18                                           | 570 B                                           | 270 A                                    | 160 A                                          | 40 B                                       | 1.2 E                              |
|                                      | -16                                          | 910 A                                           | 330 A                                    | 70 B                                           | 80 A                                       | 8 BC                               |

In each column, means with the same letters (small letters for interactions and capital letters for the main effects) are not significant at the 5% probability level of the LSD test.

در هر ستون میانگین های دارای حرف های مشترک (حرف های کوچک برای برهمکنش و حرف های بزرگ برای اثرهای اصلی) در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD دارای اختلاف معنی دار نیستند.

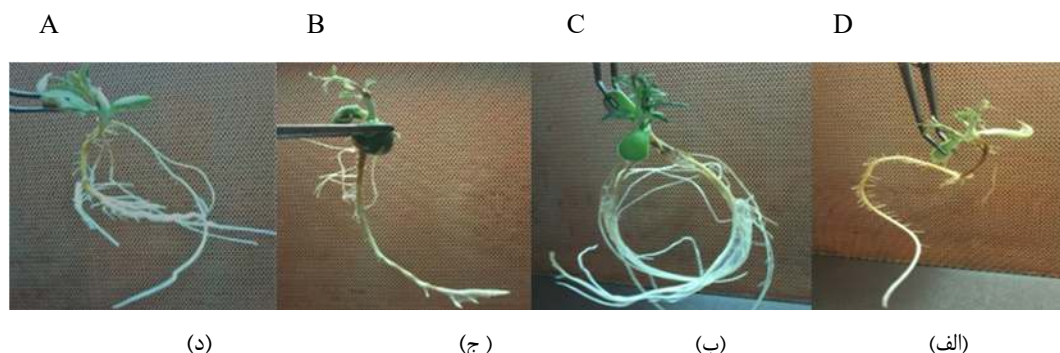


Fig. 2. The effect of freezing on Badam Kohi and Arjan seed germination under *in vitro* conditions. A and B, freezing and control treatments in Arjan respectively. C and D, freezing and control treatments in Badam Kohi, respectively.

شکل ۲- اثر انجماد بر تنژگی بذر بادام کوهی و ارژن در شرایط درون شیشه‌ای. الف و ب به ترتیب شاهد و تیمار انجماد در بادام کوهی. ج و د به ترتیب شاهد و تیمار انجماد در ارژن.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد پیش تیمار بذر با  $GA_3$  به‌ویژه در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پیش تیمار انجماد سبب کاهش در  $T_{50}$  و افزایش درصد و سرعت تنژگی و همچنین طول شاخساره و ریشه در هر دو گونه بادام کوهی و ارژن نسبت به شاهد شد. تیمار انجماد بذرهای هر دو گونه و کشت در خاک (با درون‌بر) نسبت به کشت در شرایط درون شیشه‌ای (بدون درون‌بر) افزایش رشد رویشی بیشتری را نشان داد. افزون بر این، دشواری‌های سازگاری در خاک در مقایسه با گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت وجود نداشت. نتیجه‌های این پژوهش این امکان را می‌دهد که از تیمار انجماد در شرایط خاک نسبت به انجماد درون شیشه‌ای و کاربرد تنظیم‌کننده رشد به‌عنوان راهی مناسب با میزان کمتری هزینه و زمان برای تولید پایه‌های بذری بادام کوهی و ارژن در خزانه برای پیوند زدن استفاده نمود.

## References

## منابع

۱. آرتکا، آ.ا. ۱۳۹۷. اصول و کاربرد، مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی. ترجمه فتحی و اسماعیل‌پور. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۸ ص.
۲. آذرینوند، ح.، ج. کشتکار و ا. شهریاری. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر برخی تیمارها بر شکست خواب و جوانه‌زنی بذرهای *Ferula gummosa* و *Ferula assafoetida*. مجله علمی و پژوهشی مرتع، ۲۹۰-۲۸۱: ۳.
۳. آهنی، ح.، ج. جلیلود و ج. واعظی. ۱۳۹۴. تأثیر تیمارهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر گونه سنجید تلخ (*Hippophae rhamnoides*) در آزمایشگاه. مجله جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران، ۵۶-۴۵: ۷.
۴. بانی نسب، ب. و م. راحمی. ۱۳۷۷. تأثیر کاربرد اسید جیبرلیک در رشد و نمو دانه‌های بنه و کلخونگ. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳-۲۷: ۱.
۵. ترکاشوند، ع.، ب. زاهدی و ع. احتشام‌نیا. ۱۳۹۴. تأثیر اسید جیبرلیک بر زمان و قدرت تنژگی بذر گردوی ایرانی (*Juglans regia* L. همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی، خرداد ماه ۱۳۹۴).
۶. رسولی، م.، ر. توکلی‌بنیزی و ع. ایمانی. (۱۳۹۴). تأثیر برخی تیمارهای شیمیایی و هورمونی بر شکستن خفتگی بذر گونه‌های بادام و هلو (*Prunus spp*). علوم باغبانی ایران، ۶۳۵-۶۲۳: ۴.
۷. فتحی، ن.، حیدری، م. و ک. بهنام‌فر. ۱۳۹۶. اثر سرمادهی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه دانه‌های برخی ژنوتیپ‌های بادام کوهی (*Prunus scoparia* Spach) بومی استان خوزستان (ایران). نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۲۱۱-۱۹۹: ۲۶.
۸. مجتهدی، م. و ح. لسا نی. ۱۳۹۶. زندگی گیاه سبز (ترجمه). دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، تهران، ۶۰۴ ص.

۹. نصیرزاده، ع، جوکار، ل. و ح. نگهداری. ۱۳۸۶. تأثیر هورمون اسیدجیبرلیک بر رشد نهال‌های بلوط (*Quercus brantii* var. *persica*). فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۲۵۳-۲۵۴: ۳.
۱۰. نظامی، ا.، م. کیخا آخر، ج. موسوی، ا. ایزدی، س. نظامی، و م. یوسف ثانی. ۱۳۹۰. اثر تنش یخ‌زدگی بر گیاه بنفشه زیر شرایط آزمایشگاهی. نشریه بوم‌شناختی کشاورزی، ۴۳۸-۴۳۰: ۳(۴).
۱۱. نوروزی گیوی، م.، ب. اسماعیل‌پور، م. محب‌الدینی و س. خرم‌دل. ۱۳۹۳. تأثیر پیش تیمار بذر بر خصوصیات رشدی، عملکرد و فعالیت آنزیمی گوجه‌فرنگی در تنش سرما. دو فصلنامه علوم سبزی‌ها، ۱.
12. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani, and M. Moameri. 2016. Effects of silica and silver nanoparticles on seed germination traits of *Thymus kotschyanus* in laboratory conditions. J. Rang. Sci. 6: 221-231.
13. Ansari, O. and F. sharif-Zadeh. 2012. Does gibberellic acid (GA), salicylic acid (SA) and ascorbic acid (ASc) improve mountain rye (*Secale montanum*) seeds germination and seedlings growth under cold stress? Inter. Res. J. Appl. Bas. Sci. 3: 1651-1657.
14. Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell. 9: 1055-1066.
15. Bewley, JD and M. Black. 1994. Seed physiology of development and germination, 2nd Edn, Plenum Press. New York.
16. Baskin, J.M. and C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Sci. Res. 14: 1-16
17. Boyd, C.S. and J.A. Lemos. 2013. Freezing stress influences emergence of germinated perennial grass seeds. Rang. Ecol. Manag. 66(2):136-142.
18. Chetinbas, M. and A. Koyuncu. 2006. Improving germination of (*Prunus avium* L.) seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. HortScience, 33:119-123.
19. Garcia-Gusano, M., P. Martinez-Gomez and F. Dicenta. 2004. Breaking seed dormancy in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb). Hort. Sci. 99: 363-370.
20. Hartmann, T.H., E.D. Kester, F.T. Davies and R.L. Geneve. 1997. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 770 p.
21. Imani, A., M. Rasouli, R. Tavakoli, E. Zarifi, R. Fatahi, G. Barba-Espín and P. Martínez-Gómez. 2011. Optimization of seed germination in *Prunus* species combining hydrogen peroxide or gibberellic acid pre-treatments with stratification. Seed. Sci. Technol. 39: 204-207.
22. Lanes, B.A.J., R.C. Ivan, J.S. Vinícius, R.P. João, T. Cristian, M.D. Simone, T.M. Mayara, C.R. Tiago, A.V. Francisco, Q.S. Velci, Z. A. Tiago and P. Tiag. 2019. Gibberellic acid utilization in seeds and Plants of Beans: Effect on Growth and Seeds Physiological Quality. J. Agr. Sci. 11:541-547.
23. Martinez-gomez, P and F. Dicenta. 2001. Mechanisms of dormancy in seeds of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv GF305). Sci. Hort. 91: 51-58.
24. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177.
25. Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth & bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473- 497.
26. Rahemi, AR., R. Fatahi, A. Ebadi, T. Taghavi, D. Hassani, T. Gradziel and J. Chaparro. 2010. Genetic variation of S-alleles in wild almonds and their related *Prunus* species. Aust. J. Crop Sci. 4: 648-659.
27. Rahemi, A., Taghavi, T. Fathi, R. Ebadi, A. Hassani, D., Chapparro, J., and Gradziel, T. 2011. Seed germination and seedling establishment of some wild almond species. Afr. J. Biotech., 10:7780-7786.
28. Rout, S., S. Beura and N. Khare. 2017. Effect of seed pre-treatment with different concentrations of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on seed germination and seedling growth of *Cassia fistula* L. J. Medi. P. Stu. 5: 135-138.
29. Rawat, JMS., YK. Tomar and V. Rawat. 2010. Effect of stratification on seed germination and seedling performance of wild pomegranate. J. Amer. Sci. 6: 97- 99.
30. Sorkheh, K., B. Shiran, V. Rouhi, E. Asadi, H. Jahanbazi, H. Moradi and P. Martínez-Gómez. 2009. Phenotypic diversity within native Iranian almond (*Prunus spp.*) species and their breeding potential. Genet. Resour. Crop Ev. 56: 947
31. Taiz, L and E. Zeiger. 2013. Plant Physiology. Sinauer Associates ; 3rd edition 690 p.

## Effect of Pre-treatments of Gibberellic Acid and Freezing on some Seed Germination Traits of Two Wild Almond Species under *in vitro* and *in vivo* Conditions

M. Asadi and A. Shekafandeh\*<sup>1</sup>

Three experiments were carried out under *in vivo* and *in vitro* conditions to evaluate the effects of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and freezing on germination and growth of *Prunus scoparia* (Badam Kohi) and *Prunus elaeagnifolia* (Arjan) species. In the first experiment, treatments were 4 concentrations of GA<sub>3</sub> (0, 50, 100 and 150 mg/L) and two soaking duration time (12 and 24 h). In the second and third experiments, the effects of different temperatures (18 and -16 °C) on the germination and growth of different species in soil and on tissue culture MS (Murashig and Skoog) media were investigated. The results showed that both seed germination percentage and germination rate increased significantly using GA<sub>3</sub> and freezing treatments. The highest shoot length (4.48 cm) and root length (20.5 cm) were obtained in *P. scoparia* in 150 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and duration time of 24 and 12 h, respectively. In freezing conditions (-16 °C) and in soil medium, although the highest germination percentage (92%) was related to Badam Kohi, but it did not show any significant difference with other treatments in freezing and MS medium. Shoot length of both *P. scoparia* and *P. elaeagnifolia* species increased with freezing pretreatment, but this increase was not significant under *in vitro* condition. The results of this study make it possible to use freezing treatment in soil conditions to produce seedling rootstocks of *P. scoparia* and *P. elaeagnifolia* in the nursery with shorter duration time and lower cost than other methods.

**Keyword:** *Prunus elaeagnifolia*, *Prunus scoparia*, Gibberellic acid, freezing, germination.

1. Former M. Sc. Student and Associate Proffessor, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

\* Corresponding author, Email: (shekafan@shirazu.ac.ir).