اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (اسید جیبرلیک و بنزیل آدنین) بر رفع خفتگی بذر و شاخص‌های ریخت شناسی، فیزیولوژیکی و بیو شیمیایی دانهال‌های پسته رقم "بادامی ریز زرند"

احمدرضا عباسی فر*، بابک ولی زاده کاجی و حسین باقری

ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۱

چکیده

بذور پسته به‌دلیل وجود خفتگی، دارای جوانه‌زنی نامنظم و با درصد پایین بوده که رشد بعدی دانهال را با مشکل مواجه می‌سازد. هدف این آزمایش بررسی اثر غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (اسید جیبرلیک و بنزیل آدنین) بر رفع خفتگی و جوانه زنی بذور پسته رقم بادامی ریز زرند بود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳۰ تکرار، و در شرایط گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد بر همه شاخص‌های بررسی شده در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار است. به‌طوری‌که تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین منجر به بیشترین درصد جوانه زنی (۱۰۰ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۷۶ بذر جوانه زده در روز)، طول شاخساره (۳۳/۳۳ سانتیمتر)، طول ریشه (۷۶ سانتیمتر)، حجم ریشه (۷/۸۳ سانتیمتر مکعب)، وزن تر شاخساره (۳۱ گرم)، وزن تر ریشه (۱۵/۱۶ گرم)، وزن خشک شاخساره (۱۱/۵۲ گرم) و وزن خشک ریشه (۳/۸۳ گرم) شد. با این وجود، بالاترین میزان کلروفیل a (۱۴/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۸/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲۳/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار صفر پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک و ۱۰۰ پی‌پی‌ام بنزیل آدنین بود.

کلید واژه‌ها: اسید جیبرلیک، بنزیل آدنین، تکثیر، جوانه‌زنی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۶۳۳۱۳۲۱۷۱ ، پست الکترونیکی: abbasifar1965@yahoo.com

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهمترین درختان میوه آجیلی ایران می‌باشد که از دیرباز کشت و کار آن در نقاط مختلف کشور رایج است. ایران اولین تولید کننده و صادر کننده پسته در جهان است و این محصول مهم باغبانی در سه دهه گذشته بیشترین سهم صادرات غیرنفتی را به خود اختصاص داده است (۱۵ و ۳۵).

در حال حاضر، درختان پسته به‌وسیله پیوند روی پایه‌های مختلف تکثیر می شوند. از آنجا که تکثیر رویشی این گیاه بسیار مشکل می‌باشد (۳۷)، در حال حاضر اکثر پایه‌های پسته از طریق بذر تکثیر می‌شوند (۸). همه گونه‌های جنس *Pistacia* می‌توانند به‌عنوان پایه مورد استفاده قرار گیرند. برخی از این پایه‌ها نظیر بنه (*Pistacia mutica* F.) و گلخونک (*Pistacia khinjuk* Stock) مقاومت خوبی به بسیاری از تنش‌های زنده و غیرزنده دارند، ولی سازگاری پیوند ارقام تجاری با این دو گونه پایین بوده و باعث کاهش عملکرد می‌شوند (۳). دانهال‌های گونه خوراکی پسته (*Pistacia vera* L.) نسبت به سایر گونه‌های پسته، ریشه‌های جانبی بیشتر و ساقه‌های ضخیم‌تری تولید کرده و می‌توانند در مدت زمان کوتاه‌تری به اندازه مورد نظر جهت پیوند جوانه برسند. یکی از مهمترین ارقام این گونه

در ایران، رقم بادامی ریز زرند بوده که به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان پایه برای ارقام تجاری استفاده می شود. این رقم به عنوان پایه سازگاری خوبی با پیوندک ارقام تجاری دارد و مقاومت به خشکی بالاتری نسبت به سایر پایه‌های مورد استفاده در کشور از خود نشان داده است. با این وجود، جوانه‌زنی بذرهای پسته به‌دلیل خفتگی معمولاً پایین است و بذرهایی که جوانه می‌زنند، دانهال‌های ضعیفی تولید می‌کنند که جهت استفاده به‌عنوان پایه مناسب نبوده و در حدود سه سال زمان نیاز است تا قابلیت انجام پیوند بر روی آنها مقدور شود (۳ و ۲۲).

خفتگی (dormancy) پدیده‌ای است که بذور یک گیاه حتی اگر برای جوانه زنی در بهترین شرایط محیطی قرار گیرند، علی‌رغم زنده بودن، باز قادر به جوانه زدن نخواهند بود. رکود بذر در واقع یک نوع سازگاری در گونه‌های مختلف است که باعث می‌شود در مقابل شرایط نامساعد محیطی زنده بمانند. انواع خفتگی بذر شامل فیزیکی، مکانیکی، مورفولوژیکی، مورفوفیزیولوژیکی، فیزیولوژیکی و چندگانه است (۱۰).

بذور بسیاری از درختان میوه از جمله پسته دارای یک یا ترکیبی از چند نوع خفتگی می‌باشند که مانع جوانه‌زنی یا جوانه‌زنی ضعیف بذرهای سالم و زنده در شرایط مساعد محیطی می‌شود (۲۸ و ۳۳). بنابراین، ارزیابی روش‌های شکستن رکود به‌منظور افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، ضروری به‌نظر می‌رسد. در چندین مطالعه مشخص شده است که استفاده از هورمون‌ها میزان جوانه زنی و همچنین رشد بعدی دانهال‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۸). از جیبرلین‌ها به‌طور گسترده‌ای در میوه‌کاری برای شکستن رکود و القاء جوانه‌زنی بذر و در نتیجه دستیابی به نهال‌های بذری یک دست در خزانه استفاده شده است (۱۴). علاوه‌بر این، ترکیبی از غلظت‌های مختلف هورمون‌های القاء کننده جوانه‌زنی برای شکستن رکود و تحریک جوانه‌زنی بذر در درختان میوه مختلف نظیر پاپایا (۲۶)، خرمالو (۳۶)، هلو (۱۶)، گردوی ایرانی (۶) گردوی سیاه (۲۹)، محلب (۳۱)، *Pistacia atlantica*، *Pistacia terebinthus* (۷) و فندق (۱۱) استفاده و توصیه شده است. اگرچه کاربرد مواد تنظیم کننده رشد گیاهی به‌طور گسترده‌ای برای رفع رکود در گونه‌های چوبی استفاده می‌شود (۲۷)، ولی اطلاعات کمی در زمینه اثرات سیتوکنین‌ها و ترکیب آن با جیبرلین‌ها بر جوانه‌زنی بذر و رشد بعدی دانهال‌های پسته اهلی (*Pistacia vera* L.) وجود دارد و تاکنون گزارشی در زمینه استفاده از هورمون‌های القاء کننده جوانه‌زنی نظیر جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها جهت شکست رکود بذور پسته رقم بادامی ریز زرند ارائه نشده است. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر هورمون‌های تحریک کننده رشد اسید جیبرلیک و بنزیل آدنین روی میزان جوانه‌زنی بذور و شاخص‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیو شیمیایی دانهال‌های رقم بادامی ریز زرند بوده است.

مواد و روشها

تیمار بذور: بذرهای پسته رقم بادامی ریز زرند از نهالستان بنیاد تعاون زندان اراک در اواخر زمستان ۱۳۹۵ تهیه شدند. بذرها به‌وسیله غوطه‌وری در محلول هیپوکلرید سدیم ۲/۵ درصد برای ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند و پس از شستشو با آب مقطر استریل، به‌مدت ۱۲ ساعت در غلظت‌های مختلف جیبرلین (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppm)، بنزیل آدنین (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ ppm) و ترکیبی از این غلظت‌ها قرار گرفتند. همچنین در تیمار شاهد، بذور بدون اینکه در محلولی قرار گیرند به طور مستقیم کاشته شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳۰ تکرار (۳۰ بذر) برای هر تیمار صورت گرفت.

پس از اعمال تیمارها و ثبت درصد جوانه زنی و سرعت جوانه‌زنی بذور، برای ثبت و یادداشت برداری سایر صفات بذرها در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر حاوی خاک بسیار سبک (۶۰ درصد ماسه، ۳۰

درصد خاک زراعی و ۱۰ درصد کود حیوانی) کاشته شدند و در گلخانه‌ای با فتوپریود طبیعی و دمای ۱۸ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۷۰ درصد نگهداری گردیدند. بستر کاشت هر هفته سه بار آبیاری می‌شد.

آزمون جوانه‌زنی: زمانی که ریشه‌چه به نصف طول بذر رسید، بذرها جوانه زده تلقی شدند. در انتهای دوره جوانه-زنی (۴ هفته)، با استفاده از فرمول زیر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد (۱۳):

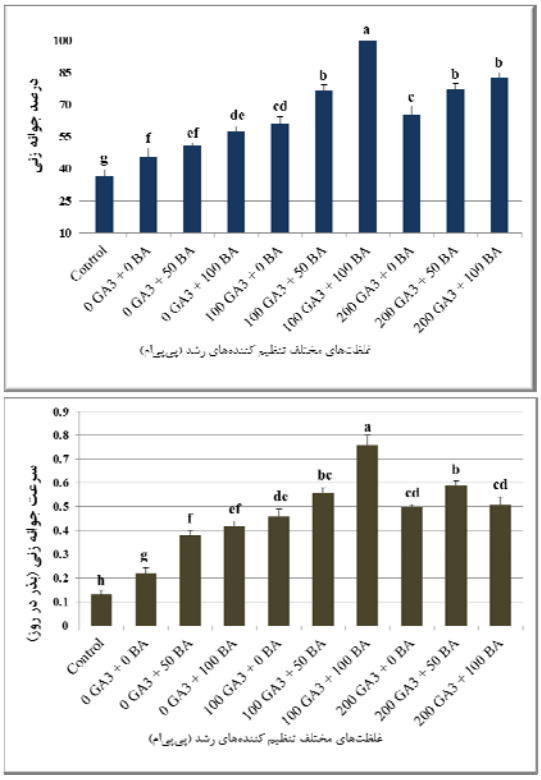
درصد جوانه‌زنی = (تعداد بذر جوانه زده / تعداد کل بذرها) × ۱۰۰

سرعت جوانه‌زنی = $\sum$(تعداد بذر جوانه زده در روز nام / روز nام)

شاخص‌های ریخت شناسی و فیزیولوژیکی: در انتهای آزمایش، دانهال‌ها از خاک جدا و ریشه‌های آنها با آب شستشو داده شدند تا عاری از خاک گردند. به‌دنبال آن، بخش هوایی دانهال‌ها و ریشه‌ها از محل طوقه جهت اندازه‌گیری‌های بعدی جدا گردید. بعد از اندازه‌گیری طول شاخساره و ریشه، وزن تر شاخساره و ریشه و حجم ریشه نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. حجم ریشه به‌وسیله فرو بردن کل ریشه هر دانهال در یک ظرف آب تعیین گردید. آب خارج شده از ظرف در اثر حجم ریشه (که به گرم اندازه گیری می‌شود) برابر با حجم ریشه (که به سانتیمتر مکعب اندازه گیری می‌شود) می‌باشد، به‌گونه‌ای که یک گرم آب برابر با یک سانتیمتر مکعب در دمای اتاق می‌باشد (۱۲). به‌منظور تخمین وزن خشک، نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتیگراد برای ۴۸ ساعت نگهداری و خشک شدند. سپس با استفاده از فرمول وزن خشک = (وزن تر / وزن خشک) × ۱۰۰، درصد ماده خشک تعیین گردید.

شاخص‌های بیوشیمیایی: مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل بر اساس روش Lichtenthaler (۲۳) تعیین گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل، میزان جذب عصاره رنگی در طول موج ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر قرائت گردید.

آنالیز آماری: تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. برای نرمال شدن توزیع داده‌ها، داده‌های مربوط به درصد جوانه-زنی به‌صورت Arc Sin و سایر داده‌ها با استفاده log(x+10) تبدیل شدند.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه-زنی بذور راکد پسته بادامی ریز زرند. ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می-باشند. خطوط بالای هر ستون بیانگر مقدار انحراف استاندارد می‌باشد.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که درصد و سرعت جوانه‌زنی به-طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر

تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۱۰۰ درصد و بیشترین سرعت جوانه‌زنی به میزان ۰/۷۶ بذر جوانه زده در روز مربوط به تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین و کمترین میزان این دو صفت مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنظیم کننده‌های رشد بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور و شاخص‌های رشدی دانهال‌های پسته رقم 'بادامی ریز زرند'

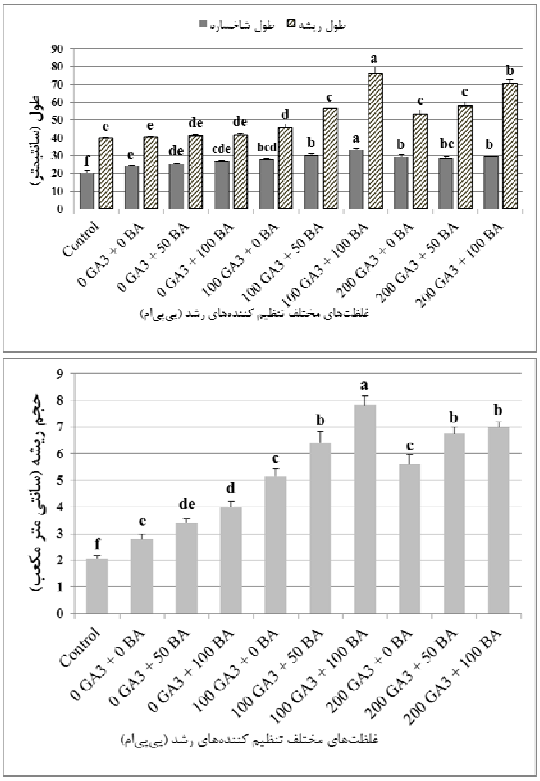
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول شاخساره	طول ریشه	حجم ریشه	وزن تازه شاخساره	وزن تازه ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تیمار	۹	۱۰۸۴/۹۲**	۰/۰۹**	۳۸/۸۲**	۵۰۸/۹۷**	۱۱/۴۹**	۱۶۸/۷۴**	۲۷/۷۲**	۴۶/۱۴**	۲/۰۴**	۳/۳۷**	۲/۰۳**	۱۰/۰۸**
خطای آزمایشی	۲۰	۸/۳۳	۰/۰۰۷	۱	۴/۱۳	۰/۰۷	۳/۶۰	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۵۷
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۴۱	۵/۹۵	۳/۶۳	۳/۸۹	۵/۲۷	۹/۹۳	۵/۴۶	۲/۸۱	۸/۱۷	۳/۱۵	۵/۸۵	۳/۹۲

** معنی‌دار در سطح خطای کمتر از ۰/۰۱

شاخص‌های ریخت شناسی دانهال‌ها: تیمارهای آزمایش اثر بسیار معنی‌داری بر طول شاخساره، طول ریشه و حجم ریشه داشتند (جدول ۱). تیمار تلفیقی ppm۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین منجر به بیشترین طول شاخساره (۳۳/۳۳ سانتیمتر)، طول ریشه (۷۶ سانتیمتر) و حجم ریشه (۷/۸۳ سانتیمتر مکعب) گردید (شکل ۲). کمترین طول شاخساره (۲۰/۳۳ سانتیمتر) و حجم ریشه (۲/۰۶ سانتیمتر مکعب) مربوط به تیمار شاهد بود. کمترین طول ریشه (۳۹/۶۶ سانتیمتر) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد که البته اختلاف معنی داری با تیمارهای صفر ppm اسید جیبرلیک و صفر ppm بنزیل آدنین، صفر ppm اسید جیبرلیک و ppm ۵۰ بنزیل آدنین و صفر ppm اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین مشاهده نشد (شکل ۲).

شاخص‌های فیزیولوژیکی دانهال‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که تیمارهای آزمایش بر وزن تر شاخساره و ریشه و وزن خشک شاخساره و ریشه تأثیر بسیار معنی‌داری دارند. بیشترین وزن تر شاخساره (۳۱ گرم) مربوط به تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین بود که البته اختلاف معنی داری با تیمار تلفیقی ppm ۲۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین نداشت. کمترین وزن تر شاخساره نیز مربوط به تیمار شاهد (۸/۶۶ گرم) بود (شکل ۳). همچنین بالاترین وزن تر ریشه به میزان متوسط ۱۵/۱۶ گرم در تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین و کمترین آن به میزان متوسط ۴/۷۶ گرم در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳). علاوه بر این، تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین منجر به بالاترین وزن خشک شاخساره (۱۱/۵۲ گرم) و ریشه (۳/۸۳ گرم) شد که البته اختلاف معنی داری با تیمار تلفیقی ppm ۲۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین نداشت (شکل ۴). مطابق با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، اعمال تیمارهای مختلف جهت رفع رکود بذور، منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه و بخش‌هایی هوایی دانهال‌ها در پسته (۹)، گردوی سیاه (۲۹)، درخت ماگنولیا (۱۹) و انار (۳۴) شده است.

شاخص‌های بیوشیمیایی دانهال‌ها: تیمارهای آزمایش تأثیر بسیار معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل دانهال‌ها داشتند (جدول ۱).

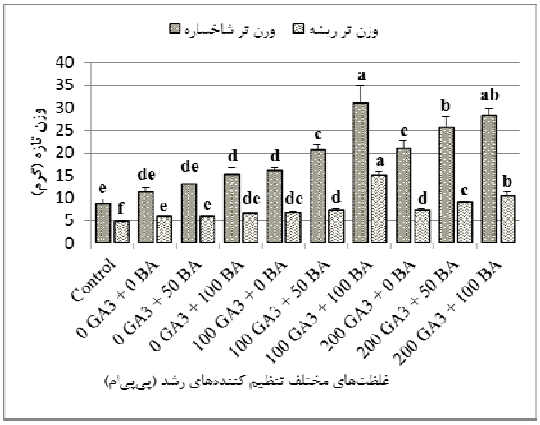


شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر طول شاخساره و ریشه و حجم ریشه دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند. ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. خطوط بالای هر ستون بیانگر مقدار انحراف استاندارد می‌باشد.

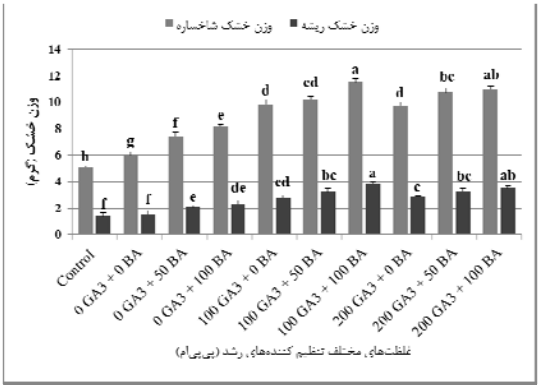
بالاترین میزان کلروفیل a (۱۴/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مربوط به تیمار صفر ppm اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین بود که البته اختلاف معنی داری با تیمار تلفیقی ppm ۲۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین نداشت. بالاترین میزان کلروفیل کلروفیل b (۸/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و کلروفیل کل (۲۳/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مربوط به تیمار صفر ppm اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین و کمترین آنها به‌ترتیب به‌میزان ۱۱، ۵/۵۶ و ۱۶/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۵).

بحث و نتیجه گیری

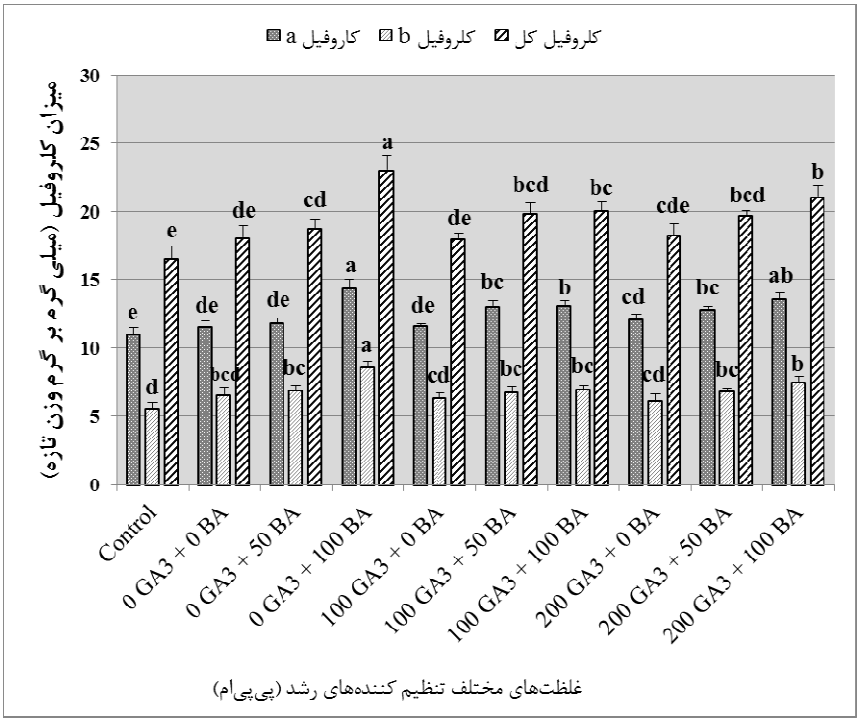
انجمن متخصصین رسمی تجزیه بذر (AOSA) و انجمن بین المللی آزمون بذر (ISTA, 1996) روش‌های مختلفی برای شکستن خفتگی و تحریک جوانه‌زنی بذور گیاهان پیشنهاد داده‌اند که از مهمترین این روش‌ها استفاده از مواد تحریک کننده جوانه‌زنی نظیر اسید جیبرلیک و سیتوکنین‌ها می‌باشد. در این تحقیق نیز از هر دو هورمون استفاده شد و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تیمارهای به‌کار رفته بر همه صفات مورد بررسی تأثیر بسیار معنی‌داری داشتند.



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف بر وزن تازه شاخساره و ریشه دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند. ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. خطوط بالای هر ستون بیانگر مقدار انحراف استاندارد می‌باشد.



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک شاخساره و ریشه دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند. ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. خطوط بالای هر ستون بیانگر مقدار انحراف استاندارد می‌باشد.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل دانهال‌های پسته بادامی ریز زرند. ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. خطوط بالای هر ستون بیانگر مقدار انحراف استاندارد می‌باشد.

نتایج تحقیقات Oguz and Akkuş (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که بالاترین درصد جوانه زنی در پسته رقم اوزن (۸۰ درصد) و رقم سیرت (۷۰ درصد)، به ترتیب با غوطه وری بذرها برای ۱۲ ساعت در ۱۰۰ و ۲۵۰ ppm اسید جیبرلیک به دست آمده است که نسبت به نتایج به دست آمده در این تحقیق کمتر می باشد. در بنه (*Pistacia mutica* F. & M.) و گلخونک (*Pistacia khinjuk* Stock) (۳۲)، هلو (*Prunus persica*) (۱۶)، ازگیل ژاپنی (*Eriobotrya japonica*) (۱) و محلب (*Prunus mahaleb*) (۲) نیز مشخص شده که استفاده از اسید جیبرلیک به‌طور قابل توجهی جوانه‌زنی بذور را افزایش می‌دهد، که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق همخوانی دارد.

هورمون جیبرلین می‌تواند جایگزین مناسبی برای کلیه عوامل موثر بر جوانه‌زنی بذر باشد (۲۱). از این هورمون جهت بهبود جوانه‌زنی و رشد دانهال‌های بسیاری از گیاهان استفاده شده است (۱۴، ۲۹، ۳۱ و ۳۶). اسید جیبرلیک پتانسیل رشد جنین را بهبود بخشیده و شاخص‌های جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد و برای غلبه بر محافظ مکانیکی ایجاد شده توسط دیواره پوششی بذر، به‌وسیله ضعیف کردن بافت‌های احاطه کننده ریشه‌چه ضروری است (۱۷).

سیتوکنین‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در نتیجه هیدرولیز نشاسته و بهبود جوانه‌زنی می‌شود. علاوه‌بر این، سیتوکنین‌ها می‌توانند نفوذپذیری غشاء سیتوپلاسمی و انتقال مواد از غشاء را تحت تأثیر قرار دهند و بدین طریق به رفع رکود بذر کمک نمایند. همچنین سیتوکنین‌ها با تحریک سنتز RNA و DNA، فرآیند تقسیم سلولی در جنین را افزایش داده و از این طریق جوانه‌زنی بذر را تسهیل می‌نمایند. به این ترتیب، سیتوکنین‌ها برای تکمیل القای جوانه‌زنی توسط جیبرلین لازم بوده و به‌طور غیرمستقیم موجب کاهش اثر مواد بازدارنده رشد مانند اسید آبسیزیک می‌شوند (۴). نبئی و همکاران (۵) در تحقیقی بر روی بذر گیاه ریواس دریافتند که درصد جوانه-

زنی با افزایش غلظت هورمون سیتوکنین تا ۵۰۰ پی‌پی‌ام به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

آزمایشات Parvin و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده است که غوطه‌وری بذور گردوی سیاه در محلول ppm ۴۰۰ اسید جیبرلیک به افزایش معنی‌دار شاخص‌های مرفولوژیکی دانهال‌ها منجر شده است. در بادام و هلو، در صورت برآورده شدن نیاز سرمایی بذور، دانهال‌ها رشد طبیعی و قابل قبولی دارند، در غیر این صورت یک نوع رشد رزت نشان می‌دهند که اصطلاحاً پاکوتاه فیزیولوژیکی نامیده می‌شود. تیمار بذور راکد این دو گیاه با اسید جیبرلیک باعث افزایش رشد ریشه و شاخساره و رشد طبیعی دانهال‌ها می‌شود (۱۸، ۲۴ و ۳۰). در پسته رقم آشوری (*Pistacia vera* cv. Ashoury) نیز غوطه‌وری بذرها برای ۱۲ ساعت در ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک منجر به بیشترین طول شاخساره شد (۹)، در حالی که در این تحقیق، تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین منجر به بیشترین طول شاخساره شده است.

Parvin و همکارن (۲۹) اعلام کردند تیمار ppm ۴۰۰ اسید جیبرلیک به همراه دو ماه چینه سرمایی منجر به بیشترین میزان کلروفیل در دانهال‌های گردوی سیاه شد. این نتیجه در شرایطی به‌دست آمد که این محققین در تیمارهای به‌کار رفته از هورمون سیتوکنین استفاده نکردند. در این تحقیق نیز در بین تیمارهای فاقد بنزیل آدنین، بالاترین میزان کلروفیل مربوط به تیمار ppm ۲۰۰ اسید جیبرلیک می‌باشد که البته اختلاف معنی داری با سایر تیمارهای فاقد بنزیل آدنین و شاهد ندارد. افزایش میزان کلروفیل در تیمارهای مربوط به بنزیل آدنین تنها ممکن است به‌دلیل نقش هورمون سیتوکنین در افزایش ساخت کلروفیل و یا جلوگیری از تخریب آن باشد، به‌طوری که از این هورمون برای افزایش عمر پس از برداشت محصولات با رنگ سبز استفاده می‌شود (۲۵).

در حال حاضر، مهمترین معضل تولید نهال پسته در کشور، فاصله زمانی طولانی (حدود ۳ سال) بین کاشت بذر و انجام پیوند می باشد که باعث اتلاف وقت زیاد و افزایش هزینه نهال پیوندی می‌شود. بنابراین، هر تیمار یا تکنیکی که بتواند جوانه‌زنی بذور و رشد بعدی دانهال‌ها را افزایش دهد، به‌گونه‌ای که دانهال‌ها در مدت زمان کوتاه‌تری به مرحله انجام پیوند برسند، گام بزرگ و ارزشمندی در صنعت پسته کاری به‌حساب می‌آید. چینه سرمایی (Stratification) برای القاء جوانه زنی در بذور با درون سخت و چوبی نظیر پسته ضروری است که البته نیاز به زحمت و زمان زیادی دارد (۲۷). یکی از روش‌های جایگزین نیاز سرمایی، استفاده از مواد تنظیم کننده رشد است. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که تیمارهای هورمونی تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و رشد بعدی دانهال‌های پسته دارند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمار تلفیقی ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک و ppm ۱۰۰ بنزیل آدنین به‌منظور تسریع و بهبود فرآیند جوانه‌زنی و تسریع در رشد اندام‌های هوایی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند، توصیه می‌شود.

منابع

۱- عموآقایی، ر. ۱۳۸۹. اثر کاربرد جیبرلین و سرمادهی مرطوب روی تحریک جوانه زنی دانه و رشد بعدی دانه رست ازگیل ژاپنی. مجله پژوهشهای گیاهی. ۲۳: ۲۹۹-۳۰۸.

۲- سخاوتی، ن. حسینی، م. اکبری نیا، م. و رضایی، ا. ۱۳۹۰. اثر اسید جیبرلیک همراه با سرمادهی جهت رفع خواب و افزایش جوانه زنی بذر بدون پوسته و با پوسته محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill)). دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱۹ (۱): ۱۹۲-۲۰۴.

۳- صداقتی، ن. شیبانی تذرجی، ز. تاج آبادی پور، ع. حکم آبادی، ح. حقدل، م. و عبدالهی عزت آبادی، م. ۱۳۸۹. راهنمای تولید پسته (کاشت، داشت و برداشت). انتشارت آموزش و ترویج کشاورزی. ۵۳۳ صفحه.

۴- محمدی، ق. جلالی هنرمند، س. محمدخواه، ا. و احمدی، غ. ۱۳۹۰. جوانه زنی بذر. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۵۳۲ صفحه.

۵- نبئی، م. روشندل، پ. و محمدخانی، ع. ۱۳۹۰. روشهای مؤثر در شکست خواب و افزایش جوانه زنی بذر ریواس (*Rheum ribes* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۲): ۲۱۲-۲۲۳.

۶- ولی زاده کاجی، ب و عباسی فر، ا. ۱۳۹۷. اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و چینه سرمایی بر رفع رکود بذر و شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیو شیمیایی دانهال‌های گردوی ایرانی (Juglans regia L.). مجله پژوهشهای گیاهی. ۳۱ (۱): ۹۲-۱۰۳.

7- Abdullah, M.S. and Younis, S.T. 2002. Effect of gibberellic acid on seed germination *of Pistacia terebinthus* and *Pistacia atlantica*. Journal of Al-Qadisiya, 4: 168- 75. [In Arabic]

8- Almehdi, A.A., Parfit, D.E. and Chan, H. 2002. Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. Scientia Horticulturae, (96): 356-363.

9- Ameen, N.M. and Al-Imam, A. 2007. Effect of soaking periods, gibberellic acid, and benzyladenine on pistachio seeds germination and subsequent seedling growth (*pistacia vera* l.). Mesopotamia Journal of Agriculture, 35: (2).

10- Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 1998. Seeds—ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego. pp. 666.

11- Beyhan, N.M., Affiliation, D.T. and Fakltesi, O.M.Z. 1999. The effect of GA_3 and Stratification on hazelunt seed germination and seedlings growth with and without plastic tube. Ziraat Fakultesi Dergisi, 14: 54-64

12- Burdett, A.N. 1979. A nondestructive method for measuring the volume of intact plant parts. Canadian Journal of Forest Research, 9: 120-122.

13- Copeland, L.O. and Mc Donald, M.B. 2001. Principles of seed science and technology. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 411.

14- Dhupper, R. 2013. Effect of gibberellic acid on seed germination and seedling growth behaviour in three desert tree species. The Journal of Biological Chemistry research, 30(1): 227-232.

15- Einali, A. and Valizadeh, J. 2017. Storage reserve mobilization, gluconeogenesis, and oxidative pattern in dormant pistachio (*Pistacia vera* L.) seeds during cold stratification. Trees, 31:659–671.

16- El-Dengawy, E.F.A. 1997. Physiological and biochemical studies on seeds dormancy and germination process in deciduous fruit trees. Ph.D. Thesis. Fac. Agric. Mansoura University, Egypt. pp. 185.

17- Finch-Savage, W.E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist, 171: 501-523.

18- Grigorian, V. 1972. L'embryogenèse chez l'Amandier (*Prunus amygdalus* Batsch) étude comparé de la dormancies des graines et de la dormances des bourgerons végétatifs. Ph.D. Dissertation. University of Bordeaux, Bordeaux, France. pp. 144.

19- Hassan, F.A. and Fetouh, M.I. 2014. Seed germination criteria and seedling characteristics of *Magnolia grandiflora* L. trees after cold stratification treatments. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 3(3): 235- 241.

20- ISTA. 1996. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 13: 299-513.

21- Kermode, A.R., Xia, H.J. and Schmitz, N. 2001. Dormancy of yellow cedar seeds is terminated by gibbrellic acid in combination with fluridone or with osmotic priming and moist chilling. Seed Science and Technology, 29: 331- 346.

22- Khan, J. Rauf, M.A., Ali, Z., Rashid, H. and Khattack, M.R. 1999. Different stratification techniques on seed germination of pistachio cv. Wild. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2: 1412–1414.

23- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomemberanes. Methods in enzymology, 148: 350-382.

24- Martinez-Gomez, P. and Dicenta, F. 2001. Mechanics of dormancy in seed of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv.GF305. Scientia Horticulture, 91: 51-58.

25- Mok, D.W. and Mok, M.C. 1994. Cytokinins, chemistry, activity and function. CRC, Boca Raton, FL. pp. 304.

26- Nagao, M.A. and Furutani, S.C. 1986. Improving germination of papaya seed by

density separation, potassium nitrate and gibberellic acid. HortScience, 21: 1439–1440.

27- Nasri, F. Ghaderi, N. Mohammadi, J. Mortazavi, S.N. and Koshesh Saba, M. 2013. The effect of gibberellic acid and stratification on germination of alstroemeria (*Alstroemeria ligtu* hybrid) seed in vitro and in vivo conditions. Journal of Ornamental Plants, 3(4): 221-228.

28- Oguz, H.I. and Akkuş, G. 2012. Effects of GA_3 and IBA on germination of pistachio. Indian Journal of Horticulture, 69(3): 420-423.

29- Parvin, P. Khezri, M. Tavasolian, I. and Hosseini, H. 2015. The effect of gibberellic acid and chilling stratification on seed germination of eastern black walnut (*Juglans nigra* L.). Journal of nuts, 6(1): 67-76.

30- Penfield, S. Josse, E.M. Kannangara, R. Gilday, A.D. Halliday, K.J. and Graham, I.A. 2005. Cold and light control seed germination through the bHLH transcription factor spatula. Current Biology, 15: 1998-2006.

31- Pipinis, E. Milios, E. Mavrokordopoulou, O. Gkanatsiou, C.H. Aslanidou, M. and Smiris, P. 2012. Effect of pretreatments on seed germination of (*Prunus mahaleb* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanic, 40: 183-189.

32- Rahemi, M. and Baninasab, B. 2000. Effect of gibberellic acid on seedling growth in two wild species of pistachio. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75(3): 336–339.

33- Rajabiyan, T. Saboora, A. Hassani, B. and FallahHosseini, H. 2007. Effect of gibberellic acid on seed germination and cold acetone (*Ferula assafoetida* L.). Quarterly Scientific-Research of Medicinal and Aromatic Plants, 23: 391-404.

34- Rawat, J.M.S. Tomar, Y.K. and Rawat, V. 2010. Effect of stratification on seed germination and seedling performance of wild pomegranate. Journal of American Science, 6(5): 97-99.

35- Sajadian, H. and Hokmabadi, H. 2015. Effects of humic acid on root and shoot growth and leaf nutrient contents in seedlings of *Pistacia vera* cv. Badami-Riz-Zarand. Journal of Nuts, 6(2): 123-130.

36- Taha, F.A. 1987. Effect of plant growth regulators on seed germination and seedling characters of persimmon root-stock (*Diospyros kaki* L.). Egyptian Journal of Horticulture, 14: 15-20.

37- Tilkat, E. Onay, A. and Tokatli, Y.O. 2009. *In Vitro* rooting improvement of adult pistachio, *Pistacia vera* L. 'Atli'. Acta Hort. 839, International Symposium on Biotechnology of Fruit Species, Dresden, Germany.

The effects of plant growth regulators (GA_3 and Benzyladenine) on seed dormancy breaking and parameters of morphological, physiological and biochemical of pistachio seedlings Cv. 'Badami Rize Zarand'

Abbasifar A.R., Valizadeh kaji B. and Bagheri H.

Dept. of Science in Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, I.R. of Iran

Abstract

Pistachio seeds have irregular and low percentage germination due to dormancy, which causes the next growth of seedlings to be difficult. The purpose of this experiment was to investigate the influence of different concentrations of plant growth regulators (Gibberellic acid and Benzyladenine) on seed dormancy breaking and germination of pistachio Cv. 'Badami Rize Zarand'. This experiment was carried out as a completely randomized design with 10 treatments and 30 replicates in condition of greenhouse. Results showed that different concentrations of plant growth regulators had a significant difference on all parameters investigated ($P<0.01$), as the treatment of 100 ppm GA_3 in combination with 100 ppm BA resulting in the greatest seed germination percentage (100%), germination rate (0.76 seeds per day), shoot length (33.33 cm), root length (76 cm), root volume (7.83 cm^3), shoot fresh weight (31 g), root fresh weight (15.16 g), shoot dry weight (11.52) and root dry weight (3.83). Nevertheless, the highest content of chlorophyll a (14.43 mg/g fresh weight), chlorophyll b (8.63 mg/g fresh weight) and total chlorophyll (23.06 mg/g fresh weight) was related to the treatment of 0 ppm GA3 in combination with 100 ppm BA.

Key words: GA3, BA, Propagation, Germination