

ارزیابی خفگی و تنژگی بذر زالزالک گونه *Crataegus atosanguinea*^۱ Evaluation of Seed Dormancy and Germination in Hawthorn (*Crataegus atosanguinea*)

مرتضی اسکندری، بهرام بانی نسب، سیروس قبادی و مهدیه غلامی*

چکیده

زالزالک یکی از پایه‌های بذری متحمل به کم‌سبزی‌نگی ناشی از کمبود آهن برای درختان به و گلابی در شرایط خاک‌های آهکی است. اما خفگی دوگانه بذر، درصد پایین تنژگی و همچنین طولانی بودن مدت زمان این فرایند برای تولید دانهال پیوندی از دشواری‌های آن است. این پژوهش با هدف برطرف نمودن خفگی بذر زالزالک، افزایش درصد تنژگی بذرها و کاهش طول دوره تنژگی بذر این گونه، به‌منظور کاهش طول دوره تولید دانهال و کاهش مدت زمان فرایند تولید نهال‌های پیوندی انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با ۳ تکرار انجام و اثر خراش‌دهی بذر با سولفوریک‌اسید غلیظ (۹۸٪) در سه بازه زمانی ۰، ۱/۵ و ۳ ساعت و چهار دوره تناوب دمایی گرم - سرد بر زالزالک گونه *Crataegus atosanguinea* بررسی شد. همچنین تنژگی رویان این گونه نیز در آزمایشگاه کشت‌بافت با استفاده از ترکیب تیمارهای چینه سرمایی با نیترات پتاسیم و جیبرلیک‌اسید بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد افزایش مدت زمان خراش‌دهی و تناوب دمایی سبب افزایش معنی‌دار درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه، سرعت تنژگی (کاهش مدت زمان رسیدن تا ۵۰ درصد تنژگی پایانی (T50)) و شاخص بنبه بذر و همچنین کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی بذر نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد چینه سرمایی و تیمار جیبرلیک‌اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز موجب کاهش معنی‌دار میانگین زمان لازم برای تنژگی و افزایش درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه، شاخص تنژگی و شاخص بنبه بذر در آزمون تنژگی رویان گونه *C. atosanguinea* شد.

واژه‌های کلیدی: تناوب دمایی، تنژگی، خراش‌دهی، خفگی بذر، زالزالک.

مقدمه

کمبود عنصرهای کم‌مصرف در خاک‌ها، گستردگی جهانی دارد و بسیاری از زمین‌های کشاورزی دنیا با کمبود یک یا چند عنصر کم مصرف روبه‌رو هستند (۲). آهن از جمله عنصرهای کم‌مصرف مؤثر در رشد و نمو گیاه است (۲۴)، که اگرچه مقدار نیاز گیاه به آن اندک است، اما به‌دلیل نقش ساختاری این عنصر، در صورت نبود مقدار قابل‌دسترس آن، گیاه با تنش‌های فیزیولوژیکی مانند غیرفعال شدن سیستم‌های آنزیمی و دیگر فعالیت‌های سوخت و سازی وابسته به‌وجود آهن مانند ساخت کلروفیل که مسئول فعالیت‌های فتو سنتزی گیاه است، مواجه می‌شود. همچنین به‌دلیل نقش مؤثر آن در ساخت پروتئین در گیاه، در نتیجه کمبود این عنصر، رشد و عملکرد گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد (۲۰).

۱- تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

۲- تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۷

۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mah.gholami@cc.iut.ac.ir).

جلوگیری از بروز کم سبزیگی ناشی از کمبود آهن در باغها و مزرعه‌ها با استفاده از روش‌های زراعی مانند اصلاح خاک، کاربرد روش‌های به‌زراعی، استفاده از رقم‌ها و پایه‌های متحمل و تغذیه درختان و گیاهان با کودهای دارای آهن قابل جذب، امکان‌پذیر است (۱۳). گرچه به‌کارگیری این روش‌ها می‌تواند مؤثر باشد، اما برخی از آنها هزینه‌های بسیاری را به‌دنبال دارند و از نظر اقتصادی پیشنهاد نمی‌شوند (۷). مهم‌ترین راهکار اقتصادی و پایدار برای تحمل به شرایط نامساعد آب و خاک در درختان میوه، استفاده از پایه‌ها و نژادگان‌های متحمل می‌باشد. در صورتی که رقم و یا پایه مورد استفاده به‌طور طبیعی به شرایط خاک متحمل باشد، پیشگیری روش کم‌هزینه‌تر و اقتصادی‌تری برای کاهش اثر کمبود آهن خواهد بود (۶). کم سبزیگی ناشی از کمبود آهن، یک نابسامانی مهم در درختان گلابی و به در خاک‌های آهکی با pH بالا است (۳۵). استفاده از پایه‌های بذری به و گلابی در شرایط خاک‌های آهکی به دلیل حساسیت به کم سبزیگی ناشی از کمبود آهن، پیشنهاد نمی‌شود (۳). از نظر مقدار سازگاری برای کاشت درختان به و گلابی در شرایط نامناسب آبی و خاکی، پایه بذری زالزالک به دلیل سازگاری بالا نسبت به این شرایط و تحمل نسبی به خشکی به‌عنوان پایه استفاده می‌شود (۶).

زالزالک (*Crataegus* sp.) درخت یا درختچه‌ای خزان‌دار از تیره وردسانان^۲ و زیر تیره Maloideae می‌باشد. در سراسر جهان بیش از ۱۰۰۰ گونه زالزالک به‌شکل درخت و درختچه شناسایی و در ایران از این جنس، ۲۵ گونه شناسایی و معرفی شده است (۵). گونه *C. atrosanguinea* درختی است با ارتفاع ۱۰ تا ۱۲ متر، با شاخه‌های جوان، صاف و ارغوانی رنگ که با گذشت زمان خاکستری رنگ می‌شوند. به‌طور معمول، بی‌خار و یا با خارهای اندک به طول ۱/۵ سانتی‌متر است. دمبرگ کوتاه، پهنک مات و کبود رنگ و تخم‌مرغی شکل و بریدگی‌های عمیق با ۵ تا ۷ لوب و با دندانه‌های نامنظم دارد. پشت و روی برگ‌های جوان و کنار رگبرگ‌های آن کم و بیش کرک‌دار است و سپس صاف می‌شود. گل‌آذین آن ۴ تا ۶ گل و گل‌ها یک پایک بلند و صاف دارند. میوه آن قرمز تیره و کروی به قطر ۱۲ تا ۱۸ میلی‌متر و دارای ۲ عدد بذر است. فصل گلدهی آن نیمه دوم فروردین ماه است. از نظر پراکندگی جغرافیایی گزارش‌هایی مبنی بر انتشار آن در ایران، ترکیه و بسیاری از کشورهای شوروی سابق وجود دارد. این گونه در ایران، در شمال، غرب و مرکز یافت می‌شود (۵).

یافته‌های کمی در مورد افزایش رویشی زالزالک با قلمه ساقه در دسترس است. دیر و هیو سر (۱۶) گزارش کردند کوشش‌های قبلی انجام شده در این مورد، موفقیت اندکی داشته است، در حالی‌که دیر (۱۵) و هارتمن و همکاران (۲۱) به افزایش با قلمه ساقه اشاره نکردند. به هرحال زمانی که قلمه چوب نرم دو رقم زالزالک بومی منطقه‌های شرقی آمریکای جنوبی به نام‌های Super Berry و Super Spur، با ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم ایندول بوتیریک اسید و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیمی نفتالن استیک اسید، تیمار شدند، ۳۵٪ ریشه‌زایی گزارش شد (۲۹). قلمه‌های چوب سخت این گونه‌ها، ریشه‌زایی ضعیفی را نشان داد و در نهایت ۱۰٪ ریشه‌زایی به‌دست آمد (۱۰). افزایش رویشی زالزالک با پیوند زدن، در باغبانی صنعتی استفاده شده است. پیوند جوانه^۳ مناسب‌ترین روش افزایش به کار گرفته برای بیشتر رقم‌های زالزالک می‌باشد (۱۶). برای افزایش زالزالک، پیوند ریشه نیز استفاده شده است، اما کاربرد بسیار اندکی دارد (۲۹). در ایالت متحده آمریکا، زالزالک و اشنگتنی^۴ در میان گونه‌های مختلف به‌عنوان یک پایه عمومی در نظر گرفته می‌شود، زیرا بذر این گونه از زالزالک تنژگی آسان‌تری نسبت به دیگر گونه‌ها دارد (۱۹).

نتیجه‌ها نشان داده است که استفاده از زالزالک به‌عنوان پایه تجاری درختان به در منطقه اصفهان موجب پاکوتاهی، پرباری و افزایش تحمل نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود (۲۷). کرانفله (۳۱) گزارش نمود که استفاده از زالزالک *C. azarolus* L. به‌عنوان پایه بذری برای گلابی رقم ویلیامز و سیب رقم گلدن دلیشن، سبب پاکوتاهی،

زود باردهی، پاجوش‌دهی بیش از حد و زودتر باز شدن جوانه‌ها می‌شود. همچنین بعضی از پژوهشگران معتقدند که پایه بذری زالزالک به دلیل سازگاری با خاک‌های آهکی و تحمل نسبی به خشکی، به عنوان پایه برای درختان گلابی و به مناسب است (۱۱). با این حال یکی از دشواری‌های پیش روی تولیدکنندگان پایه بذری زالزالک، خفگی بذر، تنژگی اندک و نیاز به زمان طولانی برای تنژگی بذر این درخت می‌باشد.

بذرهای بسیاری از گونه‌های زالزالک دارای خفگی دوگانه هستند (۲۱). بنابراین پیش تیمارهای تنژگی به طور معمول شامل خراش‌دهی با اسید و به دنبال آن یک دوره چینه‌سرمایی است (۲۱). فرانکلین و همکاران (۱۹) بیان کردند که زالزالک بومی منطقه‌های معتدل گرم، فقط خفگی درون‌بر دارد، در حالی که گونه‌های بومی منطقه‌های سردتر، خفگی رویانی را همراه با خفگی درون‌بر نشان می‌دهند. برخی گونه‌های درون‌بر ضخیم ندارند و بدون خراش‌دهی با اسید، می‌تنژند. در مقابل، گونه‌های دیگر که درون‌بر ضخیم دارند، به ۷ تا ۸ ساعت خراش‌دهی با اسید پیش از کاربرد دیگر پیش تیمارها نیاز دارند (۲۱). نتیجه بررسی‌های انجام شده در مورد رفع خفگی بذر زالزالک گونه *C. pedicellata*، نیز نشان داده است که تیمارهایی مانند خراش‌دهی شیمیایی با سولفوریک‌اسید غلیظ و تناوب دمایی گرما و سرما، در مدت زمان‌های متفاوت اثرهای مثبتی بر تنژگی بذرها داشته‌اند (۹). پژوهش‌های صورت گرفته روی حذف موانع تنژگی بذر و رشد دانه‌های زالزالک گونه *C. monogyna* نیز نشان می‌دهد، خراش‌دهی بذرها با سولفوریک‌اسید غلیظ به مدت ۲ ساعت و تناوب دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۶ هفته و ۳ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ هفته و سپس کشت در خاک سرد، دوره تنژگی را کاهش می‌دهد (۸). بنابراین اهمیت موضوع تنژگی بذر گونه‌های زالزالک و نتیجه‌های ضد و نقیضی که در پژوهش‌های پیشین در گونه‌های مختلف زالزالک گزارش شده است، سبب شد مطالعه‌ای با هدف برطرف نمودن خفگی بذر زالزالک گونه *C. atrosanguinea*، افزایش درصد تنژگی بذر و کاهش طول دوره تنژگی بذر این گونه به منظور کاهش طول دوره تولید دانه‌ها و مدت زمان فرایند تولید نهال‌های پیوندی انجام شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی خفگی و تنژگی بذر زالزالک *C. atrosanguinea*، دو آزمایش جداگانه به شرح زیر انجام شد. **آزمایش اول: آزمون خراش‌دهی بذر همراه با تیمار دمایی**
میوه‌های زالزالک گونه *C. atrosanguinea* به عنوان منبع بذری از منطقه نصرآباد در اصفهان با ارتفاع ۱۵۸۰ متر از سطح دریا جمع‌آوری شدند. پس از جمع‌آوری، بذر از گوشت میوه، به طور کامل جدا شد. در ادامه بذرها در دمای اتاق و در سایه به طور کامل خشک و سپس تا زمان آغاز آزمایش در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای اطمینان از زیوایی بذرها، آزمون زیوایی در ۲۰ عدد بذر که پوسته آن‌ها به طور کامل حذف شده بود با استفاده از ترکیب تترازولیوم کلرید (ساخت شرکت Merck) انجام شد که در این بررسی مشاهده شد ۹۰٪ بذرها زنده هستند.

به منظور پی بردن به بازه زمانی تیمار با سولفوریک‌اسید غلیظ ۹۸٪ (ساخت شرکت Merck) برای خراش‌دهی، ابتدا پیش تیماری در بازه زمانی صفر تا ۴ ساعت و با فاصله نیم ساعت انجام شد. نتیجه‌ها نشان داد مدت زمان‌های تیمار بیش از ۳ ساعت سبب نفوذ سولفوریک‌اسید به درون بافت اسفنجی داخلی پوسته بذر و آسیب به رویان می‌شود. بر همین اساس زمان‌های بیش از ۳ ساعت از برنامه حذف شدند. به منظور بررسی اثر پوسته بذر در پدیده خفگی، نخست بذرها به سه دسته تقسیم شدند: روی گروه اول هیچ‌گونه تیمار خراش‌دهی صورت نگرفت، در حالی که دو گروه دیگر به منظور قابل نفوذ کردن پوسته برای آگیری و تبادل‌های گازی، با سولفوریک‌اسید غلیظ و به مدت‌های ۱/۵ و ۳ ساعت تیمار شدند. به منظور خراش‌دهی، بذرها در دمای اتاق به نسبت یک قسمت بذر و سه قسمت اسید آمیخته شدند و در طول تیمار هر از چندی توده بذرها به آرامی به هم زده می‌شد، تا بذرها به طور

یکنواخت زیر تأثیر اسید قرار بگیرند و از انباشت ماده‌های سیاه رنگ و ریزی که از پوسته آن خارج می‌شود، جلوگیری شود. پس از خراش‌دهی بذر با اسید در سه بازه زمانی ۰، ۱/۵ و ۳ ساعت، بذرها درون یک کیسه توری و به مدت ۴۸ ساعت در زیر جریان آب جاری برای شست و شوی بقایای احتمالی اسید قرار داده شدند و در ادامه بذرها به صورت جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی دارای ماسه قرار گرفتند.

برای اعمال دوره تناوب دمایی، بذرهای درون هر یک از کیسه‌های پلاستیکی به دو دسته تقسیم شدند: یک دسته به مدت ۳ ماه در اتاقک رشد با دمای ۲۰ درجه سلسیوس و دسته دیگر به همین مدت در اتاقک رشد دیگری با دمای ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. رطوبت بسترهای دارای بذر به صورت روزانه بازرسی و در صورت نیاز، سطح آن با آب مرطوب می‌شد. پس از پایان دوره نگهداری در دمای ۲۰ و یا ۳۰ درجه سلسیوس، دوباره بذرها به دو گروه تقسیم و برای اعمال دوره ۳ یا ۴/۵ ماهه دمای ۴ درجه سلسیوس، بذرها به این دما منتقل شدند و رطوبت مانند قبل کنترل شد. بنابراین درکل تیمارهای مورد استفاده عبارت بودند از:

- ۱- خراش‌دهی بذرها با سولفوریک اسید غلیظ ۹۸٪ به مدت ۰، ۱/۵ و ۳ ساعت.
 - ۲- تیمار دمایی دور اول (۳ ماه دمای ۲۰ درجه سلسیوس و سپس ۳ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس).
 - ۳- تیمار دمایی دور دوم (۳ ماه دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سپس ۳ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس).
 - ۴- تیمار دمایی دور سوم (۳ ماه دمای ۲۰ درجه سلسیوس و سپس ۴/۵ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس).
 - ۵- تیمار دمایی دور چهارم (۳ ماه دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سپس ۴/۵ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس).
- تیمارها به صورت آزمایش فاکتوریل ۳×۴ (چهار سطح تیمار دمایی و سه سطح خراش‌دهی) در قالب طرح به طور کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۳۰ عدد بذر در هر تکرار با هم مقایسه شدند.

پس از پایان دوره تناوب دمایی گرم - سرد، جهت بررسی تنژگی، بذرها به طور کامل جداسازی شدند. بذرهای جدا شده از هر گروه با توجه به مدت زمان خراش‌دهی آن‌ها، درون پتری‌دیش‌هایی که کاغذ صافی واتمن شماره ۱ داشتند، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تناوب نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار داده شدند. به منظور جلوگیری از ایجاد آلودگی احتمالی، قارچ‌کش اپیرودیون + کاربندازیم ۵۲/۵٪ با نام تجاری رورال تی اس با غلظت ۲ در هزار به پتری‌دیش‌ها افزوده شد. عامل‌های مختلف مربوط به تنژگی بذرها به طور روزانه بررسی شد.

آزمایش دوم: بررسی تنژگی رویان گونه‌ی *C. atrosanguinea*

این آزمایش در آزمایشگاه کشت بافت گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با هدف تأیید نتیجه‌های قبلی در گونه *C. atrosanguinea* انجام و در آن تیمارهای زیر مقایسه شد:

۱. کاربرد نیترات پتاسیم در سه غلظت ۰، ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، با و یا بدون سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس.
۲. کاربرد جیبرلیک اسید در سه غلظت ۰، ۱۰۰ یا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، با و یا بدون سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس.

ویژگی‌های مورد بررسی در این آزمایش شامل درصد تنژگی پایانی، میانگین تنژگی روزانه، سرعت تنژگی (T50)، میانگین زمان لازم برای تنژگی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص تنژگی و شاخص بنیه بذر بود که به شرح زیر اندازه گیری شدند. ثبت زمان تنژگی بذرها، روزانه با شمارش تعداد بذرهای تنژیده از روز اول تنژگی آغاز و تا پایان تنژگی به صورت فاکتوریل ۲×۵ (۲ تیمار شیمیایی و از هر کدام دو سطح و در مجموع ۵ تیمار) و در قالب طرح به طور کامل تصادفی در ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ عدد رویان جدا شده، انجام شد.

درصد تنژگی. درصد تنژگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

$$FGP = \frac{N_t}{N} \times 100$$

که در آن FGP، درصد تنژگی پایانی، N_t ، تعداد بذرهای تنژیده ثبت شده در هر تیمار و در پایان آزمایش و N نیز تعداد کل بذرهای استفاده شده در آزمایش است.

میانگین تنژگی روزانه. میانگین تنژگی روزانه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۱).

$$MDG = \frac{FGP}{D}$$

MDG، FGP و D به ترتیب میانگین تنژگی روزانه، درصد تنژگی پایانی و تعداد روزهای انجام آزمایش را شامل می‌شود.

سرعت جوانه زنی (T_{50}). تعداد روز لازم برای رسیدن به ۵۰٪ تنژگی پایانی در هر تیمار است (۱۵).

میانگین زمان لازم برای تنژگی. میانگین زمان تنژگی بذر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۹).

$$MGT = \frac{(n_1 \times t_1) + (n_2 \times t_2) + \dots + (n_i \times t_i)}{T}$$

که در آن، MGT: میانگین زمان لازم جوانه زنی، n: روز nام شمارش بذر تنژیده پس از آغاز آزمایش، t: تعداد بذر تنژیده در هر روز شمارش و T: تعداد کل بذر تنژیده است.

شاخص بنیه بذر^۲. شاخص بنیه بذر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۹).

$$SVI = FGP \times L$$

که در آن، SVI: شاخص بنیه بذر، FGP: درصد تنژگی پایانی و L: طول گیاهچه (طول ریشه‌چه + طول ساقه‌چه) است.

واکاوای آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از نرم افزار Statistix نسخه ۸ انجام شد.

نتایج

آزمایش اول: تأثیر خراش‌دهی و تیمارهای دمایی بر ویژگی‌های تنژگی بذر زالزالک

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای خراش‌دهی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش درصد تنژگی نسبت به تیمار شاهد (بدون خراش‌دهی) شدند. از بین دو تیمار خراش‌دهی، بیشترین درصد تنژگی (۵۱/۹٪) مربوط به تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی بذر با سولفوریکا سید بود که نسبت به تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی با سولفوریکا سید (۳۷/۷٪)، سبب افزایش ۳۷/۴ درصدی تنژگی بذر با شد (جدول ۱). نتیجه‌ها همچنین نشان داد تیمار نوسان‌های دمایی اثر معنی‌داری بر درصد تنژگی داشت. بیشترین درصد تنژگی (۳۸/۵٪) مربوط به تیمار چهارم تناوب دمایی (۳ ماه دمای ۲۰ درجه سلسیوس و سپس ۴/۵ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس) بود. که نسبت به تیمار اول تناوب دمایی (۳ ماه دمای ۲۰ درجه سلسیوس و سپس ۳ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس) که کمترین درصد تنژگی (۲۲/۲٪) را داشت، افزایش ۷۳/۳ درصدی را نشان داد (جدول ۱). همچنین برهمکنش خراش‌دهی و نوسان‌های دمایی نشان داد، در تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی کمترین درصد تنژگی (۲۵/۵٪) مربوط به تیمار تناوب دمایی دور اول بود در حالی‌که در تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی، کمترین درصد تنژگی (۳۷/۷۸٪) مربوط به تیمار دوم تناوب دمایی (۳ ماه دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سپس ۳ ماه دمای ۴ درجه سلسیوس) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد خراش‌دهی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میانگین زمان تنژگی بذر با در مقایسه با تیمار شاهد (بدون خراش‌دهی) شد. تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی، بیشترین میانگین تنژگی روزانه (۲/۰۶ بذر در روز) را داشت، که نسبت به تیمار ۱/۵ ساعت (۱/۵۸ بذر در روز) افزایش ۳۰/۳ درصدی را نشان داد (جدول ۱).

نتیجه‌ها همچنین نشان داد تیمارهای تناوب دمایی اثر معنی‌داری بر میانگین تنژگی روزانه داشت. بیشترین میانگین تنژگی (۱/۵۶ بذر در روز) مربوط به تیمار سوم تناوب دمایی بود که نسبت به تیمار اول تناوب دمایی که کمترین میانگین تنژگی (۰/۷۶ بذر در روز) را داشت، افزایش ۲/۶ برابری را نشان داد (جدول ۱). برهمکنش خراش‌دهی و نوسان‌های دمایی نیز نشان داد که اگر چه بیشترین میانگین تنژگی روزانه (۲/۱۶ بذر در روز) در تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی، مربوط به تیمار سوم تناوب دمایی بود، اما در تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی، بیشترین میانگین تنژگی روزانه (۲/۷۰ بذر در روز) مربوط به تیمار چهارم تناوب دمایی بود (جدول ۱).

با افزایش مدت زمان خراش‌دهی، تعداد روز تا رسیدن به ۵۰٪ تنژگی نسبت به تیمار شاهد (بدون خراش‌دهی) کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۱). از بین دو تیمار خراش‌دهی، کمترین زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی (۱۰/۶۴ روز) مربوط به تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی بود که نسبت به تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی با سولفوریک‌اسید (۱۳/۹۵ روز)، موجب کاهش ۳۱/۱ درصدی مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی (T50) شد. نتیجه‌ها همچنین نشان داد تیمارهای تناوب دمایی اثر معنی‌داری بر سرعت تنژگی داشتند. کمترین مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی (۵/۴۳ روز) مربوط به تیمار سوم بود که نسبت به تیمار اول که بیشترین (۱۰/۷۵ روز) بود، کاهش ۹۷/۹ درصدی را نشان داد (جدول ۱). برهمکنش خراش‌دهی و نوسان‌های دمایی نیز نشان داد که اگر چه در تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی، کمترین مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی (۷/۵۰ روز) مربوط به تیمار سوم تناوب دمایی بود، اما در تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی، کمترین مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی (۵/۶۲ روز) در تیمار چهارم تناوب دمایی مشاهده شد (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای خراش‌دهی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی نسبت به تیمار شاهد (بدون خراش‌دهی) شدند. از بین دو تیمار خراش‌دهی، کمترین میانگین زمان لازم برای تنژگی (۱۲/۳۶ روز) مربوط به تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی با سولفوریک‌اسید بود که نسبت به تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی (۱۳/۷۷ روز) موجب کاهش ۱۱/۴ درصدی میانگین زمان لازم برای تنژگی شد (جدول ۱). نتیجه‌ها همچنین نشان داد تیمارهای نوسان‌های دمایی نیز اثر معنی‌داری بر میانگین زمان لازم برای تنژگی داشتند. کمترین میانگین زمان لازم برای تنژگی (۶/۴۲ روز) مربوط به تیمار سوم تناوب دمایی بود که نسبت به تیمار تناوب دمایی اول که بیشترین میانگین زمان لازم برای تنژگی (۱۱/۸۵ روز) را داشت، کاهش ۸۴/۵ درصدی را نشان داد (جدول ۱). برهمکنش خراش‌دهی و نوسان‌های دمایی نیز نشان داد در تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی، تناوب دمایی سوم، کمترین میانگین زمان لازم برای تنژگی (۸/۷۱ روز) را داشت، در حالی که تیمار خراش‌دهی ۳ ساعت و تناوب دمایی چهارم کمترین میانگین زمان لازم برای تنژگی (۹/۴۵ روز) را نشان داد (جدول ۱).

تیمارهای خراش‌دهی اثر معنی‌داری بر افزایش بنیه بذر داشتند (جدول ۱). از بین دو تیمار خراش‌دهی، بیشترین مقدار بنیه بذر (۱۶۶/۹) مربوط به تیمار ۳ ساعت خراش‌دهی بود که نسبت به تیمار ۱/۵ ساعت خراش‌دهی (۱۰۰/۵)، سبب افزایش ۱/۶ برابری بنیه بذرها شد (جدول ۱). نتیجه‌ها همچنین نشان داد تیمارهای نوسان‌های دمایی اثر معنی‌داری بر بنیه بذر داشت. بیشترین مقدار بنیه بذر (۱۳۹/۹) که مربوط به تیمار چهارم تناوب دمایی بود، نسبت به تیمار تناوب دمایی سوم که کمترین مقدار بنیه بذر (۳۸/۱) را داشت، افزایش ۳/۶ برابری را نشان داد (جدول ۱). برهمکنش خراش‌دهی و نوسان‌های دمایی نیز نشان داد که بیشترین مقدار بنیه بذر در دو تیمار ۱/۵ و ۳ ساعت (به‌ترتیب ۱۴۸/۵ و ۲۷۱/۱)، در تیمار چهارم تناوب دمایی مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- اثر تیمارهای مختلف بر عامل‌های تنژگی بذر زالزالک گونه *Crataegus atosanguinea*.

Table 1. Effect of different treatments on hawthorn seed germination parameters of *Crataegus atosanguinea*.

چینه سرمایی Stratification (month)	خراش‌دهی Scarification (hr)			میانگین Mean
	0	1.5	3	
درصد تنژگی Germination percentage (%)				
اول First	0 f [†]	25.5 e	41.1 bcd	22.2 B
دوم Second	0 f	32.2 de	37.7 cd	23.3 B
سوم Third	0 f	44.4 bc	62.2 a	35.5 A
چهارم Fourth	0 f	48.8 b	66.6 a	38.5 A
میانگین Mean	0 C	37.7 B	51.9 A	
میانگین تنژگی روزانه (بذر تنژیده در روز) Mean daily germination (germinated seed in day)				
اول First	0 g	0.85 f	1.42 e	0.76 C
دوم Second	0 g	1.41 e	1.59 de	1.00 B
سوم Third	0 g	2.16 bc	2.53 ab	1.56 A
چهارم Fourth	0 g	1.91 cd	2.70 a	1.54 A
میانگین Mean	0 C	1.58 B	2.06 A	
سرعت تنژگی Germination rate (T50)				
اول First	0 g	17.75 ab	14.50 abc	10.75 C
دوم Second	0 g	11.50 cde	13.67 bcd	8.39 AB
سوم Third	0 g	7.50 ef	8.80 def	5.43 B
چهارم Fourth	0 g	19.08 a	5.62 f	8.23 AB
میانگین Mean	0 C	13.95 A	10.64 B	

[†] Means followed with the same letters are not significantly different at 5% level of probability, using LSD test.

[†] میانگین‌های با حرف‌های مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

Table 1. Continued.

چینه سرمایی Stratification (month)	خراش دهی Scarification (hr)			
	0	1.5	3	
میانگین زمان لازم برای تنژگی Mean germination time (day)				
اول First	0 f †	19.47 a	16.07 b	11.85 A
دوم Second	0 f	12.60 cd	13.36 c	8.65 B
سوم Third	0 f	8.71 e	10.56 de	6.42 C
چهارم Fourth	0 f	14.29 bc	9.45 e	7.92 B
میانگین Mean	0 C	13.77 A	12.36 B	
شاخص بنیه بذر Seed vigor index				
اول First	0 f	103.7 cd	171.2 b	91.6 B
دوم Second	0 f	101.8 cd	159.4 bc	87.1 B
سوم Third	0 f	48.1 de	64.1 d	38.1 C
چهارم Fourth	0 f	148.5 bc	271.1 a	139.9 A
میانگین Mean	0 C	100.5 B	166.9 A	

† Means followed with the same letters are not significantly different at 5% level of probability, using LSD test.

† میانگین‌های با حرف‌های مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

C. atrosanguinea بررسی تنژگی رویان گونه

نتیجه مقایسه میانگین‌ها نشان داد، کاربرد ترکیب‌های شیمیایی در برخی غلظت‌های خاص سبب افزایش در صد تنژگی نسبت به شاهد شد. بیشترین درصد تنژگی (۷۵٪) مربوط به کاربرد جیبرلیک اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که سبب افزایش ۷۹/۹ درصدی تنژگی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). همچنین از بین دو غلظت کاربردی نیترات پتاسیم، فقط غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش معنی‌دار درصد تنژگی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میانگین تنژگی روزانه (۵/۷۸ بذر در روز) مربوط به تیمار جیبرلیک اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که نسبت به تیمار شاهد (۳/۱۵ بذر در روز)، سبب افزایش ۸۳/۴ درصدی میانگین تنژگی روزانه شد (جدول ۲). همچنین کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بدون تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید، سبب افزایش معنی‌دار میانگین تنژگی روزانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر چینه سرمایی و تیمارهای شیمیایی نیترات پتاسیم (KNO_3) و جیبرلیک اسید (GA_3) بر جوانه‌زنی رویان گونه *C. atrosanguinea*.

Table 2. Effect of stratification and chemical treatments of potassium nitrate (KNO_3) and gibberellic acid (GA_3) on hawthorn embryo germination of *Crataegus atrosanguinea*.

چینه سرمایی Stratification			
تیمار Treatment ($mg\ l^{-1}$)	با سرمادهی With	بدون سرمادهی Without	میانگین Mean
درصد تنژگی Germination percentage (%)			
شاهد Control	43.3 de [†]	40.0 e	41.6 C
KNO_3 5000	66.6 abc	63.3 a-d	65.0 AB
KNO_3 10000	50.0 cde	53.3 b-e	51.6 BC
GA_3 100	73.3 ab	76.6 a	75.0 A
GA_3 200	56.6 a-e	53.3 b-e	55.0 BC
میانگین Mean	58.0 A	57.3 A	
میانگین تنژگی روزانه (بذر تنژیده در روز) Mean daily germination (Germinated seed per day)			
شاهد Control	3.12 d	3.17 d	3.15 C
KNO_3 5000	4.92 abc	4.72 d	4.82 AB
KNO_3 10000	3.47 cd	3.81 bcd	3.64 C
GA_3 100	5.12 ab	6.38 A	5.78 A
GA_3 200	4.01 bcd	4.24 bcd	4.13 BC
میانگین Mean	4.13 BC	4.47 A	
سرعت تنژگی Germination rate (T50)			
شاهد Control	7.00 bc	10.63 a	8.81 A
KNO_3 5000	5.15 c	6.52 bc	5.83 B
KNO_3 10000	6.33 bc	8.05 b	7.19 B
GA_3 100	5.15 c	6.54 bc	5.84 B
GA_3 200	7.25 bc	6.11 bc	6.68 B
میانگین Mean	6.17 B	7.57 A	
میانگین زمان لازم برای تنژگی (روز) Mean germination time (day)			
شاهد Control	8.28 c	11.50 a	9.89 A
KNO_3 5000	8.76 c	11.35 a	10.06 A
KNO_3 10000	8.67 c	11.02 ab	9.84 A
GA_3 100	8.63 c	10.45 ab	9.54 A
GA_3 200	9.71 bc	10.40 ab	10.05 A
میانگین Mean	8.81 B	10.94 A	

[†] Means followed with the same letters are not significantly different at 5% level of probability, using LSD test.

[†] میانگین‌های با حرف‌های مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

Table 2. Continued .

چینه سرمایی Stratification			
تیمار Treatment (mg l ⁻¹)	با سرمادهی With	بدون سرمادهی Without	میانگین Mean
شاخص بنیه بذر Seed vigor index			
شاهد Control	100.0 e	88.0 e	94.0 C
KNO3 5000	242.0 ab	261.0 ab	251.5 A
KNO3 10000	127.6 de	147.0 cde	137.3 C
GA3 100	219.3 abc	273.6 a	246.5 A
GA3 200	195.0 bcd	190.3 a	192.6 B
میانگین	176.8 A	192.0 A	
Mean			

† Means followed with the same letters are not significantly different at 5% level of probability, using LSD test.

† میانگین‌های با حرف‌های مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌های مقایسه میانگین‌ها نشان داد، چینه سرمایی اثر معنی‌داری بر سرعت تنژگی داشت، به‌طوری که در رویان‌هایی که به مدت یک ماه با دمای ۴ درجه سلسیوس تیمار شده بودند، مدت رسیدن تا ۵۰ درصد تنژگی ۶/۱۷ روز بود که ۱۸/۵٪ کمتر از همین زمان برای رویان‌هایی بود که سرمادهی نشده بودند (۷/۵۷ روز) (جدول ۲). نتیجه‌ها همچنین نشان داد کاربرد کلیه ترکیب‌های شیمیایی بدون تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر، سبب افزایش سرعت تنژگی نسبت به شاهد شد. به هر حال از بین ترکیب‌های شیمیایی، کمترین زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی مربوط به تیمار کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۵/۸۳ روز) بود، که سبب کاهش ۳۳/۸ درصدی این زمان نسبت به تیمار شاهد (۸/۸۱ روز) شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد چینه سرمایی اثر معنی‌داری بر کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی داشت، به طوری که در رویان‌های تیمار شده با دمای ۴ درجه سلسیوس، این مدت ۸/۸۱ روز بود که ۱۹/۴٪ کمتر از همین زمان برای رویان‌هایی بود که سرمادهی نشده بودند (۱۰/۹۴ روز) (جدول ۲).

نتیجه‌ها نشان داد، اگر چه اثر دما و برهمکنش دما و ترکیب‌های شیمیایی بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار نبود، اما کاربرد ترکیب‌های شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص بنیه بذر داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد برخی ترکیب‌های شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار شاخص تنژگی شد. بیشترین مقدار شاخص بنیه بذر (۲۵۱/۵)، مربوط به تیمار ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم بود که نسبت به تیمار شاهد (۹۴/۰) سبب افزایش بیش از ۲/۶۷ برابری شاخص بنیه بذر شد (جدول ۱). همچنین نتیجه‌ها نشان داد اگر چه هر دو غلظت کاربری جیبرلیک اسید باعث بهبود شاخص بنیه بذر شد، اما کاربرد جیبرلیک اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۴۶/۵) مؤثرتر بود و سبب افزایش ۲/۶ برابری بنیه بذر نسبت به تیمار شاهد (۹۴/۰) شد (جدول ۲).

بحث

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد، تیمار خراش‌دهی و تناوب دمایی سبب افزایش معنی‌دار درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه و شاخص بنیه بذر و همچنین کاهش معنی‌دار مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی پایانی و میانگین زمان لازم برای تنژگی در بذر زالزالک گونه *C. atrosanguinea* شد.

خراش‌دهی مکانیکی با شکافت فرابر بذر و افزایش ورود گازها و آب به درون بذر موجب شکست خفگی ناشی از پوشش سخت بذر می‌شود (۴). به عقیده هارتمن و همکاران (۲۱) تیمار بذرهای دارای خفگی مکانیکی با سولفوریک‌اسید سبب افزایش درصد تنژگی بذر می‌شود. پوشش بذر، خفگی را تحمیل و همانند بازدارنده‌های شیمیایی از تنژگی جلوگیری می‌کند (۲۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیمار خراش‌دهی با اسید و به‌دنبال آن گرمادهی و سرمادهی به شکست خفگی رویان و افزایش سرعت تنژگی کمک می‌کند (۲۸). تنژگی بذر زالزالک به‌دلیل پوشش سخت و درون‌بر استخوانی دو یا چند سال به طول می‌انجامد (۱۴). بررسی‌ها نشان داده است بذرهای زالزالک رویان خفته دارند، بنابراین نیازمند چینه سرمایی سرد هستند (۲۹). هارتمن و همکاران (۲۱) اظهار داشتند در گونه‌هایی از زالزالک که بذر آن‌ها درون‌بر ضخیم دارد، خراش‌دهی با اسید موجب افزایش درصد و سرعت تنژگی می‌شود. بررسی‌های المز و همکاران (۲۸) نیز نشان داد تیمار خراش‌دهی با سولفوریک‌اسید غلیظ و چینه سرمایی سبب افزایش درصد تنژگی در بذر انار شد. هوگو و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند تیمار قبل و بعد از سرمادهی بذرهای علف هرز باریک برگ *Digitaria nuda* موجب افزایش درصد تنژگی شد. بوجارسکا (۹) نشان داد خراش‌دهی بذرهای زالزالک با سولفوریک‌اسید در غلظت‌های مختلف و به‌دنبال آن تناوب دمایی گرم - سرد سبب افزایش معنی‌دار درصد تنژگی می‌شود.

گزارش‌های متعددی تأکید دارند که تیمار خراش‌دهی با اسید و به‌دنبال آن تناوب دمایی به شکست خفگی رویان و افزایش سرعت تنژگی کمک می‌کند (۳۶). نتیجه‌های بررسی‌های انجام شده در مورد رفع خفگی بذر زالزالک گونه *C. pedicellata* نشان داده است که تیمارهایی مانند خراش‌دهی شیمیایی با سولفوریک‌اسید غلیظ و تناوب دمایی گرم و سرما اثرهای مثبتی بر تنژگی بذر این گونه داشته است (۹). پژوهش‌های صورت گرفته روی حذف موانع تنژگی بذر و رشد دانه‌های زالزالک گونه *C. monogyna* نیز نشان می‌دهد خراش‌دهی بذر با سولفوریک‌اسید غلیظ و سپس تناوب دمایی سبب کاهش دوره تنژگی شده است (۲۹). چن و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که چینه سرمایی گرم - سرد سبب کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی بذر درختچه حب الغار می‌شود. کریم‌پور و همکاران (۲۵) گزارش کردند خراش‌دهی و چینه سرمایی بذر عناب سبب افزایش بنیه بذر و در نتیجه افزایش درصد و سرعت تنژگی بذر شد.

نتیجه‌های حاصل از بررسی تنژگی رویان گونه *C. atrosanguinea*، نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای شیمیایی بر درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه، سرعت تنژگی (کاهش مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی پایانی)، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص تنژگی و شاخص بنیه بذر و همچنین کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی بود. دیسانی‌پاکی و همکاران (۱۷) گزارش کردند که جیبرلیک اسید و نور سبب افزایش درصد تنژگی در بذر و رویان‌های جدا شده از بذر گیاه *Parthenium argentatum* شد. پژوهشگران اثر مثبت جیبرلیک اسید و نیترات پتاسیم همراه با نور و دمای مناسب را بر تنژگی بذر گزارش کردند (۳۴). بر اساس گزارش‌های انجمن بین‌المللی آزمون بذر، نیترات پتاسیم موجب شکست خفگی بذر باریک‌برگان می‌شود (۲۳). فانگ و همکاران (۱۸) دریافتند که کاربرد خارجی جیبرلین سبب افزایش

درصد تنژگی بذر در *Cyclocarya paliurus* شد. هوگو و همکاران (۲۲) گزارش کردند تیمار پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم و آب، قبل و بعد از سرمادهی موجب افزایش درصد تنژگی بذرهای علف هرز باریک برگ *Digitaria nuda* شد.

بررسی‌ها در زمینه اثر تیمارهای شیمیایی جیبرلیک اسید و نیترات پتاسیم و حذف پوشش بذر بر تنژگی بذر گیلاس نشان‌دهنده افزایش درصد تنژگی است (۱۱). نتیجه‌های حاصل از این پژوهش نیز با یافته‌های اتزورت زاکیس (۳۳)، و شاهی قره‌لر و همکاران (۳۲) همسو بود. اتزورت زاکیس (۳۳) گزارش کرد که کاربرد نیترات پتاسیم و جیبرلیک اسید سبب افزایش درصد تنژگی و همچنین کاهش میانگین زمان لازم برای تنژگی در بذر کاسنی فرنگی و کاسنی تلخ شد. چن و همکاران (۱۲) در گزارش‌های خود مبنی بر نقش جیبرلین‌ها و آبسایزیک اسید بر خفتگی و تنژگی گونه‌ای مورد، اظهار داشتند که کاربرد خارجی جیبرلین و نیز چینه‌سرمایی سبب افزایش درصد و سرعت تنژگی می‌شود. شاهی قره‌لر و همکاران (۳۲) گزارش کردند تیمار نیترات پتاسیم سبب کاهش مدت زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی پایانی در بذر ازگیل ژاپنی شد. بررسی‌ها نشان داده است نیترات پتاسیم و جیبرلین و ترکیب همزمان این دو، سبب شکست خفتگی و تنژگی بذر گیاهان *Shoenia filifolia* (۳۰) و *Chamaecyparis nootkatensis* (۳۷) شده است. ترکیب‌های دارای نیتروژن و جیبرلین با تأثیر بر غشای یاخته‌ای و تغییر در فعالیت‌های فیزیولوژیک درونی بذر سبب تسریع در فرایند تنژگی می‌شوند (۳۰).

پژوهشگران با بررسی خفتگی رویان در درختان سیب، گیلاس و هلو گزارش کرده‌اند که علت این خفتگی به خاطر اثر برخی آنزیم‌ها است که سبب جلوگیری از تنژگی عادی بذر می‌شود. دمای ۰ تا ۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ تا ۸ هفته و همچنین کاربرد ترکیب‌های هورمونی مانند کینتین و جیبرلین موجب رفع خفتگی و افزایش درصد و سرعت تنژگی رویان این گروه از بذرهای شده است (۱).

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد، تیمار خراش‌دهی و تناوب دمایی سبب افزایش معنی‌دار درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه، شاخص تنژگی بذر، شاخص بنیه بذر و همچنین کاهش معنی‌دار مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی پایانی و میانگین زمان لازم برای تنژگی در گونه *C. atrosanguinea* شد. کاربرد چینه‌سرمایی و تیمار جیبرلیک اسید در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، موجب کاهش معنی‌دار مدت زمان رسیدن تا ۵۰٪ تنژگی پایانی و میانگین زمان لازم برای تنژگی و افزایش درصد تنژگی، میانگین تنژگی روزانه، شاخص تنژگی و شاخص بنیه بذر در آزمون تنژگی رویان گونه *C. atrosanguinea* شد.

References

منابع

۱. تاجبخش، م. و م. قیاسی، ۱۳۹۱. بذر (شناخت، گواهی و کنترل آن). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی خوی، ۱۶۲ ص.
۲. خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده، ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۰۰ ص.
۳. گنجی مقدم، ا. و ا. ع. گنابادی، ۱۳۸۷. راهنمای پایه‌های درختان میوه (سیب، گلابی، گیلاس، آلو) (ترجمه)، انتشارات سروا. تهران، ۲۰۴ ص.
۴. میزاده واقفی، س. س.، ز. جم‌زاد، ع. جلیلی و م. نصیری، ۱۳۸۸. بررسی شکستن خواب بذر و تشدید تنژگی در سه گونه زالزالک (*Crataegus persica*, *C. amini*, *C. babakhanloui*). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۵۴۴-۵۵۹: ۱۷.
۵. مظفریان، و. ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران، چاپ فرهنگ معاصر، تهران. ۹۹۱ ص.

۶. منیعی، ع.، ۱۳۷۳. گلابی و به و پرورش آن‌ها، انتشارات فنی ایران، تهران. ۱۱۳ ص.
7. Abadia, J., S. Vazquez, R. Rellán-Alvarez, H. El-Jendoubi, A. Abadia, A. Alvarez-Fernandez and A. F. Lopez-Millan. 2011. Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiol. Biochem.* 49:471-482.
8. Bujarska, B. 2002. Breaking of seed dormancy, germination and seedling emergence of the common hawthorn. *Crataegus monogyna* Jacq. *Dendrobiology*, 47:61-70.
9. Bujarska, B. 2008. Seed dormancy breaking in *Crataegus pedicellata*. *Dendrobiology* 60:51-56.
10. Bush E.W., C.E. Johnson and J. T. Payne. 1991. Commercial nursery production of *Crataegus opaca* in Louisiana. Proceedings of the 36th Southern Nurserymen's Association Research Conference, Annual Report. pp. 113-115.
11. Cetinbas, M. and F. Koyuncu. 2006. Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. *HortScience*, 33:119-123.
12. Chen, Sh.Y., S.R. Kuo, and C.T. Chien. 2008. Roles of gibberellins and abscisic acid in dormancy and germination of red bayberry (*Myrica rubra*) seeds. *Tree Physiol.* 28:1431-1439.
13. Cinelli, F. 1995. Physiological responses of clonal quince rootstocks to iron deficiency induced by addition of bicarbonate to nutrient solution. *J. Plant Nutr.* 18:77-89.
14. Dickinson, T.A. 1985. The biology of Canadian Weeds. *Crataegus crusgalli* L. *Can.J. Plant Sci.* 65:641-654.
15. Dirr, M. A. 1998. Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation and Uses. 5th ed. Stipes Publishing Company, Inc., Champaign, 536 p.
16. Dirr, M. A. and C. W. Jr. Heuser. 1987. The Reference Manual of Woody Plant Propagation: From Seed to Tissue Culture. Varsity Press, Inc., Athens, 239 p.
17. Dissanayake, P., D. L. George and M. L. Gupta. 2010. Effect of light, gibberellic acid and abscisic acid on germination of guayule (*Parthenium argentatum* Gray) seed. *Indust. Crop Prod.* 32:111-117.
18. Fang, Sh., J. Wang, Z. Wei and Z. Zhu. 2006. Methods to break seed dormancy in *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja. *Sci. Hort.* 110:305-309.
19. Franklin T. B., R. P. Karfalt and R. G. Nisley. 2008. *Crataegus* L. pp: 447-465. In: Bonner, F.T. and Karfalt, R.P. (Eds.). The Woody Plant Seed Manual Agriculture Handbook, United States Department of Agriculture, 1241 p.
20. Gogorcena, Y., J. Abadia and A. Abadia. 2005. A new technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks: elicitation of root ferric chelate reductase by manipulation of external iron concentration. *J. Plant Nutr.* 27:1701-1715.
21. Hartmann, H.T., D.E. Kester Jr., F.T. Davies. and R.L. Geneve. 2002. Plant Propagation: Principles and Practices. 7th ed. Prentice Hall Inc. New Jersey. 662p.
22. Hugo, E., A.E.J. Saayman-Du Toit and C.F. Reinhardt. 2014. Germination characteristics of the grass weed *Digitaria nuda* (Schumach.). *South Afr. J. Bot.* 90:52-58.
23. ISTA. 1996. Rules for Seed Testing. International rules for seed testing rules. International Seed Testing Association, Zürich, Switzerland, 155 p.
24. Itoh, H., M. Matsuoka and C. M. Steber. 2003. A role for the ubiquitin-26S-proteasome pathway in gibberellin signaling. *Trend Plant Sci.* 8:492-497.

25. Karimpour, S., G.H. Davarynejad, H. Rouhbakhsh and E. Ardakani. 2013. Data on scarification and stratification treatments on germination and seedling growth of *Ziziphus jujuba* seeds. *Adv. Environ. Biol.* 7:501-505.
26. Martinz Gomez, P. and F. Dicenta. 2001. Mechanism of dormancy in seeds of peach (*Prunus persica* Barsch) cv. GF305. *Sci. Hort.* 91:51-58.
27. Mehrabi Pour, S., H. Abdollahi, and A. Ghasemi. 2010. Interaction effects of rootstock and genotype on tolerance to iron deficiency chlorosis in quinces (*Cydonia oblonga* Mill.) from central region of Iran. *Iran. J. Plant Pathol.* 26:1-14.
28. Olmez, Z., F. Temel, A. Gokturk and Z. Yahyaoglu. 2007. Effect of sulphuric acid and stratification pretreatments on germination of pomegranate (*Punica granatum* L.) Seeds. *Asian J. Plant Sci.* 6:427-430.
29. Payne J. A., G. W. Krewer and R. R. Fitenmiller. 1990. Mayhaws: trees of pomological and ornamental interest. *HortScience*, 25:246-375.
30. Plummer, J. A., A. D. Rogers, D. W. Turner and D. T. Bell. 2001. Light, nitrogenous compounds, smoke and GA3 break dormancy and enhance germination in the Australian everlasting daisy, *Shoemia filifolia* subsp. *Subulfolia*. *Seed Sci. Technol.* 29:321-330.
31. Qrnfleh M. M. 1991. Studies on the hawthorn (*Crataegus azarollus* L.): 2. Changes in abscisic acid content during cold stratification in relation to seed germination. *J. Hort. Sci.* 66:223-226.
32. Shahi-Gharahlar, A., A. R. Yavari, M. Khayyat, N. Jalali and R. Farhoudi. 2012. Effects of soaking, temperature, stratification, potassium nitrate and gibberellic acid on seed germination of loquat tree. *J. Plant Nutr.* 35:1735-1746.
33. Tzortzakakis, N. G. 2009. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. *HortScience*, 36:117-125.
34. Wakjira, K. and L. Negash. 2013. Germination responses of *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae) to various physico-chemical pretreatment conditions. *S. Afr. J. Bot.* 87:76-83.
35. Wertheim, S. J. 2002. Rootstocks for european pear: *Acta Hort. Rev.* 596:299-309.
36. William E., F. Savage and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 5: 33-36.
37. Xia, J. H. and A. R. Kermode. 2000. Dormancy of yellow cedar (*Chamaecyparis nootkatensis* Spach) seeds is effectively terminated by treatment with 1-propanol or nitrate combination with a warm water soak, gibberellin and moist chilling. *Seed Sci. Technol.* 28:227-240

Evaluation of Seed Dormancy and Germination in Hawthorn (*Crataegus atosanguinea*)

M. Eskandari, B. Baninasab, S. Ghobadi and M. Gholami¹

Hawthorn is one of the crucial tolerant seedling rootstocks to iron deficiency chlorosis for quince and pear trees in calcareous soils. In this investigation, owing to double seed dormancy, low percentage of seed germination and producing seedling rootstocks, two factorial experiments in a completely randomized design with three replications were conducted to overcome seed dormancy in hawthorn. In the first experiment, the effect of seed scarification with concentrated sulfuric acid (98%) in three times period including 0, 1.5 and 3 hours and four warm-cold temperature treatments on *C. atosanguinea* was investigated. In the second one, the germination of seed embryos of *C. atosanguinea* were evaluated under different concentrations of potassium nitrate (0, 5000 and 10000 mg l⁻¹) and gibberellic acid (0, 100 and 200 mg l⁻¹) *in vitro*. The results of first experiment showed that the scarification time and temperature treatments, had significant effects in increasing germination percentage (GP), mean daily germination (MDG), length of hypocotyl and epicotyl, germination index (GI) and Seed viability index (SVI), and reduced the germination rate (T50) and mean germination time (MGT) compared to control. The results of the second experiment indicated that the applications of 100 mg l⁻¹ gibberellic acid, and 5000 mg l⁻¹ of potassium nitrate significantly increased GP, MDG, GI, SVI and decreased T50 compared to the control.

Keywords: Crataegus, Dormancy, Germination, Scarification, Temperature treatment.

1. Former M.Sc. Student of Horticulture, Associate Professor and Assistant Professors of Horticulture, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran, respectively.

*Corresponding author, Email: (mah.gholami@cc.iut.ac.ir).