دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره چهاردهم، شماره پنجاه و یک، ۱۴۰۱

اثر پیش‌تیمار بذر با هورمون اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسیدهیدروژن بر شکست رکود بذری و برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی فندق (*Corylus avellana*) تحت شرایط آزمایشگاهی

رویا رضازاده[۱]، شهرام صداقت حور[۲]، معرفت مصطفوی راد [۳]

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

چکیده

جوانه‌زنی بذر فندق (*Corylus avellana* L.) تحت شرایط طبیعی به دلیل پوسته سخت و رکود بذری طولانی، کم، نامنظم و غیریکنواخت است. این آزمایش، در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه ثبت و گواهی بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح اسید جیبرلیک صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، سه سطح نیترات پتاسیم صفر، ۱ و ۲ درصد و سه سطح پراکسید هیدروژن صفر، ۰/۵ و ۱ درصد بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل سه‌جانبه اسید جیبرلیک × نیترات پتاسیم × پراکسید هیدروژن بر تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود. حداکثر میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی در واکنش به کاربرد اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. ولی، اثر سطوح مختلف نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن بر شاخص‌های جوانه‌زنی، متفاوت بود. حداکثر مهم‌ترین شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل متوسط جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذرها به‌ترتیب در واکنش به اثرات متقابل سه‌جانبه GA150 + K0 + H1، GA150 + K1 + H1 و GA150 + K2 + H0 مشاهده شد. براساس نتایج این آزمایش، کاربرد اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با نیترات پتاسیم یک درصد + پراکسید هیدروژن یک درصد سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای فندق گردید، ولی در شرایط مشابه کاربرد نیترات پتاسیم دو درصد بدون استفاده از پراکسید هیدروژن منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای فندق گردید.

واژه‌های کلیدی: تکثیر جنسی، خواب بذری، سرعت جوانه‌زنی، فندق، هورمون‌های گیاهی.

رضازاده، ر.، ش. صداقت حور، م.، مصطفوی راد. ۱۴۰۱. اثر پیش‌تیمار بذر با هورمون اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسیدهیدروژن بر شکست رکود بذری و برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی فندق (*Corylus avellana*) تحت شرایط آزمایشگاهی. ۱۴(۵۱): ۴۵-۳۴.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. نویسنده مسئول: Email: r.r134749@yahoo.com

۲- دانشیار گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

۳- استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، رشت، ایران.

مقدمه

فندق (*Corylus avellana* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات خشکباری در جهان و یکی از مغذی‌ترین دانه‌های خوراکی است که سرشار از انرژی، پروتئین، کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم و ویتامین B می‌باشد و برگ، شکوفه و پوست فندق کاربرد دارویی دارد. ازدیاد فندق معمولاً از طریق خوابانیدن و قلمه زدن انجام می‌شود. ولی، همانند بسیاری از گیاهان چوبی، ریشه‌دار کردن قلمه‌ها بسیار مشکل است و تکثیر از طریق پیوند زدن نیز به‌دلیل عدم تشکیل کالوس موفقی بین پایه و پیوند به سختی انجام می‌شود (قائم‌مقامی و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی، بذر مهم‌ترین عامل تولید مثل جنسی گیاهان است و علاوه بر حفاظت ذخایر توارثی، حفظ و بقای نسل گونه‌های گیاهی در شرایط سخت زیست‌محیطی، نقش مهمی در انتقال خصوصیات وراثتی، سازوکارهای پراکنش و استقرار گیاه در مناطق مختلف دارد (ایسن و همکاران، ۲۰۰۷). تکثیر از طریق بذر روش ساده و مقرون به صرفه‌ای می‌باشد، ولی جوانه‌دار کردن بذرها با مشکلات زیادی مواجه است راهبردهای مختلفی برای رفع این مشکل ارائه شده است (افضل و همکاران، ۲۰۱۳). پیش‌تیمار بذرها با مواد شیمیایی مختلف یک روش ساده و مقرون به صرفه اقتصادی در راستای تسهیل جوانه‌زنی محسوب می‌شود (وحید و همکاران، ۲۰۰۷)، که با اهداف تسریع در یکنواختی جوانه‌زنی، بهبود استقرار جوانه، تحریک رشد رویشی و تحمل تنش‌های محیطی در برخی از محصولات انجام می‌شود (افضل و همکاران، ۲۰۰۸ و قاسمی پیربلوطی و همکاران، ۱۳۸٦).

به‌منظور شکستن خواب بذری گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای و تحریک جوانه‌زنی استفاده از برخی مواد شیمیایی نظیر اسید سولفوریک، نیترات پتاسیم و اسید جیبرلیک توسط ایستا (۲۰۲۳) پیشنهاد شده است. جیبرلین یکی از مواد تحریک کننده رشد گیاهی است که بیشترین کاربرد مستقیم را در کنترل و تسریع جوانه‌زنی دارد. کنترل رویش، توسط هورمون اسید جیبرلیک به‌طور عمده از طریق نفوذپذیری غشاء و اثر آن بر سطح اولیه ATP و سطوح انرژی در جنین انجام می‌گیرد که منجر به رویش و جوانه‌زنی می‌شود. در حقیقت، با افزایش هورمون جیبرلین، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز افزایش یافته و در نتیجه نشاسته تجزیه و قندهای بیشتری برای تنفس و متابولیسم فراهم می‌شود که می‌تواند یکی از دلایل افزایش درصد جوانه‌زنی توسط هورمون جیبرلین باشد (کیسکین و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین، جیبرلین باعث مهار اثرات منفی ABA روی جوانه‌زنی می‌گردد (بیرگیت و همکاران، ۲۰۰۵) و رشد گیاهان به‌دلیل افزایش تقسیم سلولی و طویل شدن سلولی در واکنش به کاربرد اسید جیبرلیک افزایش می‌یابد (زارع و همکاران، ۲۰۰٦ و پرمون و همکاران، ۱۳۹۲). اثر جیبرلیک در شکستن دوره خواب در بذرهای بسیاری از گونه‌های گیاهی بدون دریافت سرمای کافی گزارش شده است (گل محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، گزارش شده است که کاربرد اسید جیبرلیک موجب افزایش جوانه‌زنی بذرهای گندم (اشکب و همکاران، ۲۰۱٤) و باریجه (نجفی و همکاران، ۲۰۰٦) گردید. در آزمایش دیگری گزارش شده است که اسید جیبرلیک به‌عنوان یک محرک شیمیایی سبب شکستن خواب فیزیولوژیک بذر و شروع جوانه‌زنی بذر گیاهان شد (نبئی و همکاران،۱۳۹۲).

محققان دیگری نشان دادند که آب اکسیژنه (H_2O_2) تأثیر بسیار معنی‌داری در شکستن خواب بذر داشت (یانگ و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین، ترکیبات حاوی نیتروژن شکست خواب و جوانه‌زنی را در بسیاری از گونه‌های گیاهی تحریک می‌کنند و نیترات پتاسیم به‌طور گسترده‌ای برای شکستن خواب بذری استفاده می‌شود. به‌طوری که فرج اللهی (۱۳۹۰) نیترات پتاسیم را پرمصرف‌ترین ماده شیمیایی برای افزایش جوانه‌زنی گزارش کرده است. سیادت و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر ذرت با نیترات پتاسیم (KNO_3) و GA_3 سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای ذرت گردید. محققان دیگری در مطالعه بر روی ذرت نشان دادند که پیش‌تیمار بذرها سبب افزایش جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و رشد گیاه گردید (پیراسته انوشه و همکاران، ۲۰۱۱). در گزارش دیگری بیان شده است پیش‌تیمار زمان جوانه‌زنی آفتابگردان را کاهش و درصد جوانه‌زنی آن را افزایش داد (وحید و همکاران، ۲۰۰۸ و حسین و همکاران، ۲۰۰٦) و پیش‌تیمار بذرهای کلزا سبب بهبود کارایی جوانه‌زنی آن گردید (محمدی و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، در مطالعه بر روی آفتابگردان گزارش شده است که پیش‌تیمار بذرها طول ریشه چه، ارتفاع گیاهچه، وزن گیاهچه و تعداد برگ‌های گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده افزایش یافت (بیجه‌باج، ۲۰۱۰). ناسیمنتو و آراگائو (۲۰۰٤) مشاهده کردند که پرایمینگ بذرهای خربزه در محلول نیترات پتاسیم باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی آنها شد و پرایمینگ بذر هندوانه با استفاده از KNO_3 باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها گردید (دیمیر و اوزتاکات، ۲۰۰۳). هدف این آزمایش، بررسی اثر اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسیدهیدروژن بر جوانه‌زنی بذرهای فندق تحت شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه واحد ثبت و گواهی بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان (رشت) انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد و تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح اسید جیبرلیک (GA_3) صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، سه سطح نیترات پتاسیم (KNO_3) صفر، ۱ و ۲ درصد و سه سطح پراکسید هیدروژن (H_2O_2) صفر، ۰/۵ و ۱ درصد بود. GA_3، H_2O_2 و KNO_3 مورد استفاده تولید شرکت مرک آلمان بود که از شرکت مجتمع صنایع شیمیایی دکتر مجللی مرکز خریداری گردید و محلول‌های مورد نظر آماده‌سازی شد. بذرهای تازه فندق رقم گرد اشکورات در آبان ماه ۱۳۹۶ از باغات شمال کشور (منطقه اشکورات رودسر) جمع‌آوری شدند که رقم غالب فندق در استان گیلان بوده و بیشترین سطح زیر کشت را در باغات فندق و سازگاری مناسبی با شرایط اقلیمی منطقه و عملکرد خوبی دارد. بذرها به تعداد لازم بعد جداسازی پریکارپ و انتقال در آزمایشگاه، برای آزمایش آماده‌سازی شدند. جهت آزمایش ابتدا پوسته چوبی بذرها حذف وسپس آن‌ها با آب حاوی چند قطره مایع ظرفشویی شسته شدند و در مرحله بعد به‌ترتیب در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به‌مدت ۲۰ دقیقه، آب مقطر استریل ۵ دقیقه، الکل ۷۰ درصد به‌مدت ۲۰ ثانیه، آب مقطر استریل ۵ دقیقه و دوباره در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به‌مدت ۲۰ دقیق قرار داده شدند و سرانجام سه مرتبه با آب مقطر آبکشی شد. استفاده از محلول نیم در هزار دیازینون و محلول قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس یک در هزار جهت ضد عفونی بذرها استفاده شد. سپس بذرها به‌مدت یک هفته در دمای ۷- درجه سلسیوس و در تاریکی قرار داده شدند. قرار گرفتن بذرها در معرض سرما، سبب بهبود جوانه‌زنی آن‌ها در دماهای مطلوب پس از اعمال تیمارهای مورد مطالعه می‌شود (یوسفی تنها و فلاح، ۱۳۹۵).

بذرهای فندق جهت پیش‌تیمار کردن به‌مدت ۲٤ ساعت در محلول اسید جیبرلیک با غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، (کشتکار و همکاران، ۲۰۰۹)، به‌مدت ۲٤ ساعت در محلول نیترات پتاسیم با غلظت‌های یک و دو درصد (علی و همکاران، ۲۰۱۰) و به‌مدت ۸ ساعت در محلول پراکسید هیدروژن ۰/۵ و یک درصد (رسولی و همکاران، ۱۳۹٤) و بذرهای مربوط به تیمار شاهد نیز به‌مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر (قاسمی پیربلوطی و همکاران، ۱۳۸٦) قرار داده شدند و سپس در مخلوط پرلیت و ماسه مرطوب و در دمای ۷ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۰ هفته به‌منظور بررسی و ثبت درصد جوانه‌زنی در هر هفته، کشت شدند. در این آزمایش از پتری دیش‌های دایره‌ای با اندازه دهانه ۱۲ سانتی‌متر استفاده شد و به جای کاغذ صافی از یک لایه نازک مخلوط پرلیت و ماسه برای بستر بذر استفاده گردید. در هر پلات یا کرت (پتری) و برای هر تیمار تعداد ۵۰ بذر در هر پتری کشت گردید. برای تأمین رطوبت بذرها هر سه روز یکبار آب روی بذرها و کف محل نگهداری آنها پاشیده می‌شد. بعد از گذشت ۱۰ روز و پس از جوانه‌زنی بذرها، تمام کشت‌ها در اتاق رشد کنترل شده (با دمای ۲۵ سلسیوس، رطوبت ۷۰ درصد و دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) قرار داده شدند و پس از یک ماه از زمان کشت، صفات مورد مطالعه اندازه‌گیری و ثبت گردید.

شاخص‌های درصد جوانه‌زنی کل و سرعت جوانه‌زنی کل با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (الیس و روبرت، ۱۹۸۰):

$$\text{درصد جوانه‌زنی کل} = \frac{\sum(\text{تعداد بذر جوانه‌زده روز } n)}{\text{تعداد کل بذرها}} \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{سرعت جوانه زنی کل} = \sum\left(\frac{\text{تعداد بذر جوانه‌زده تا روز } n}{n}\right) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، n تعداد روز را نشان می‌دهد.

همچنین، شاخص‌های متوسط جوانه‌زنی روزانه (هانتر و همکاران، ۱۹۸٤) و سرعت جوانه‌زنی روزانه (ماگیر، ۱۹٦۲) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$\text{متوسط جوانه زنی روزانه} = \frac{FGP}{D} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{سرعت جوانه زنی روزانه} = \frac{1}{MDG} \qquad \text{رابطه (٤)}$$

در رابطه (۳)، FGP درصد بذرهای جوانه‌زده نهایی و D: تعداد روز تا پایان دوره آزمایش و در رابطه ٤ MDG متوسط جوانه‌زنی روزانه را نشان می‌دهند. برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه، از هر ظرف کاشت، پنج گیاه‌چه به‌صورت تصادفی

انتخاب شد. سپس وزن تر آنها توزین و برای اندازه‌گیری وزن خشک، گیاه‌چه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ سلسیوس قرار گرفت و پس از خارج کردن آنها از آون وزن خشک گیاه‌چه‌ها به‌وسیله ترازوی دقیق توزین شد. همچنین، بنیه گیاهچه از ضرب طول گیاهچه در درصد جوانه‌زنی به‌دست آمد (کالسا و ابیبی، ۲۰۱۲). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم-افزار آماری SAS نسخه 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن و برای رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد روز تا جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه‌جانبه اسید جیبرلیک × نیترات پتاسیم × پراکسید هیدروژن بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در فندق معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد ۷۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون اسید جیبرلیک همراه با محلول‌های یک درصد نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن سبب تسریع در جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای فندق گردید و کمترین تعداد روز تا جوانه‌زنی (۲۲/۳۳) را نشان دادند (جدول ۲). برخی از تیمارهای اعمال شده نتوانست جوانه‌زنی در بذرهای فندق را تحریک کند و یا مانع از جوانه‌زنی گردیدند و بدین ترتیب برخی تیمارها فاقد بذرهای جوانه‌زده بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که تراکم بذرهای جوانه‌زده تحت تاثیر اسید جیبرلیک بیشتر از تیمارهای دیگر بود. نتایج تحقیقات پیشین نشان داد که اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم می‌تواند جایگزین سرمادهی شود و باعث شکستن خواب در بذرهای گیاهان شود (قاسمی پیربلوطی، ۱۳۸٦). همچنین، رسولی و همکاران (۱۳۹٤) گزارش کردند که کاربرد پراکسید هیدروژن سبب افزایش جوانه‌زنی در بذرهای بادام درختی و هلو گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در فندق تحت تاثیر اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن

تیمار	درجه آزادی	تعداد روز تا جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی روزانه	وزن گیاهچه	متوسط جوانه‌زنی روزانه	درصد جوانه‌زنی کل	سرعت جوانه‌زنی کل	بنیه گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
اسید جیبرلیک (GA)	۲	۲۵۰۳*	۱۸/۸۱**	۱/۸۵ **	۳٤۰۷**	۲۰/۷۸ ns	۰/۱۰**	۰/۲٤**	۳/٤٦ ns	۱۵/٦۰ **
نیترات پتاسیم (K)	۲	٤۱٦ ns	٤/۱٤ ns	۰/۱۲ ns	۲۱۷۹**	٤٦/۰۸ ns	۰/۰٦**	۰/۱۲**	٦/۳۲*	۲۹/۸۵ **
پراکسید هیدروژن (H)	۲	۱٦۷۱*	۲/۸۱ ns	۰/٦٤ ns	۱۵۳**	۳۱/۳۰ ns	۰/۰۲ ns	۰/۳۱**	۱/٤۵ ns	۵/۰۰ ns
GA × K	٤	۳۱۵۰**	۱۵/٤۰**	۱/۸۹ **	٦۳٤**	۱۷۱/۰۱ **	۰/۱۲**	۰/۲۳**	٦/۰٤**	۱۵/٤۹ **
GA × H	٤	۲۵۳۰**	۱۰/۰۷**	۱/٦٤ **	۲٦۳**	٤٤/٤۳ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۳ ns	۳/٤۰ ns	۲۹/۱۰ **
K×H	٤	٤۱۸ ns	۲/۵۱**	۰/۲۲ ns	٤۲۱**	۱۲۷/۰۰ **	۰/۰۲ ns	۰/۰۵*	۰/۹٦ ns	۱/۳۷ ns
GA × K× H	۸	۲۸۹۷**	۵/۳۳**	۱/۵۱ **	۲۷٤**	۵۹/۲۰*	۰/۰٤*	۰/۰۵*	٤/۸۸*	۲۰/٦۰ **
اشتباه آزمایشی	۵٤	۵۱۸	۱/۸۲	۰/۲۳	۲۱/۳	۲۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۵٤	۲/۹۹
ضریب تغییرات (C.V %)	–	۱۳/۷	۱۷/۰۲	۱۲/۱۰	۱۹/٤۸	۱۲/۷۸	۱٦/۸۷	۱۲/۳	۱۵/۰٦	۱۸/۲۲

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

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در بذرهای فندق تحت اثر متقابل اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن

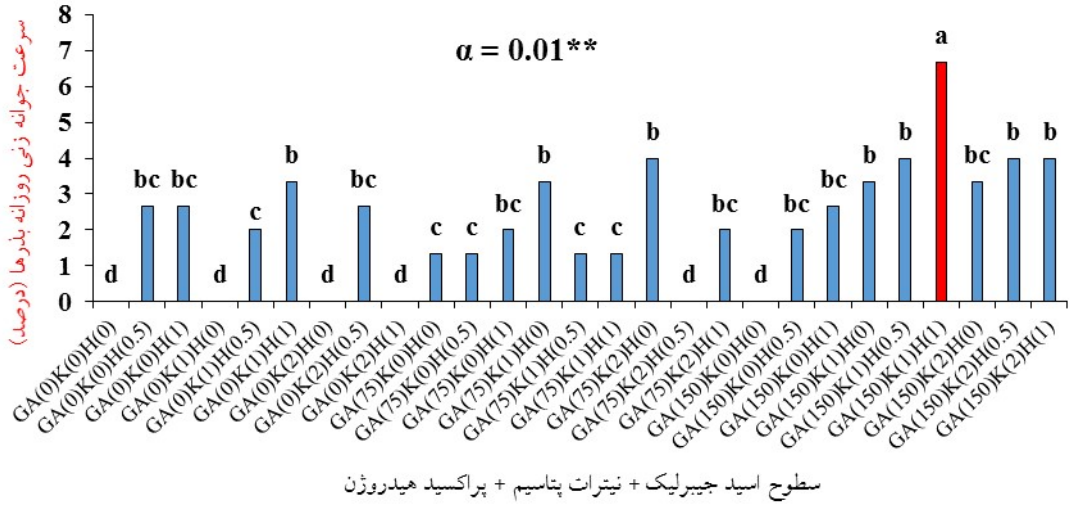
اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)	نیترات پتاسیم (درصد)	پراکسید هیدروژن (درصد)	تعداد روز تا جوانه‌زنی	وزن گیاهچه (گرم)	متوسط جوانه‌زنی روزانه (درصد)	بنیه گیاهچه	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)
صفر	صفر	صفر	f۰/۱۰	c۰/۰۱	f۰/۰۳	f۰/۰۱	e۰/۰۱	e۰/۰۲
		۰/۵	c٤۸/۰۰	b۰/۷۱	e۱/۰۹	c۰/۱۷	c۰/٦٤	cd۳/۳۵
		۱	b۵۸/٦۷	b۰/٦۷	e۸/۸۷	c۰/۱۷	d۰/۱۸	cd۳/۰۸
	۱	صفر	f۰/۱۵	c۰/۰۱	f۰/۰۳	f۰/۰۱	e۰/۰۱	e۰/۰۳
		۰/۵	c٤٤/۲۲	ab۱/۱۳	d۱۱/۱۳	c۰/۱۹	b۲/٤۵	d۲/٤٤
		۱	b٦۰/۱٦	ab۱/۱۷	d۱۳/۸۰	c۰/۱٦	a۳/٤۵	d۲/۵۷
	۲	صفر	f۰/۱۰	c۰/۰۲	f۰/۰۱	f۰/۰۱	e۰/۰۵	e۰/۰۱
		۰/۵	b٦۵/۳۳	۱/۵٤	e٦/۷۰	e۰/۰۷	b۲/۲٤	d۲/۵٤
		۱	c۵۲/۳۳	c۰/۱۵	f۰/۰۹	f۰/۱۱	e۰/۰۱	e۰/۰٦
	صفر	صفر	d۳٦/۱۱	ab۱/۰۹	e۱/٦۷	e۰/۰۲	b۲/۱۱	c٤/۱۰
		۰/۵	c٤٤/۵۰	b۰/۵۵	f۰/۰۱	d۰/۱۰	c۱/۰۲	d۲/۱۳
		۱	bc٤۹/۳۳	ab۱/۰۳	e۱/٦۷	e۰/۰۳	bc۱/۸۱	b۵/۵۳
۷۵	۱	صفر	c٤۵/۳۳	ab۱/۱۲	b۳۵/۰۰	a۰/۵۰	bc۱/۷۳	ab٦/۲۳
		۰/۵	bc٤۹/۳۳	ab۱/۰۵	b۳۳/۹۳	ab۰/۳۵	c۱/٦۸	cd۳/٤٦
		۱	e۲۱/۳۳	b۰/۵۵	b۳۰/٦۰	a۰/۳۸	c۰/۹۷	cd۳/٦۷
	۲	صفر	b٦٤/۰۰	a۱/۵٦	c۲۵/۰۰	c۰/۲۳	c۰/۹۲	d۱/۹۷
		۰/۵	b٦۷/۳۳	a۱/۵۹	b۳۵/۹۰	b۰/۳۳	c۱/٦٦	e۰/۰۰
		۱	a۷۳/۳۳	a۱/٦۳	e٦/۷۰	c۰/۱۹	ab۲/۵۳	a۷/۲۸
۱۵۰	۱	صفر	c۵۵/۳۳	ab۱/۱۹	e۱/۸۸	b۰/۳۱	b۲/۲۲	cd۳/۱۲
		۰/۵	b٦٤/۰۰	a۱/۵۷	e۳/٤۰	e۰/۰۲	c۰/۹٤	a۷/۸۷
		۱	a۷۰/٦۷	a۱/۷۲	a٤۳/۳٦	a۰/٤۹	ab۲/۵۰	ab۵/۹٦
	۱	صفر	ab٦۹/۳۳	a۱/٦٤	ab۳۷/۸۰	a۰/٤۱	bc۱/۷۹	b٤/۹٤
		۰/۵	ab٦۹/۳۳	a۱/۵۱	b۳۳/۹۰	b۰/۳۱	bc۱/۷۱	ab۵/۷۱
		۱	b٦۵/۳۳	a۱/۵٤	c۲۷/۲۳	b۰/۳۱	bc۱/۸۳	bc٤/۷۲
	۲	صفر	ab٦۸/٤۰	a۱/۷۳	b۳۵/۰۰	a۰/۵۱	ab۲/۸۱	ab۵/۸٦
		۰/۵	b٦۷/٤۰	a۱/٦٤	b۳۲/۲۳	a۰/٤۲	cd۰/۸۹	bc٤/۷۵
		۱	b٦٤/۷۹	a۱/٦۲	c۲۲/۲۷	a۰/٤۰	cd۰/۸۳	b۵/۱۰

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

سرعت جوانه‌زنی روزانه

نتایج نشان داد که کاربرد ۷۵ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید همراه با محلول‌های یک درصد نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن با رفع نیاز سرمایی بذرهای فندق برای شکستن خواب بذری و افزایش جوانه‌زنی بذرهای فندق سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی روزانه گردید (شکل ۱). سرعت جوانه‌زنی روزانه عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است و دیسانایاک و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که اسید جیبرلیک علاوه بر مرتفع کردن نیاز سرمایی بذر، تقسیم سلولی را در جنین تحریک و انتقال مواد از آندوسپرم به سمت جنین را تسریع کرد و منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی روزانه بذرها گردید. محققان

دیگری گزارش کردند که کاربرد مواد شیمیایی نظیر نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذرها در گونه‌های کاج مثبت بود و کاربرد پراکسید هیدروژن سبب شکستن خواب و تسریع در جوانه‌زنی بذرهای بادام درختی و هلو گردید (رسولی و همکاران، ۱۳۹٤).



شکل ۱- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی روزانه بذرهای فندق تحت اثر متقابل اسید جیبرلیک × نیترات پتاسیم × پراکسید هیدروژن
سطوح اسید جیبرلیک: صفر (GA0)، ۷۵ (GA75) و ۱۵۰ (GA150) میلی‌گرم در لیتر؛ سطوح نیترات پتاسیم: صفر (K0)، ۱ (K1) و ۲ (K2) درصد؛ سطوح پراکسید هیدروژن: صفر (H0)، ۰/۵ (H0.5) و ۱ (H1) درصد.

وزن گیاهچه

نتایج نشان داد که در بین تیمارهای شیمیایی اعمال شده، اسید جیبرلیک با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر همراه با محلول‌های یک درصد پراکسید هیدروژن و عدم کاربرد نیترات پتاسیم کمترین وزن گیاهچه (۱/۰۲٦۷ گرم) را نشان دادند (جدول ۲). در این آزمایش، کاربرد اسید جیبرلیک و پراکسید هیدروژن تحت شرایط عدم استفاده از نیترات پتاسیم منجر به کاهش وزن گیاهچه شد. در این راستا، شاه و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که جیبرلیک اسید زمانی بر جوانه‌زنی موثر است که همراه با نیترات پتاسیم به‌کار برده شود و افزایش بیش از حد اسید جیبرلیک نه تنها اثر افزایشی بر تقسیم سلولی نخواهد داشت بلکه مانع رشد جنین نیز خواهد شد. بدین ترتیب، نتایج بیانگر آن است که کاربرد اسید جیبرلیک بدون استفاده از نیترات پتاسیم سبب کاهش تقسیم سلولی و تجمع ماده خشک در گیاه و کاهش وزن گیاهچه می‌شود. همچنین، طویلی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که پیش‌تیمار بذرهای علف شور با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم باعث افزایش وزن گیاهچه شد. به‌علاوه، گزارش شده است که پیش‌تیمار با نیترات‌پتاسیم باعث توزیع مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام‌های هوایی و افزایش فعالیت ساکارز سینتاز و گلوتامین سینتاز و در نتیجه باعث افزایش تولید ماده خشک گردید (لای و همکاران، ۲۰۱۵).

متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرها

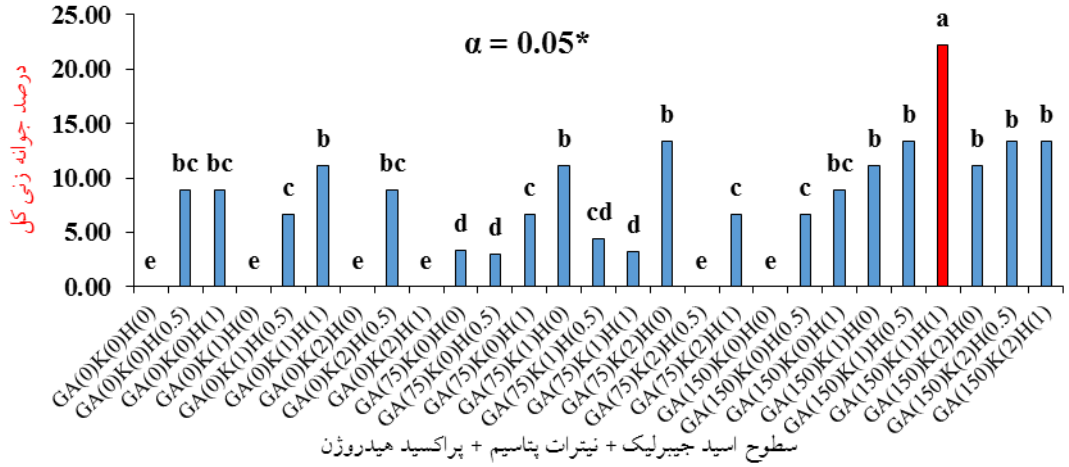
در این آزمایش، کاربرد تلفیقی ۱۵۰ میلی‌گرم اسید جیبرلیک و محلول یک درصد پراکسید هیدروژن بدون اعمال تیمار نیترات پتاسیم بالاترین متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرها (٤۳/۳٦ درصد) را نشان داد (جدول ۲). متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG)[1] در واقع شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است و اعمال نیترات پتاسیم سبب کاهش متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرها گردید و کاربرد ترکیبی اسید جیبرلیک و پراکسید هیدروژن تأثیر مثبت بر سرعت و درصد جوانه‌زنی داشت و با یافته‌های تحقیقاتی زین العابدینی و همکاران (۲۰۰۹) مشابه بود که نشان دادند کاربرد خارجی اسید جیبرلیک و پراکسید هیدروژن بر جوانه‌زنی بذرها بدون پوسته سخت چوبی برخی گونه‌های بادام درختی اثر مثبت داشت. نتایج مشابه‌ای نیز توسط ژو و همکاران (۲۰۰۳) و کوماری و همکارن (۲۰۱۷) گزارش شده است.

درصد جوانه‌زنی کل

بیشترین درصد جوانه‌زنی کل بذرهای فندق با میانگین ۲۲/۲۲ درصد در واکنش به اثر متقابل سه‌جانبه GA150 × K1 × H1 به‌دست آمد (شکل ۲). نیترات پتاسیم اگرچه اثر کمی بر روی برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای فندق داشت که احتمالا ناشی از کم

[1]- Mean daily germination

بودن تأثیر این ترکیب در افزایش نفوذپذیری و شکافتن پوسته بذر برای خروج جوانه می‌باشد، در ترکیب با اسید جیبرلیک و پراکسید هیدروژن بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد. در مطالعه مشابه‌ای، گزارش شده است که درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر اسید جیبرلیک در انغوزه افزایش پیدا کرد (کشتکار و همکاران، ۲۰۰۹) و تیمار بذرهای گیاه کور با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم با کاهش اثرهای بازدارندگی ترکیبات پوسته بذر سبب تحریک زمان جوانه‌زنی و رشد این گیاهچه شد (اولمیز و همکاران، ۲۰۰۴).



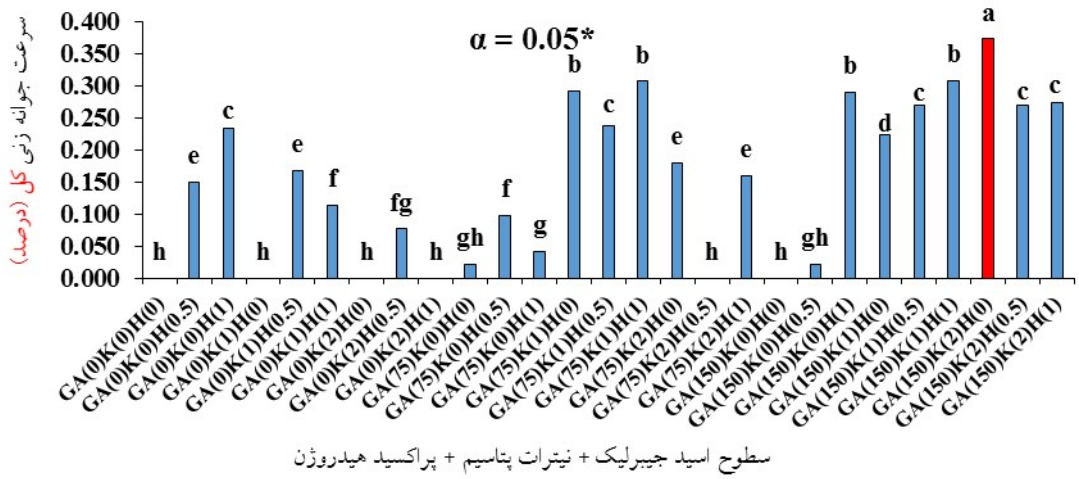
شکل ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی کل بذرهای فندق تحت اثر متقابل اسید جیبرلیک × نیترات پتاسیم × پراکسید هیدروژن

سطوح اسید جیبرلیک: صفر (GA0)، ۷۵ (GA75) و ۱۵۰ (GA150) میلی‌گرم در لیتر؛ سطوح نیترات پتاسیم: صفر (K0)، ۱ (K1) و ۲ (K2) درصد؛ سطوح پراکسید هیدروژن: صفر (H0)، ۰/۵ (H0.5) و ۱ (H1) درصد.

نتایج بیانگر آن است که اثر ترکیبی اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن در پاسخ به فرآیندهای متابولیکی بذرها مفید است و این ترکیب ممکن است سبب بیوسنتز اکسین و شروع رویش جنین گردد و با افزایش غلظت نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی که از عوامل مؤثر بر استقرار گیاهان می‌باشند بواسطه ضعیف شدن پوشش بذری و کاهش استحکام پوسته بذر و کاهش طول دوره مرحله تأخیری در طی فرآیند جوانه‌زنی افزایش می‌یابند (خان و همکاران، ۱۹۹۹). بدین ترتیب، نفوذپذیر کردن پوسته بذر با کاربرد خارجی مواد شیمیایی سبب افزایش مقدار رطوبت و اکسیژن قابل دسترس بذرها و حذف مواد بازدارنده جوانه‌زنی در پوسته بذر می‌گردد و ذخایر عناصر غذایی جنین را غنی و جوانه‌زنی را تسریع می‌کند. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد ترکیبات محرک جوانه‌زنی مانند نیترات پتاسیم و اسید جیبرلیک با تحریک سنتز DNA و RNA در بذرها، رشد و تقسیم سلولی در رویان را تسهیل کرده و نفوذپذیری غشای سلولی و تبادلات مواد ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد و موجب تغییر در جابجایی یون‌ها (به‌ویژه کلسیم) و در نتیجه پیام‌رسانی به سلول برای تحریک تولید اسید جیبرلیک می‌شود و خواب فیزیولوژیک بذر را برطرف می‌کند که سبب می‌شود درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یابد (لای و همکاران، ۲۰۱۵). محققان در آزمایش دیگری گزارش نمودند که تیمار بذرهای گیاه کور با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم با کاهش اثرهای بازدارندگی ترکیبات پوسته بذر سبب افزایش درصد جوانه‌زنی گیاه گردید (اولمیز و همکاران، ۲۰۰۴).

سرعت جوانه‌زنی کل

بیشترین سرعت جوانه‌زنی کل در واکنش به کاربرد ترکیبی ۱۵۰ میلی‌گرم اسید جیبرلیک، محلول ۲ درصد نیترات پتاسیم و عدم استفاده از پراکسید هیدروژن به‌دست آمد (شکل ۳). در این آزمایش، به موازات افزایش مقدار اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم سرعت جوانه‌زنی افزایش نشان داد. ولی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذرهای فندق در شرایط عدم کاربرد پراکسید هیدروژن مشاهده گردید. محققان در مطالعه مشابه‌ای نشان دادند که پیش‌تیمار بذرها با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم به‌مدت ۲۴ ساعت سبب افزایش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای ذرت شد (کوماری و همکاران، ۲۰۱۷). به‌نظر می‌رسد که افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای پیش‌تیمار شده با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم به‌علت جذب سریع‌تر آب و افزایش غلظت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی می‌باشد (سیادت و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۳- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی کل بذرهای فندق تحت اثر متقابل اسید جیبرلیک × نیترات پتاسیم × پراکسید هیدروژن
سطوح اسید جیبرلیک: صفر (GA0)، ۷۵ (GA75) و ۱۵۰ (GA150) میلی‌گرم در لیتر؛ سطوح نیترات پتاسیم: صفر (K0)، ۱ (K1) و ۲ (K2) درصد؛
سطوح پراکسید هیدروژن: صفر (H0)، ۰/۵ (H0.5) و ۱ (H1) درصد.

بنیه گیاه‌چه

در این آزمایش، کاربرد ترکیبی ۱۵۰ میلی‌گرم اسید جیبرلیک، محلول ۲ درصد نیترات پتاسیم و عدم استفاده از پراکسید هیدروژن بیشترین میزان بنیه گیاه‌چه فندق را نشان داد (جدول ۲). نتایج بیانگر نقش بارز اسید جیبرلیک در افزایش بنیه گیاه‌چه‌های فندق بود. ولی، سطوح مورد مطالعه نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن در سطوح مختلف جیبرلیک اسید اثرات متفاوتی بر بنیه گیاه‌چه‌های فندق نشان دادند. در حقیقت، یکی از اهداف اصلی پیش‌تیمار بذرها افزایش بنیه گیاه‌چه می‌باشد که بیشتر تحت تاثیر اسید جیبرلیک قرار گرفت (زین‌العابدینی و همکاران، ۲۰۰۹). محققان دیگری گزارش کردند که پیش‌تیمار بذرها با اسید جیبرلیک، سبب افزایش رشد رویان در بذرها گردید و این پدیده بنیه گیاه‌چه را افزایش داده و ظهور گیاه‌چه‌ها را بهبود بخشید (امیدی و همکاران، ۲۰۰۵). در آزمایش دیگری گزارش شده است که پیش‌تیمار بذرها با اسید جیبرلیک، سبب افزایش بنیه گیاه‌چه زیره سبز (نعمت‌الهی و همکاران، ۲۰۰۹)، گیاه سیاه دانه (فتحی امیرخیز و همکاران، ۱۳۹۲) و گیاه‌چه‌های خشخاش (گل محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۵) گردید.

طول ریشه‌چه

در این آزمایش، بلندترین طول ریشه‌چه تحت شرایط عدم کار برد اسید جیبرلیک، در واکنش به سطوح مختلف نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن به‌دست آمد (جدول ۲). بدین ترتیب، کاربرد ترکیبی نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن تأثیر بیشتری نسبت به اسید جیبرلیک بر رشد ریشه‌چه داشت و با یافته‌های تحقیقاتی بهات و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت که نشان دادند که پیش‌تیمار بذرهای گیاه نی نهاوندی با GA_3 تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه این گیاه نداشت. در حالی‌که بیات و همکاران (۱۳۹۳) دریافتند که پیش‌تیمار بذرها با اسید جیبرلیک بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه گیاه سرخارگل مثبت بود. این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی گیاهان در واکنش به تیمار اسید جیبرلیک و روش‌های اعمال تیمارها و یا تغییرات محیط آزمایشی باشد.

طول ساقه‌چه

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه تیمارها نشان داد که بلندترین طول ساقه‌چه در واکنش به بالاترین سطح اعمال شده اسید جیبرلیک، عدم مصرف نیترات پتاسیم و کاربرد محلول ۰/۵ درصد پراکسید هیدروژن تولید گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد اسید جیبرلیک بر خلاف طول ریشه‌چه تاثیر چشمگیری بر طول ساقه‌چه داشت. ولی، واکنش طول ساقه‌چه به نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن قابل ملاحظه نبود. بیات و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه مشابه‌ای گزارش کردند که کاربرد اسید جیبرلیک طول ساقه‌چه سرخارگل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. دلیل این پدیده احتمالا می‌تواند توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به گره‌ها و همچنین افزایش فعالیت ساکارز سینتتاز و گلوتامین سینتتاز باشد که موجب افزایش طول ساقه‌چه می‌شود (کائور و همکاران، ۲۰۰۶).

رگرسیون گام به گام

برای سنجش همبستگی گام به گام صفات، درصد جوانه‌زنی به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی بذر در حال جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که در مجموع سه صفت وارد شده در مدل شامل وزن

گیاهچه، تعداد روز تا جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذرها توجیه-کننده حدود ۹۱ درصد از تغییرات درصد جوانه‌زنی کل بود و اختلاف تیمارها از نظر ویژگی درصد جوانه‌زنی را می‌توان به تفاوت در صفات مزبور نسبت داد و سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند. در این آزمایش، وزن گیاهچه به تنهایی ۷۶/۹ درصد تغییرات درصد جوانه‌زنی را توجیه نمود که چنین رابطه قوی را می‌توان به‌دلیل همبستگی مثبت و بالای آن با درصد جوانه‌زنی دانست. براساس نتایج به‌دست آمده صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کل نیز به ترتیب ۶/۳ و ۸/٤ درصد از تغییرات درصد جوانه‌زنی کل را توجیه کردند (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه رگرسیون گام به گام صفت درصد جوانه‌زنی کل (متغیر وابسته) و سایر صفات (متغیرهای مستقل)

متغیر اضافه شده به مدل	ضریب رگرسیون b	خطای استاندارد S.E	ضریب تبیین (R^2)	T	سطح معنی‌داری
عرض از مبدأ	**۰/۲۲۹	۰/۰٤۵	۰/٦۱۵	۵/۱٤	۰/۰۰۰
وزن گیاهچه	**۲/۵۷۸	۰/۰۳٦	۰/۷٦۹	۷۰/۸۲	۰/۰۰۰
تعداد روز تا جوانه‌زنی	**۰/۰۱۳	۰/۰۰٤	۰/۸۳۲	۳/٤۸	۰/۰۰۱
سرعت جوانه‌زنی کل	**۰/۸۹	۰/۰۳۸	۰/۹۱٦	۲/۳۷	۰/۰۱۸

ns، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج نشان داد که در شرایط عدم استفاده از مواد تحریک‌کننده رشد گیاهی، میزان جوانه‌زنی بذرهای فندق در حد صفر بود و کاربرد بالاترین سطح اسید جیبرلیک سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی کل و درصد جوانه‌زنی کل بذرهای فندق گردید. ولی، سطوح بالای نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن در حضور اسید جیبرلیک به‌ترتیب بیشترین تاثیر را بر سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی نشان دادند. به عبارت دیگر بالاترین سطح نیترات پتاسیم تحت شرایط عدم استفاده از پراکسید هیدروژن بالاترین سرعت جوانه‌زنی را نشان داد و افزایش پراکسید هیدروژن در سطح پایین‌تری از نیترات پتاسیم سبب افزایش درصد جوانه‌زنی گردید. با این توصیف، سطوح نیترات پتاسیم و پراکسید هیدروژن زمانی حداکثر میانگین را نشان دادند که در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک مورد استفاده قرار گرفتند که بیانگر اهمیت ویژه اسید جیبرلیک در جوانه‌دار کردن بذرهای فندق می‌باشد.

منابع

بیات، م.، آ. رحمنی، م. علوی سینی و ر. امیرنیا. ۱۳۹۳. تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش‌تیمار بذر در گیاه دارویی سرخارگل در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی. مجله زیست شناسی ایران. ۱(۱): ۱۵-۱.

پرمون، ق.، ع. عبادی، ع. قوی عزم و م. میری. ۱۳۹۲. اثر پیش تیمار بذر بر جوانه زنی و رشد گیاهچه بابونه در شرایط شوری. نشریه تولید گیاهان زراعی. ٦(۳): ۱٦٤-۱٤۵.

رسولی، م.، ر. توکلی بنیزی و ع. ایمانی. ۱۳۹٤. تاثیر برخی تیمارهای شیمیایی و هورمونی بر شکستن خواب بذر گونه های بادام و هلو (*Prunus spp.*). مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران). ٤٦(٤): ٦۳۵-٦۲۳.

طویلی، ع.، ب. صفری و م. صابری. ۱۳۸۸. مقایسه تأثیر کاربرد اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم بر بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی *Salsola rigida*. مجله علمی پژوهشی مرتع. ۳(۲): ۲۸۰-۲۷۲.

فتحی امیرخیز، ک.، ح. امیدی، س. حشمتی و ل. جعفرزاده. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر تسریع‌کننده‌ها بر بنیه بذر و خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی سیاهدانه. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۱۰(۲): ۳۱۰-۲۹۹.

فرج‌الهی، ا.، ع. طویلی و ح. پوزش. ۱۳۹۰. تاثیر تیمارهای مختلف بر بهبود جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های *Atriplex canescens* و *Atriplex lentiformis*. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی). ۲(۹۳): ٦۲-۵۵.

قاسمی پیربلوطی، ع.، ا. ر. گلپرور، م. ریاحی دهکردی و ر. نوید. ۱۳۸٦. بررسی اثر تیمارهای مختلف در شکستن خواب و تحریک جوانه‌زنی بذر ۵ گونه گیاه دارویی منطقه چهارمحال و بختیاری. پژوهش و سازندگی: ۷٤: ۱۸۵-۱۹۲.

نبئی، م.، پ. روشندل و ع. محمدخانی. ۱۳۹۲. بررسی اثر تیمارهای مختلف شیمیایی، آب داغ و آب جاری بر شکست خواب بذرهای بابا آدم (*Arctium lappa*). مجله زیست شناسی ایران. ۲۶(۲): ۲۲۵-۲۱۷.

یوسفی تنها، ا. و س. فلاح. ۱۳۹۵. اثر پرایمینگ بذر بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر یونجه یکساله (*Medicago scutellata* L.) تحت شرایط تنش سرما. مجله پژوهشهای گیاهی. ۲۹(۳): ۶۷۴-۶۵۹.

Afzal, I., S. M. A. Basra, M. A. Cheema, M. Farooq, M. Z. Jafar, M. Shahid and A. Yasmeen. 2013. Seed priming: A shotgun approach for alleviation of salt stress in wheat. Int. J. Agric. Biol. 15: 1199-1203.

Afzal, I., S. Rauf, S. M. A. Basra and G. Murtaza. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. Plant Soil Environ. 54: 382-388.

Ali, T., P. Hossein, F. Asghar, Z. Salman and M. Chahkooi. 2010. The effect of different treatments on improving seed germination characteristics in medicinal species of *Descurainia sophia* and *Plantago ovata*. Afric. J. Biotech. 9(39): 6588-6593.

Bajehbaj, A. F. 2010. The effects of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination and seedling grown under salinity conditions. Afric. J. Biotech. 12: 1764-1770.

Bhatt, A., R. S. Rawal and U. Dhar. 2005. Germination improvement in Swertia angustifolia: a high value medicinal plant of Himalaya. Current Sci. 89(6): 1008-1012.

Birgit, K., M. Alan Cohn and G. Leubner Metzger. 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. Seed Sci. Res. 15: 281-307.

Demir, I. and C. Oztakat. 2003. Effect of salt priming and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. Seed Sci. Technol. 31(3): 765-770.

Dissanayake, P., D. L. George and M. L. Gupta. 2010. Effect of light, gibberellic acid and abscisic acid on germination of guayule (*Parthenium argentatum*) seed. Indust. Crops Produc. 32(2):111-117.

Esen, D., O. Yildiz, M. Sarginci and K. Isik. 2007. Effects of different pretreatments on germination of *Prunus serotina* seed sources, J. Environ. Biol. 28(1): 99-104.

Ghaemmaghami, S. A., H. Ebrahimzadeh and S. M. Shetabboshehri. 2010. Effects of some growth regulators on Hazelnut (*Corylus avellana* L.) micropropagation. Iranian J. Hortic. Sci. Technol. 11(3): 187-196.

Golmohamdzadeh, S., F. Zaefarian and M. Rezvani. 2015. Effects of some chemical factors, prechilling treatments and interactions on the seed dormancy breaking of two *Papaver species*. Weed Biol. Manage. 15(1): 11-19.

Hunter, E. A., C. A. Glasbey and R. E. L. Naylor. 1984. The analysis of data from germination tests. J. Agric. Sci. Cambridge. 102: 207-213.

Hussian, M., M. S. Farooq, S. M. A. Basra and N. Ahmad. 2006. Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. Int. J. Agric. Biol. 8: 14-18.

Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In: P.D. Hebblethwaite (ed). Seed Production. Butterworths, London. Pp 605-635.

Eshkab, I. A., M. B. Shanta and H. N. El Waer .2014. Influence of presowing seed treatments on germination properties and early seedling growth of *Acacia cyanophylla*. Int. J. Advanc. Agric. Environ. Engine. 1(2): 208-2011.

ISTA. 2023. International Rules for Seed Testing. Chapter 7: Validated Seed Health Testing Methods. Published by The International Seed Testing Association (ISTA), Richtiarkade 18, CH-8304 Wallisellen, Switzerland. Pp.6.

Kalsa, K.K., and B. Abebie. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp., dasycarpa (Ten,). Afr. J. Agric. Res. 7 (21): 3202-3208.

Kaur, S., A. K. Gupta and N. Kaur. 2006. Effect of hydro and osmo priming of chickpea (*Cicer arientinum* L.) seeds on anzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regul. 49: 177-182.

Keshtkar, H. R., H. Azarnivand and H. Atashi. 2009. Effect of prechilling and GA3 on seed germination of Ferula assa-foetida and Prangos ferulacea. Seed Sci. Technol. 37(2): 464-468.

Keskin, B. C., A. T. Sarikaya, B. Yuksel and A. R. Memon. 2010. Abscisic acid regulated gene expression in bread wheat. Aust. J. Crop Sci. 4: 617-625.

Khan, J., M. Rauf, Z. Ali, H. Rashid and M. S. Khattack. 1999. Different stratification techniques effects on seed germination of Pistachio, Pak. J. Biol. Sci. 2: 1412-1414.

Kumari, N., P. K. Rai, B. M. Bara and I. Singh. 2017. Effect of halo priming and hormonal priming on seed germination and seedling vigour in maize (*Zea mays* L.) seeds. J Pharm Phytochem. 6(4): 27-30.

Lay, P., G. V. Basvaraju, V. V. Pashte and M. Gowri. 2015. Studies on effect of giberellic acid (GA3)

and potassium nitrate (KNO3) on breaking of seed dormancy of papaya (*Carica papaya* L. cv. Surya). Ecoscan. 9(1-2): 111-115.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. 2: 176-177.

Mohammadi, G. R. 2009. The Influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. Amer-Eura. J. Agric. Environ. Sci. 5: 696-700.

Nadjafi, F., M. Bannayan, L. Tabrizi and M. Rastgoo. 2006. Seed germination and dormancy breaking techniques for *Ferula gummosa* and *Teucrium polium*. J. Arid Environ. 64(3): 542-547.

Nascimento, W. M. and F. A. S. Aragao. 2004. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. Sci. Agr. 61(1): 35-48.

Neamatollahi, E., M. Bannayan, A. Souhani Darban and A. Ghanbari. 2009. Hydropriming and osmopriming effects on cumin (*Cuminum Cyminum* L.) seeds germination. World Academy Sci. Engin. Technol. 57: 526-529.

Olmez, Z., Z. Yahyaglu and A. Omer. 2004. Effect of H2So4, GA3 and KNo3 treatment on germination of Caper seeds. Pak. J. Biol. Sci. 7(6): 879-882.

Omidi H., A. Sorushzadeh, A. Salehi and F. Ghezeli. 2005. Evaluation of Priming pretreatments on germination rapeseed. Agric. Sci. Technol. 19(2): 1-10.

Pirasteh Anosheh, H., H. Sadeghi and Y. Emam. 2011. Chemical priming with urea and KNO3 enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. J. Crop Sci. Biotech. 14: 289-295.

Shah, M. A. S., U. S. Qureshi, S. Chughtai, K. M. Qureshi, A. A. Qureshi and I. A. Hafiz. 2018. Comparison of impact induced by different priming techniques on germination and plant development in lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Pak. J. Botany. 50(6): 2159-2165.

Siadat, S. A., A. Moosavi and M. Sharafizadeh. 2012. Effects of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of maize seeds under different ageing treatment. Res. J. Seed Sci. 5: 51-62.

Wahid, A., A. Noreen, S. M. A. Basra, S. Gelani and M. Farooq. 2008. Priming induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus*) achenes improve germination and seedling growth. Bot. Stud. 49: 343-350.

Wahid, A., M. Perveen, S. Gelani and S. M. A. Basra. 2007. Pretreatment of seed with H2O2 improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. J. Plant Physiol. 164: 283–294.

Yang, Q. H., W. H. Ye and X. J. Yin. 2007. Dormancy and germination of *Areca triandra* seeds. Sci. Hortic. 113: 107-111.

Zare, M., A. Mehrabi Oladi and S. Sharafzadeh. 2006. Investigating the effect of gibberellic acid (GA3) and kinetin on germination and seedlings growth of wheat under salinity stress. J. Agric. Sci. 12(4): 855-865.

Zeinalabedini, M., K. Majourhat, M. Khayam Nekoui, J. A. Hernandez and P. Martinez Gomez. 2009. Breaking seed dormancy in long-term stored seeds from Iranian wild almond species. Seed Sci. Technol. 37(2): 267-275.

Zhou, L., J. Wu and S. Wang. 2003. Low-temperature stratification strategies and growth regulators for rapid induction of *Paris polyphylla* var. yunnanensis seed germination. Plant Growth Regul. 40: 179-183.

Effects of seed priming with GA3, KNO3 and H2O2 on seed dormancy falure and some germination characters of hazelnut (Corylus avellana L.) under laboratory condition

R. Rezazadeh[1], Sh. Sedaghathoor[2], M. Mostafavi Rad[3]

Received: 2023-5-16 Accepted: 2023-9-12

Abstract

The seed germination of hazelnut (Corylus avellana L.) under natural condition due to hard shells and prolonged seed dormancy, is low, irregular and non-uniform. This experiment carried out in seed registration and certification laboratory of Agricultural Research Center and Natural Resources of Guilan Province, Rasht, Iran, as factorial based on completely randomized design with three replications during 2018. Three levels of gibberellic acid (GA3) 0 (GA0), 75(GA75) and 150(GA0) mg/L), three levels of KNO3 0 (K0), 1 (K1) and 2 (K2) percent and three levels of hydrogen peroxide (H2O2) 0 (H0), 0.5 (H1) and 1(H2) percent, comprised experimental treatments. The results showed that the triple interaction effect of GA3 × KNO3 × H2O2 on all measured traits was significant. The maximum of seed germination indices was observed in response to GA3 application with the dose of 150 mg/L. But, the different levels of KNO3 and H2O2 showed different impacts on germination indices. The greatest of important germination indices including the main germination of hazelnut seeds, seed germination percentage and seed germination rate were observed in response to the triple interaction effects of GA150 × K0 × H1, GA150 × K1 × H1 and GA150 × K2 × H0, respectively. Based on results of this experiment, the application of GA150 along with KNO3 1% + H2O2 1%, caused an increase in hazelnut seed germination percentage. But, the application of KNO3 2% without using of H2O2 led to enhance seed germination rate of hazelnut, in similar condition.

Keywords: Germination rate, Hazelnut, Plant hormones, Seed dormancy, Sexuall propagation.

1- Former MSc. Student, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.
2- Associate Professor Professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.