علوم و تحقیقات بذر ایران
سال یازدهم/ شماره اول/ ۱۴۰۳ (۴۹ - ۳۱)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2024.8037

بررسی طول عمر بذر گونه‌های مختلف پونه‌سا (*Nepeta* spp.) در شرایط *ex-situ*

پروین صالحی شانجانی*[۱]، لیلا رسول زاده[۲]، محسن کلاگری[۳]، لیلا فلاح حسینی[۴]، حمیده جوادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۵

چکیده

طول عمر بالا بذرهای خشک اساس حفاظت خارج از رویشگاه (*ex-situ*) بذرهای ارتدوکس (بذور متحمل به خشک شدن) است. با این‌وجود در شرایط ذخیره‌سازی یکسان، تنوع زیادی در طول عمر بذر گونه‌ها وجود دارد. نتایج آزمون زوال مصنوعی به مدیران بانک بذر ابزاری برای ارزیابی طول عمر بالقوه مجموعه‌های بذر این گونه‌ها در شرایط بانک بذر ارائه می‌دهد تا امکان انتخاب فواصل آزمایش مجدد زنده‌ماندن مناسب و در نتیجه مدیریت بهتر مجموعه‌های حفاظتی را فراهم کند. در پژوهش حاضر بذر نه گونه وحشی *Nepata* در دمای و رطوبت نسبی بالا (به‌ترتیب ۴۵ درجه سانتی‌گراد و ۶۰ درصد) به‌مدت ۱۲۰ روز زوال یافتند. بذرها در زمان‌های مختلف (۱، ۲، ۵، ۹، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز) از شرایط تیمار زوال خارج شده و زنده‌مانی آن‌ها با آزمایش‌های استاندارد جوانه‌زنی بررسی گردید. زمان صرف‌شده در انبار برای کاهش جوانه‌زنی به‌میزان ۵۰٪ (p50) با استفاده از تجزیه و تحلیل Probit تعیین شد و به‌عنوان معیاری برای طول عمر نسبی بذر بین گونه‌ها استفاده گردید. p50 بذور زوال یافته گونه‌های مختلف پونه‌سا در شرایط زوال مصنوعی، از ۴/۳۸ روز تا ۱۶ روز متغیر بود. بر اساس طول عمر بذور بدست آمده در زوال مصنوعی، دوره‌های پایش جوانه‌زنی بذر در بانک‌های ژن برای گونه‌های *N. pogonosperma*، *N. haussknechtii*، *N. glomerulosa*، *N. cataria*، *N. depauperata* می‌تواند ده ساله باشد. ولی دوره‌های پایش جوانه‌زنی بذر گونه‌های *N. menthoides*، *N. nuda*، *N. schirazana* و *N. oxydonata* باید پنج ساله باشد و حتی جمع‌آوری مجدد بذر آن‌ها استراتژی مناسب‌تری برای حفاظت آن‌ها در شرایط *ex-situ* است.

واژه‌های کلیدی: تنوع گونه‌ای، زوال مصنوعی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی

۱- دانشیار پژوهش، بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. psalehi1@gmail.com
۲- محقق، بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. rasoolzadehl@yahoo.com
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. calagarim@gmail.com
۴- محقق، بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. leilafalah@yahoo.com
۵- دانشیار پژوهش، بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. hjavadim@yahoo.com
*نویسنده مسئول: psalehi1@gmail.com

مقدمه

طول عمر بذر به دوره‌ای اطلاق می‌شود که طی آن بذر زنده می‌ماند و قادر به جوانه‌زدن است (Bekker *et al.*, 2003). مدت زمانی که بذرها قابلیت حیات خود را حفظ می‌کنند نه‌تنها برای برنامه‌های اصلاحی محصولات کشاورزی، بلکه برای توصیف پویایی جمعیت‌های طبیعی و ارزیابی پتانسیل بقاء آن‌ها در بانک ژن و بانک بذر خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Dowsett *et al.*, 2012; Finch-Savage and Bassel, 2016; Company *et al.*, 2019; Fenollosa *et al.*, 2020). طول عمر بذر از چند ماه در سویا (Pereira Lima *et al.*, 2017)، تا بیش از ۲۰۰۰ سال در *Phoenix dactylifera* برآورد شده است (Sallon *et al.*, 2008).

گونه‌های ارتدوکس، به‌دلیل پتانسیل بالایشان در تحمل شرایط سخت محیطی (مثل خشکی) معمولاً دارای خواب بوده و حتی در شرایط مناسب جوانه‌زنی نیز نیاز به اعمال تیمارهایی برای رفع خواب دارند (Bewley *et al.*, 2013). به‌علت سرعت آهسته زوال بذور گونه‌های ارتدوکس، مطالعه و توصیف طول عمر بذر گونه‌ها تحت شرایط طبیعی دشوار است. به این دلیل از آزمون‌های زوال مصنوعی برای تخمین طول عمر و بنیه بذر استفاده می‌شود (Ellis and Robert, 1980; Hay *et al.*, 2019; Sethi *et al.*, 2020). تسریع زوال بذر را می‌توان به‌طور مصنوعی با قراردادن بذر در شرایط رطوبت نسبی و دمای بالا القا نمود. این روش کمک می‌کند تا پاسخ جوانه‌زنی یک گونه در یک دوره زمانی طولانی را در یک بازه زمانی کوتاه پیش‌بینی نمود (Fenollosa *et al.*, 2020). روش‌های متفاوتی برای تخمین و مقایسه طول عمر بذر وجود دارد که مهمترین آن‌ها ۱) زوال کنترل شده، ۲) زوال تسریع شده و ۳) زوال کنترل شده استاندارد است. در این روش‌ها شرایطی ایجاد می‌کنند تا روند پیری را سرعت ببخشد. آزمون زوال کنترل‌شده با قرار دادن دانه‌ها (دارای رطوبت نسبی حدود ۱۸ تا ۲۴ درصد) در دمای حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ تا ۹۶ ساعت (Powell *et al.*, 2005) حاصل می‌شود. در آزمون زوال تسریع‌شده به‌وسیله قرار دادن دانه‌ها در دمای بالا (در حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد) در محیطی رطوبت نسبی بالا (۶۰ درصد) به مدت ۲۴ تا ۹۶ ساعت (Hampton and Tekrony, 1995)، و آزمون زوال کنترل شده استاندارد به‌وسیله قرار دادن دانه‌ها در همان دمای بالا (در حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد) در محیطی رطوبت نسبی بالا (۶۰ درصد) به‌مدت ۱۲۰ روز صورت می‌گیرد (Hay *et al.* 2006). آزمون‌های زوال تسریع‌شده و زوال کنترل‌شده استاندارد نسبت به‌روش دیگر ترجیح داده می‌شود زیرا نیازی به کنترل اولیه رطوبت بذر نداشته و نتایج مشابهی با تست زوال کنترل شده ارائه می‌دهد (Hay *et al.*, 2019). شرایط زوال مصنوعی اثرات متفاوتی در گونه‌های مختلف دارد. به طوری که مطالعات آزمون زوال مصنوعی بر روی ارقام مختلف برنج نشان داده است که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد، ۲۵ تا ۴۵ روز طول می‌کشد بذر قوه نامیه خود را از دست دهد. در حالی که در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰ درصد، این زمان به یک روز کاهش می‌یابد. دانه‌های آرابیدوپسیس تالیانا در ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۳ درصد، قابلیت حیات خود را طی ۳ روز از دست می‌دهند (Hay *et al.*, 2019).

بانک‌های ژن مخازن زیستی با ارزشی هستند که وظیفه حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی را در یک دوره زمانی طولانی بر عهده دارند تا ژرم‌پلاسم مورد نیاز تحقیقات علمی و اصلاح نباتات برای بهبود تولید غذا و خوراک را فراهم کنند. حفاظت از بذور ارتدکس در بانک‌های ژن تحت دمای رطوبت نسبی پایین منجر به کاهش تدریجی جوانه‌زنی بذرها با سرعت قابل پیش‌بینی می‌شوند (Roberts, 1973). در تحقیقی با مطالعه داده‌های حاصل از آزمایش جوانه‌زنی ۴۱۸۴۷ اکسشن از ۲۷۶ گونه ذخیره‌شده در مرکز ملی حفاظت از منابع ژنتیکی USDA (United States Department of Agriculture)، پیش‌بینی شد بین p50 کوتاه‌عمرترین گونه‌ها (*Bromus sitchensis*؛ ۷ سال) و طولانی‌عمرترین گونه‌ها (*Trifolium campestre*؛ ۶۳۳ سال) ۶۲۶ سال اختلاف وجود دارد (Walters *et al.*, 2005). شناخت طول عمر بذر گونه‌های مختلف برای مدیریت بانک های ژن و مجموعه‌های حفاظت از بذر گیاهان بسیار مهم است، زیرا زیربنای انتخاب دوره‌های پایش جوانه‌زنی بذر و در نتیجه انتخاب استراتژی احیاء یا جمع‌آوری مجدد آن‌ها، طول عمر بذر است. این موضوع به‌ویژه برای مجموعه‌های گونه‌های گیاهی وحشی بسیار مهم است زیرا هر گونه کاهش قابل‌توجه در جوانه‌زنی منجر به از بین رفتن ناهمگونی ژنتیکی نمونه بذر می‌شود

(Walters, 2003). بنابراین، برای بانک‌های ژن پایش منظم جوانه‌زنی برای حفظ قابلیت جوانه‌زنی آن‌ها مهم است (FAO, 2014). از این رو لازم است بر اساس طول عمر بذر هر گونه دوره‌های بهینه آزمایش جوانه‌زنی تخمین زده شود. برای این منظور مدل‌های آماری برای طول عمر بذر با استفاده از انواع گونه‌های گیاهی در شرایط مختلف ذخیره‌سازی مانند مدل probit (Ellis and Robert, 1980)، معادله Avrami (Walters *et al.*, 2005) و Bayesian multilevel model (Trap *et al.*, 2012) معرفی شده است (Yamasaki *et al.*, 2020).

جنس *Nepeta* با نام فارسی پونه‌سا از تیرهٔ نعناعیان، دارای ۶۸ گونه علفی یک ساله و چند ساله در ایران می‌باشدکه از اهمیت دارویی قابل ملاحظه‌ایی برخوردار هستند(Mozaffarian, 2006) . در بانک ژن منابع طبیعی ایران تعداد ۵۱۷ اکسشن از گونه‌های مختلف پونه‌سا وجود دارد. گزارشی از بررسی طول عمر گونه‌های پونه‌سا در منابع یافت نشد زیرا مدل‌ها و ثابت و ضرایب معادله‌های طول عمر بذر غالباً برای گونه‌های زراعی (Liu *et al.*, 2011) تهیه شده و در کمتر پژوهشی طول عمر بذور گونه‌های خودرو مطالعه شده است. با توجه به تعداد بالای نمونه‌های بذر پونه یا در بانک ژن منابع طبیعی و نظر به حفاظت از آن‌ها در این پژوهش برای مقایسه طول عمر نه گونه *Nepata* (به‌عنوان گونه‌های الگو) بررسی شد. برای مقایسه، آزمون زوال کنترل‌شده استاندارد (زوال بذر در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد) که توسط پروژه بانک بذر هزاره، باغ گیاه شناسی سلطنتی، کیو، انگلستان استفاده می‌شود به کار برده شد. شناخت طول عمر و ماندگاری بذرهای گونه‌های مختلف *Nepeta* می‌تواند اطلاعات حیاتی مورد نیاز برای مدیریت این جنس مهم دارویی را فراهم کند و مدیریت موثر بانک ژن را ارتقا دهد.

مواد و روش‌ها

ژرم‌پلاسم مورد استفاده در این بررسی بذر نه گونه پونه‌سا *Nepata* (شامل *N. haussknechtii*، *N. pogonosperma*، *N. glomerulosa*، *N. cataria*، *N. menthoides*، *N. depauperata*، *N. nuda*، *N. schirazana* و *N. oxydonata*) بود که در مزرعه تحقیقاتی بانک ژن منابع طبیعی ایران واقع در مجتمع تحقیقاتی البرز کاشته شدند. بذور شهریور ماه ۱۴۰۰ از مزرعه برداشت شده و در شرایط دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۵ درصد خشک و بسته‌بندی و در کیسه‌های بدون هوا در ۴+ سانتی‌گراد نگهداری شدند.

در این پژوهش از آزمایش ایجاد زوال مصنوعی بذرها که توسط پروژه بانک بذر هزاره، باغ گیاه شناسی سلطنتی، کیو، انگلستان برای مقایسه طول عمر بذر گونه‌های مختلف بکار گرفته می‌شود استفاده شد (Newton *et al.*, 2009). برای فرآیند آبرسانی مجدد، بذور بر روی یک پایه بالای محلول آبرسانی مجدد (تهیه شده با افزودن ۳۸۵ گرم کلرید لیتیوم به ۱ لیتر آب) که برای ایجاد رطوبت نسبی ۴۷٪ تهیه شده، در یک جعبه غیرقابل نفوذ هوا قرار گرفتند. این جعبه سپس در یک انکوباتور قرار داده شد و به مدت ۱۴ روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در تاریکی نگهداری شد. پس از مرحله آبرسانی مجدد، بذور به یک جعبه غیرقابل نفوذ هوا با محلول زوال (تهیه شده با افزودن ۳۰۰ گرم کلرید لیتیوم به ۱ لیتر آب) که برای ایجاد رطوبت نسبی ۶۰٪ تهیه شده منتقل شدند. این جعبه سپس در یک انکوباتور قرار داده شد و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی به‌مدت ۱۲۰ روز نگهداری شد. بذرها در زمان‌های مختلف (۱، ۲، ۵، ۹، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز) از شرایط تیمار زوال خارج شدند و زنده‌مانی آن‌ها با آزمایش‌های استاندارد جوانه‌زنی بررسی گردید. از این رو به‌منظور مطالعه اثر زوال بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف پونه‌سا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد که تیمارهی آزمایش طول دوره نگهداری در شرایط زوال و گونه بود.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی بذرها بعد از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به‌مدت ۵ دقیقه در درون پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری دارای دو لایه کاغذ صافی قرار داده شدند. برای آغاز جوانه‌زنی بذور به ژرمیناتور در دمای متغیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۱۶ ساعت روشنایی) و ۱۵ درجه سانتی‌گراد (۸ ساعت تاریکی) منتقل شدند. شمارش درصد جوانه‌زنی(خروج ریشه‌چه دو میلی‌متری) به‌صورت روزانه و به مدت ۲۱ روز انجام گرفت. درصد جوانه‌زنی از فرمول "$n_g/n_t \times 100$" محاسبه شدکه n_g تعداد بذرهای جوانه‌زده و n_t تعداد بذر کاشته شده است (Ellis and Robert, 1980). میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی با استفاده

از فرمول "$(\sum n_i d_i)/n_g$" تعیین گردیدکه n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده روز i، di تعداد روز پس از شروع آزمایش و n_g کل تعداد بذرهای جوانه‌زده است (Ellis and Robert, 1980). سرعت جوانه‌زنی از رابطه "$\sum ni/di$" به دست آمد که ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i و di تعداد روز پس از شروع آزمایش است (Agrawal, 2004).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل رگرسیون پروبیت که مدل پروبیت نیز نامیده می‌شود در نرم افزار آماری MedCalc (۲۰۱۶) برای یافتن مقدار p50 (که زمان کاهش ۵۰ درصدی قابلیت زنده ماندن بذر است) انجام شد و به عنوان معیاری برای مقایسه طول عمر نسبی بذر بین گونه ها استفاده گردید (MedCalc, 2016). پس از تبدیل لگاریتمی داده‌ها، معادله مدل پروبیت بقای بذر به صورت "Probit=a+b×D" است که probit پروبیت درصد جوانه‌زنی یا پروبیت قابلیت حیات بعد از D روز ذخیره‌سازی، ضرایب a (ثابت) و b (شیب)، ضرایب معادله رگرسیون هستند که برای هر گونه محاسبه شد (جدول ۱). سپس منحنی‌های درصد جوانه‌زنی بذور و درصد جوانه‌زنی تهیه شده با تبدیل پروبیت در برابر زمان (تعداد روزهای زوال مصنوعی) با نرم‌افزار آماری Excel ترسیم شد تا منحنی بقای بذر بدست آید. سپس مدل رگرسیون لجستیک بر روی داده‌ها برازش شد و برای برازش معادله زنده بودن از تحلیل پروبیت استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های سرعت جوانه‌زنی میانگین و میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی به‌روش دانکن با نرم افزار sass انجام شد.

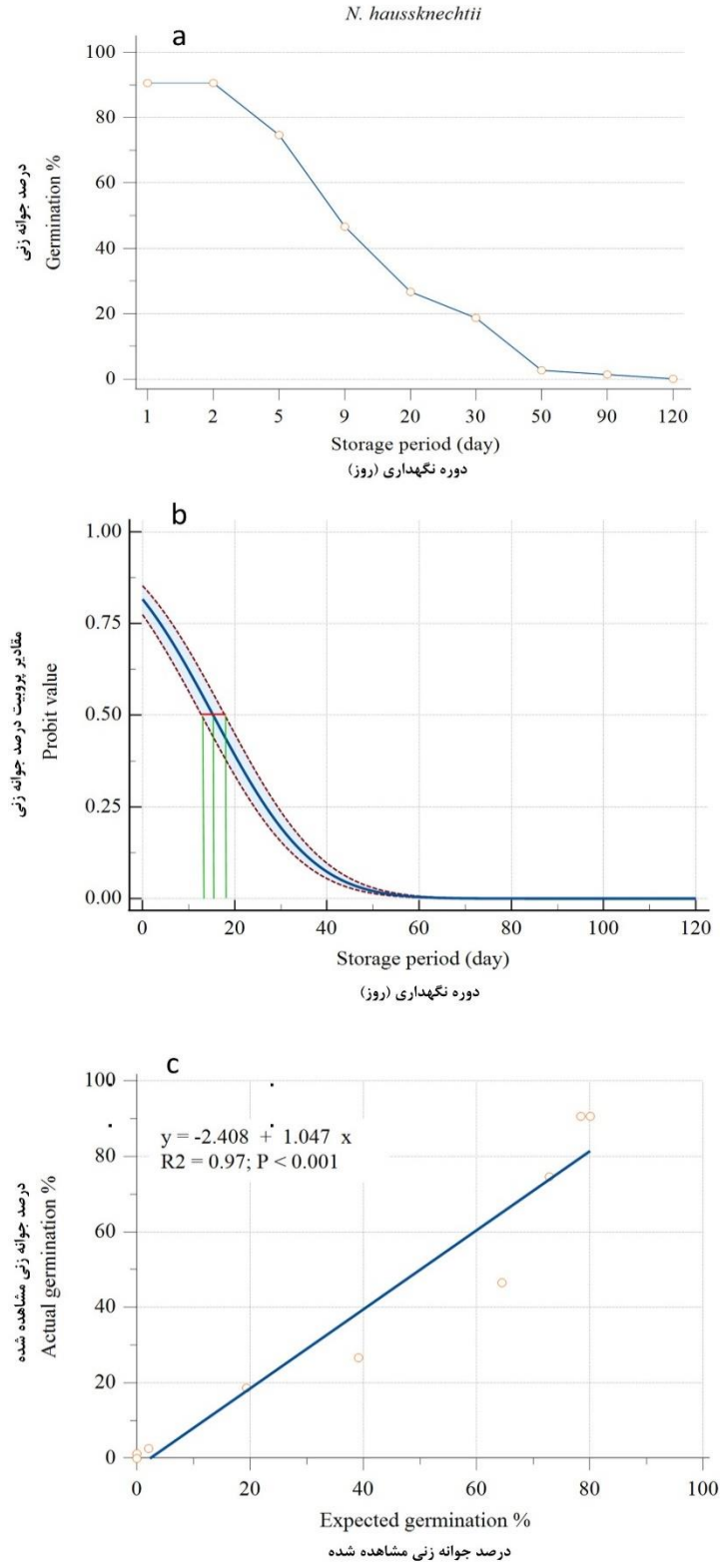
نتایج

نتایج نشان دادند جوانه‌زنی بذور نه گونه وحشی *Nepata* با گذشت زمان در شرایط زوال کاهش یافت. کاهش جوانه‌زنی در گونه‌ها متفاوت بود بطوریکه در گونه *N. haussknechtii* از روز ۱۲۰ به بعد، در گونه‌های *N. pogonosperma*، *N. glomerulosa* و *N. cataria* از روز ۹۰ به بعد، در گونه‌های *N. depauperata* و *N. nuda* از روز ۳۰ به بعد، در گونه‌های *N. menthoides*، *N. schirazana* و *N. oxydonata* از روز ۲۰ به بعد هیچ جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل ۹-a۱). معادله رگرسیون مدل احتمال پیش بینی شده تعداد بذر جوانه زده یا به عبارتی پروبیت درصد جوانه‌زنی پس از مدت زمان معین نگهداری بذر در شرایط زوال محاسبه گردید (جدول ۱). مقادیر پروبیت جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف پونه‌سا در طول زمان نگهداری در زوال در شکل‌های ۹-b۱ نشان داده شد. براساس معادله رگرسیون مدل، زمان صرف شده برای کاهش زنده ماندن بذر به ۵۰٪ (p50) در گونه *N. haussknechtii* ۱۵/۳۳ روز (شکل b۱)، در گونه *N. pogonosperma* ۱۵/۹۸ روز (شکل b۲)، در گونه *N. glomerulosa* ۱۴/۵ روز (شکل b۳)، در گونه *N. cataria* ۱۲/۳ روز (شکل b۴)، در گونه *N. depauperata* ۱۰/۴۳ روز (شکل b۵)، در گونه *N. nuda* ۷/۳۷ روز (شکل b۶)، در گونه *N. menthoides* ۷/۷۳ روز (شکل b۷)، در گونه *N. schirazana* ۴/۷۲ روز (شکل b۸) و در گونه *N. oxydonata* ۴/۳۸ روز (شکل b۹) بود. دو منحنی خط چین نشان‌هنده فاصله اطمینان ۹۵٪ برای دوره نگهداری بذر است. دوره نگهداری و فاصله اطمینان ۹۵٪، مربوط به احتمال p50 (که با کشیدن یک خط افقی

جدول ۱- معادله رگرسیون پروبیت یا مدل پروبیت بقای بذر و میزان معنی‌داری آن در گونه‌های مختلف پونه‌سا (D: روز)

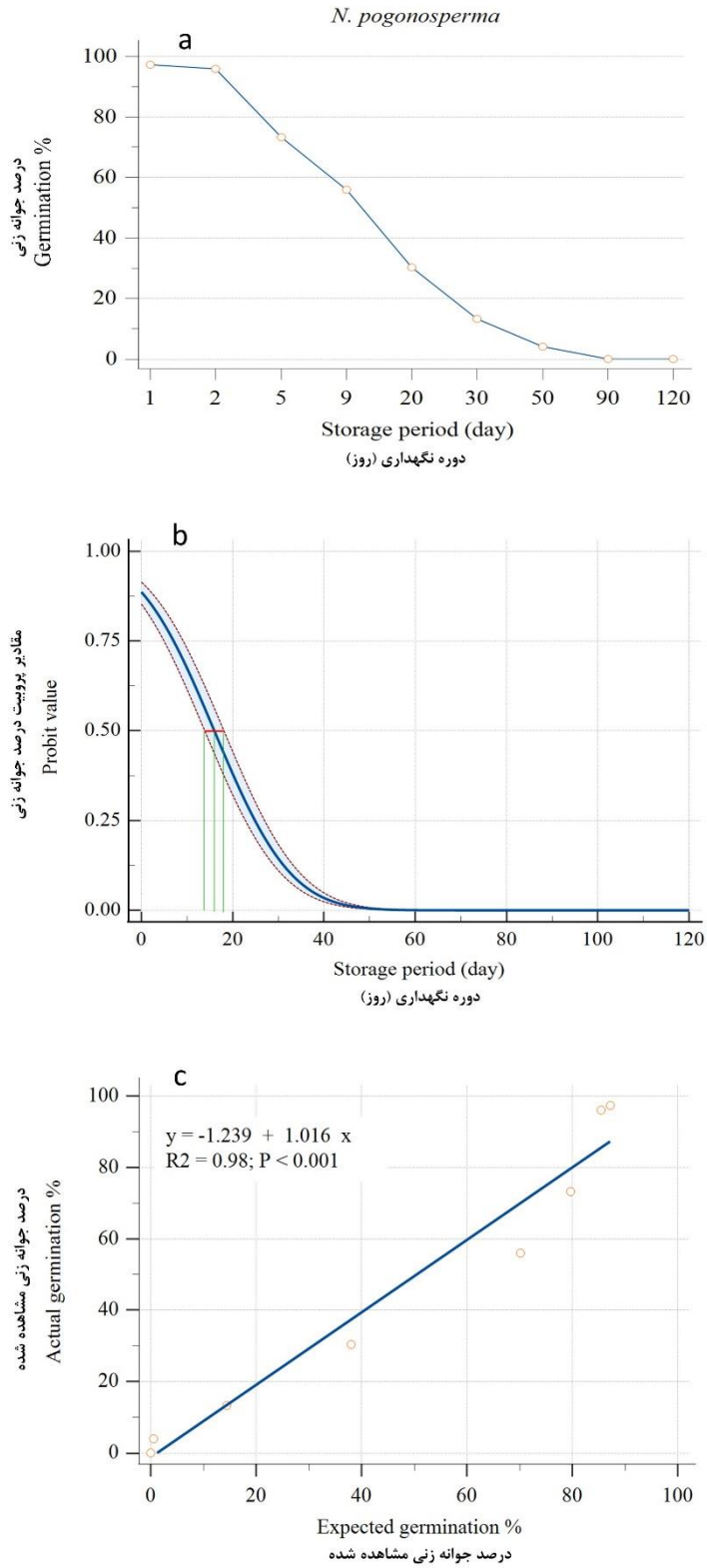
Table 1. Probit regression equation or probit model of seed survival and its significance level in *Nepeta* spp. (D: days)

گونه Species	معادله رگرسیون پروبیت یا مدل پروبیت بقای بذر Probit regression equation or seed survival probit model	R^2
N. haussknechtii	Probit=(0.90)+(-0.06)×$\log_{10}$D	0.0001
N. pogonosperma	Probit=(1.21)+(-0.08)×$\log_{10}$D	0.0001
N. glomerulosa	Probit=(1.02)+(-0.07)×$\log_{10}$D	0.0001
N. cataria	Probit=(0.79)+(-0.06)×$\log_{10}$D	0.0001
N. depauperata	Probit=(1.6)+(-0.15)×$\log_{10}$D	0.0001
N. nuda	Probit=(1.4)+(-0.19)×$\log_{10}$D	0.0001
N. menthoides	Probit=(1.7)+(-0.23)×$\log_{10}$D	0.0001
N. schirazana	Probit=(1.82)+(-0.39)×$\log_{10}$D	0.0001
N. oxydonata	Probit=(1.64)+(-0.37)×$\log_{10}$D	0.0001



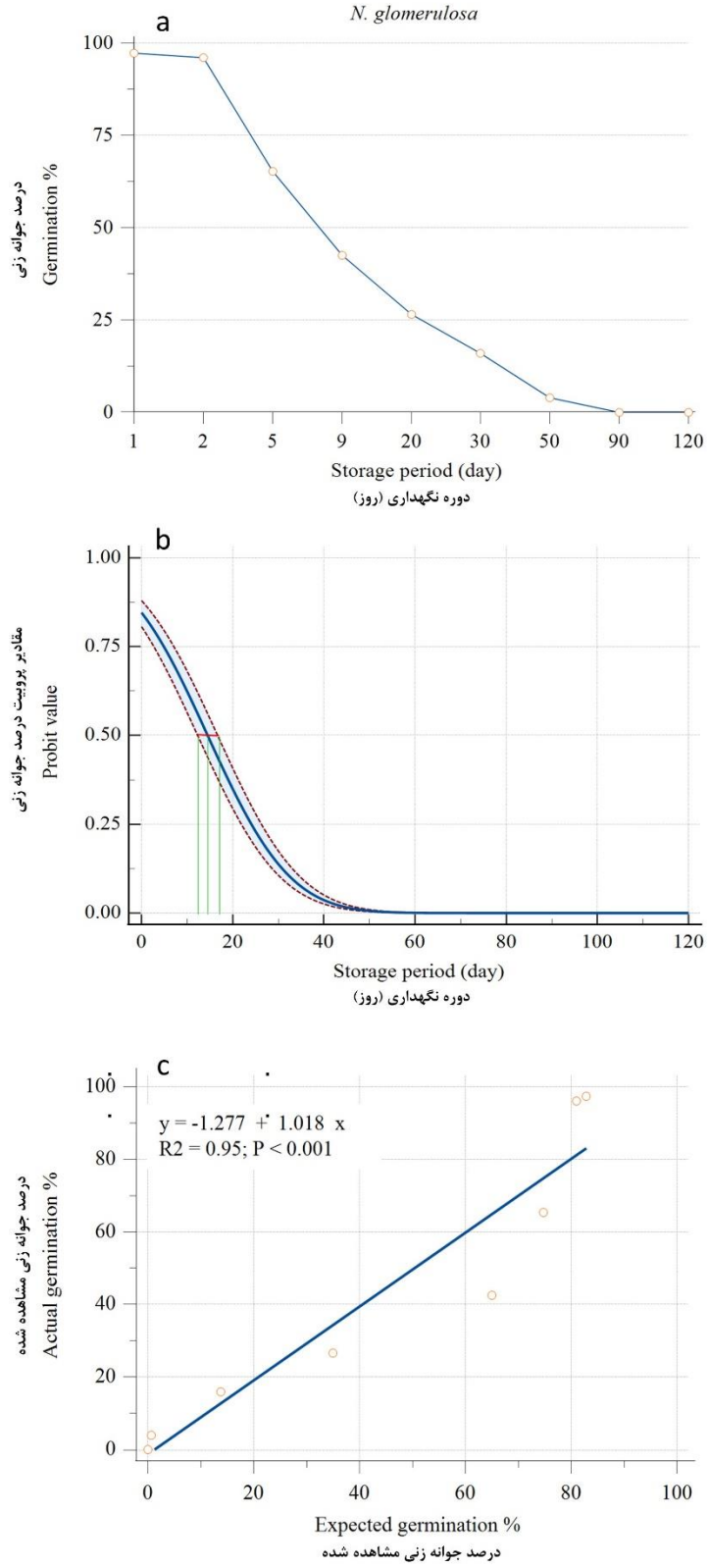
شکل ۱- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه زنی (c) بذور *N. haussknechtii* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 1. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. haussknechtii* seeds under standard controlled aging test



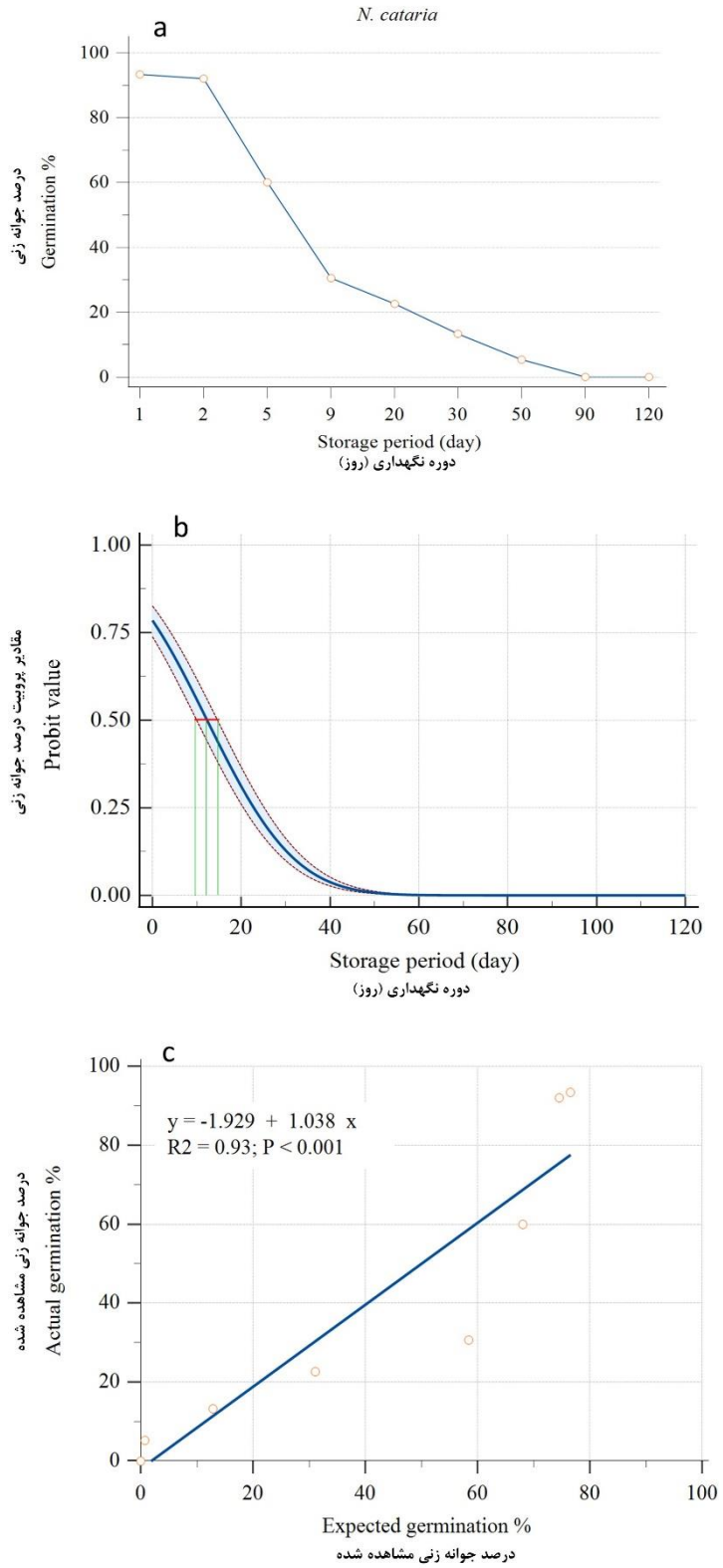
شکل ۲ـ منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه زنی (c) بذور *N. pogonosperma* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 2. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. pogonosperma* seeds under standard controlled aging test



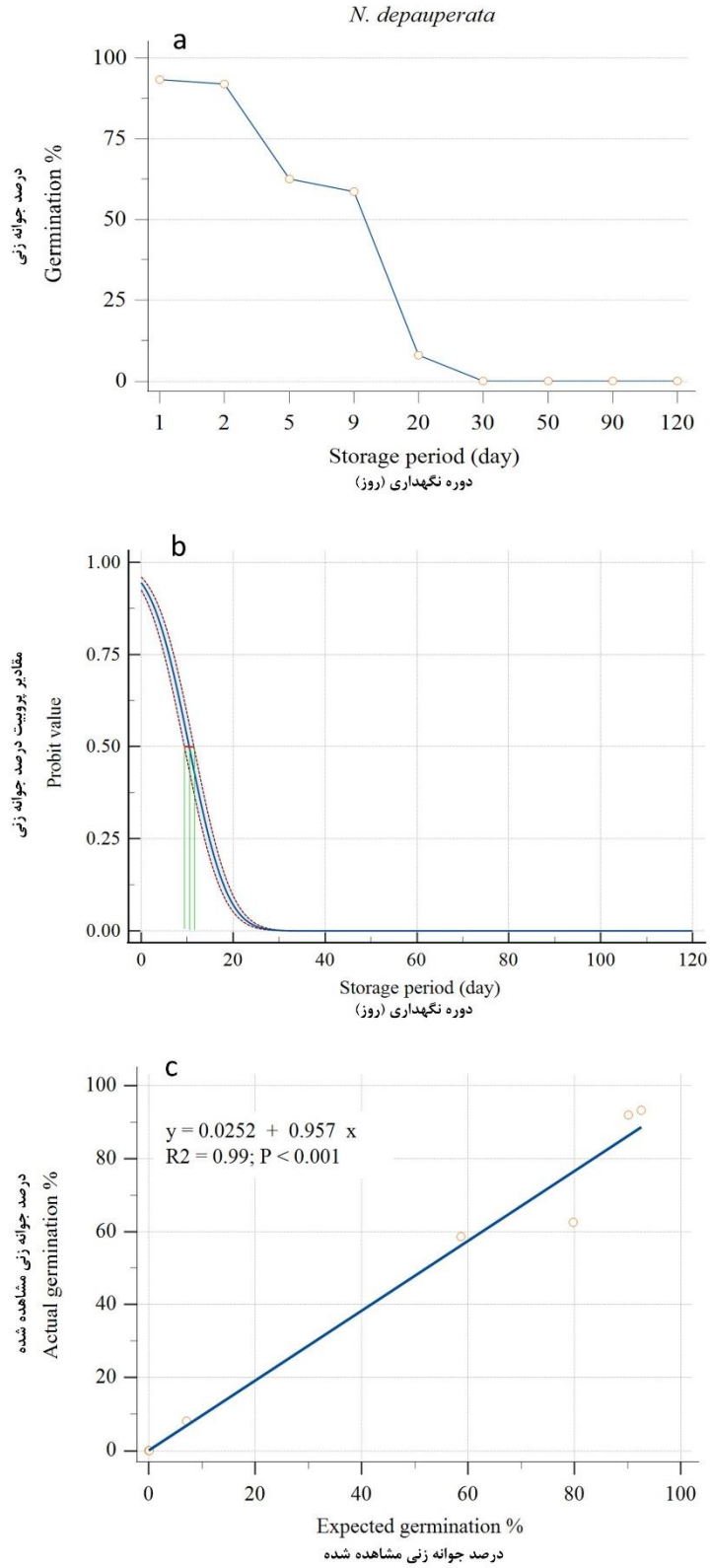
شکل ۳- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه زنی (c) بذور *N. glomerulosa* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 3. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. glomerulosa* seeds under standard controlled aging test



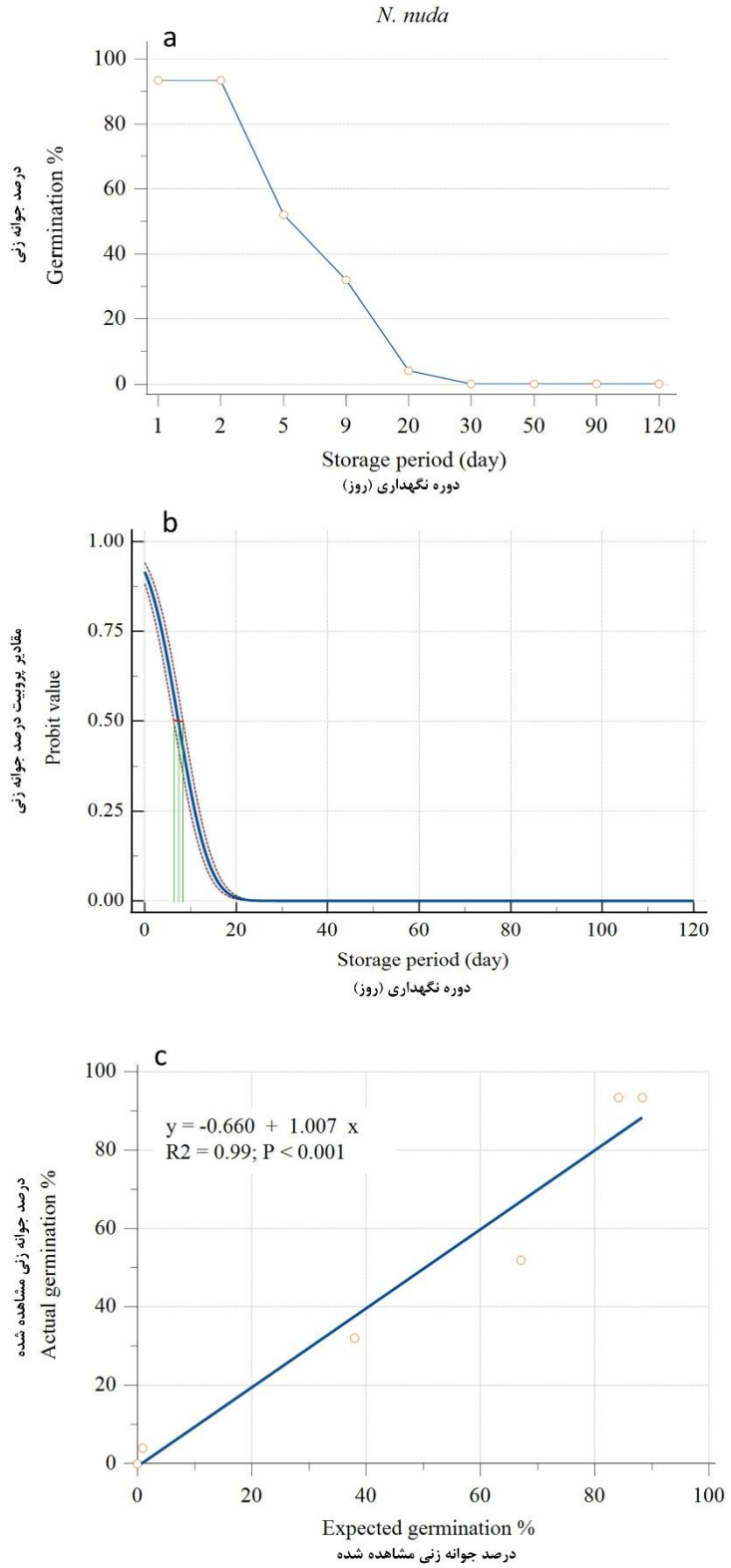
شکل ۴- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه زنی (c) بذور *N. cataria* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 4. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. cataria* seeds under standard controlled aging test



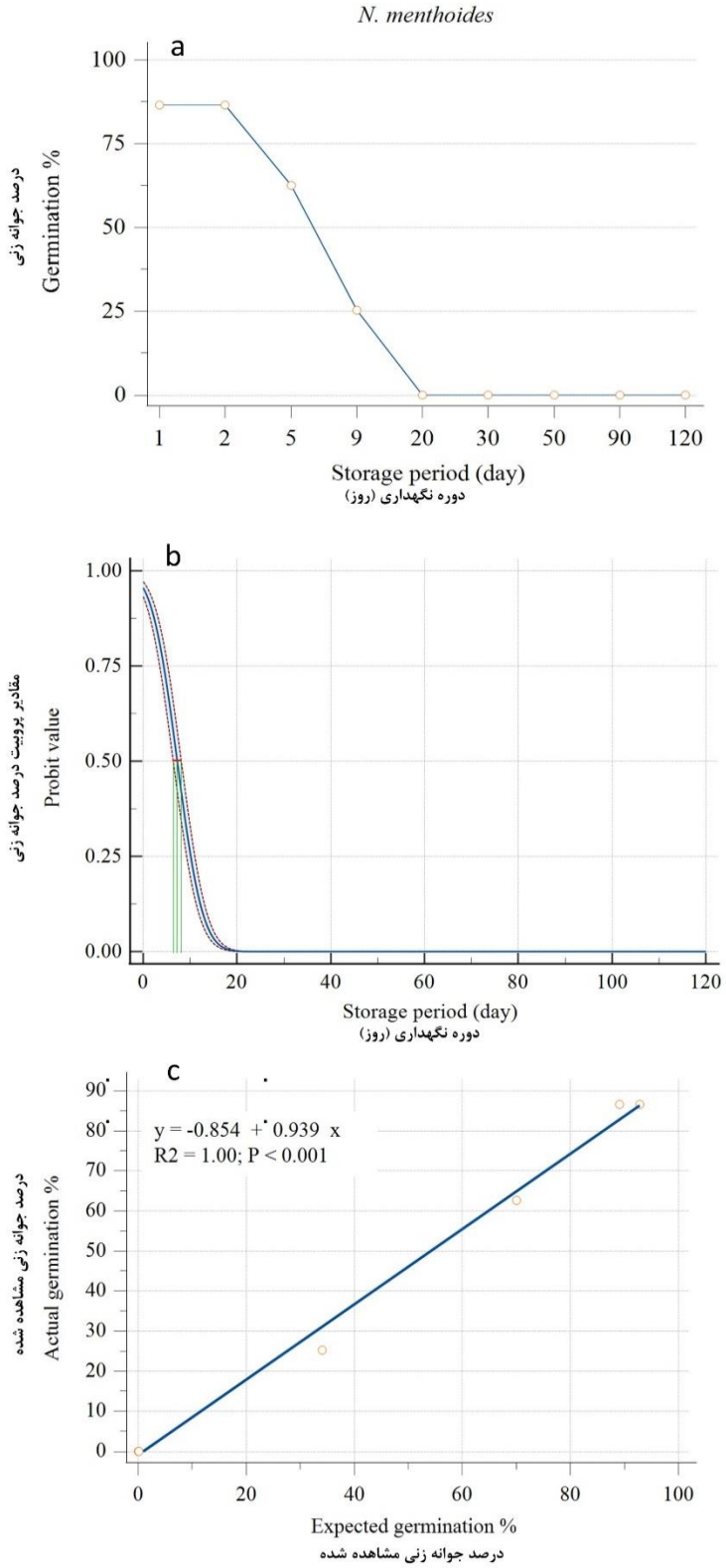
شکل ۵- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه‌زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده جوانه‌زنی (c) بذور *N. depauperata* در آزمون زوال کنترل‌شده استاندارد

Figure 5. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. depauperata* seeds under standard controlled aging test



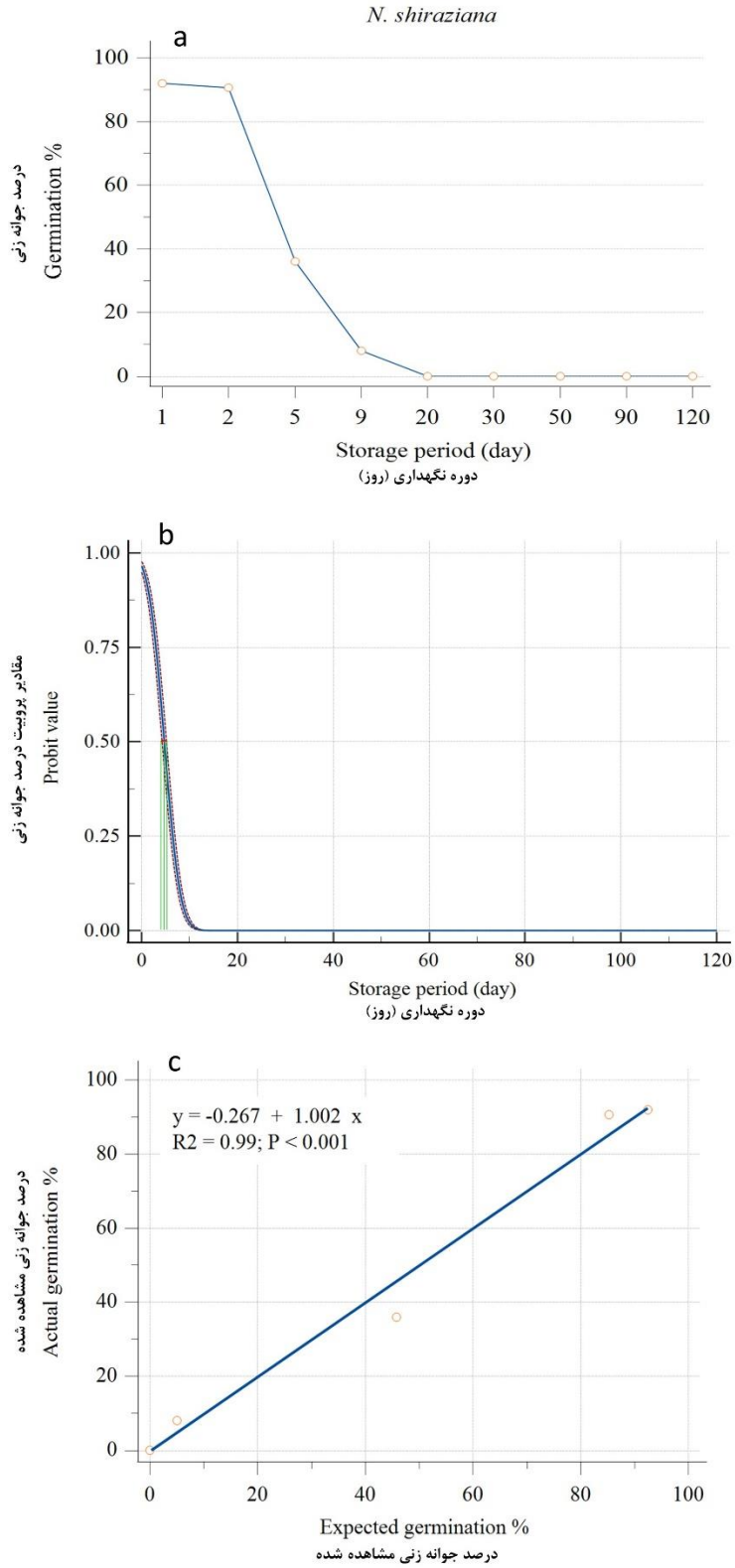
شکل ۶- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانهزنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده جوانه‌زنی (c) بذور *N. nuda* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 6. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. nuda* seeds under standard controlled aging test



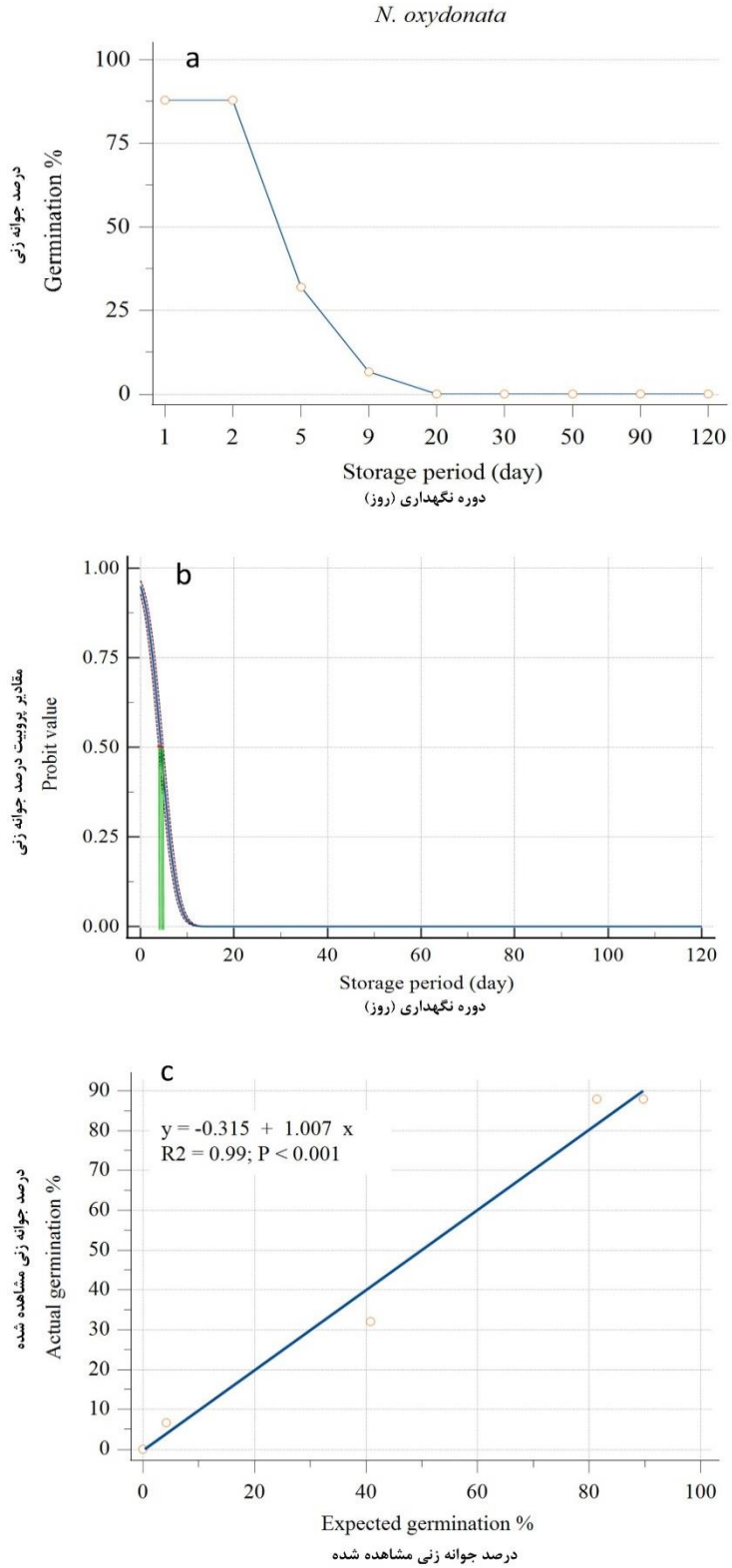
شکل ۷- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه زنی (c) بذور *N. menthoides* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 7. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. menthoides* seeds under standard controlled aging test



شکل ۸- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده جوانه-زنی (c) بذور *N. shiraziana* در آزمون زوال کنترل شده استاندارد

Figure 8. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. shiraziana* seeds under standard controlled aging test



شکل ۹- منحنی بقا (a)، مقادیر پروبیت درصد جوانه‌زنی (b) و رابطه بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده جوانه‌زنی (c) بذور *N. oxydonata* در آزمون زوال کنترل‌شده استاندارد

Figure 9. Survival curve (a), probit values of germination percentages (b) and the relationship between actual and predicted germination values (c) of *N. oxydonata* seeds under standard controlled aging test

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات سرعت جوانه‌زنی (GR) و میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) بذور نه گونه پونه‌سا

Table 2. Mean comparison of germination rate (GR) and average germination time (MGT) of nine species of *Nepeta* seeds

	روز Day	*N. haussknechtii*	*N. pogonosperma*	*N. glomerulosa*	*N. cataria*	*N. depauperata*	*N. nuda*	*N. menthoides*	*N. schirazana*	*N. oxydonata*
GR	1	6.142 a	8.631 a	8.659 a	7.62 a	7.247 a	4.707 a	5.186 a	7.569 a	6.839 a
	2	5.777 a	7.887 a	7.943 a	7.48 a	5.956 a	4.372 a	4.712 a	7.001 a	5.755 a
	5	3.726 b	4.379 b	2.558 b	2.52 b	2.906 c	2.576 b	3.243 b	1.784 b	1.978 c
	9	2.445 b	3.24 c	1.592 b	1.675 c	1.731 c	2.444 b	0.697 c	0.273 c	0.253 d
	20	1.119 c	1.581 c	1.011 c	0.899 d	0.350 d	0.206 c	0 d	0 d	0 d
	30	0.278 d	0.747 d	0.421 d	0.691 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	50	0.03 d	0.107 d	0.170 d	0.173 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	90	0.006 d	0 d	0 d	0.07 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	120	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
MGT	1	4.452 c	3.5272 c	3.5261 c	4.119 c	3.515 c	6.1204 a	4.892 c	3.3083 c	3.9341 c
	2	4.125 c	4.1999 c	4.1315 c	3.981 c	4.8437 c	5.7017 ab	4.7947 c	3.9593 c	5.0091 b
	5	5.428 b	4.9364 b	7.3067 b	5.296 b	6.8084 b	6.0438 a	5.8753 b	6.1981 b	5.6583 b
	9	5.356 b	5.2034 b	6.9325 b	6 b	5.8333 b	3.7315 c	10.0333 a	7.0833 a	6.8889 a
	20	6.306 b	5.6726 b	7.0794 b	6.648 b	9.149 a	5 b	0 d	0 d	0 d
	30	8.444 a	5.8333 b	6.3333 b	6.967 b	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	50	9 a	9.3333 a	9.65 a	7.833 a	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	90	9 a	0 d	0 d	8.667 a	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	120	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d

در آن سطح احتمال بدست می‌آید) که در گونه *N. haussknechtii* ۱۲/۸۱ تا ۱۷/۸۵ روز (شکل b۱)، در گونه *N. pogonosperma* ۱۳/۸۸ تا ۱۸/۰۸ روز (شکل b۲)، در گونه *N. glomerulosa* ۱۲/۳۱ تا ۱۶/۷۰ روز (شکل b۳)، در گونه *N. cataria* ۱۰ تا ۱۴/۶ روز (شکل b۴)، در گونه *N. depauperata* ۹/۳۹ تا ۱۱/۴۶ روز (شکل b۵)، در گونه *N. nuda* ۶/۳۶ تا ۸/۳۸ روز (شکل b۶)، در گونه *N. menthoides* ۶/۳۸ تا ۸/۱۱ روز (شکل b۷)، در گونه *N. schirazana* ۴/۲۵ تا ۵/۱۹ روز (شکل b۸) و در گونه *N. oxydonata* ۴/۲۵ تا ۵/۱۹ روز (شکل b۹) بود. معادله رگرسیون مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده قوه‌نامیه پس از مدت زمان نگهداری گونه‌های مختلف پونه‌ها که در شکل‌های ۹-c۱ درج گردیده است نشان می‌دهد معادله رگرسیون مدل ۹۸-۹۳٪ از داده‌ها را به‌طور صحیح برآورد نموده است. جدول ۲ نشان می‌دهد از روز ۵ زوال به بعد میانگین زمان جوانه‌زنی گونه‌های مختلف پونه‌ها به صورت معنی داری افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

بحث

حفاظت از ژرم‌پلاسم گونه‌های غیرزراعی برای حفظ ارزش تنوع زیستی (یعنی ارزش مزایای بالقوه آینده که امروزه ناشناخته هستند، مانند یافتن مواد جدید دارویی مفید)، بسیار اهمیت دارد (Maier, 2018; Faith, 2018). انجام آزمون‌های زوال مصنوعی بر روی بذور ذخیره شده در بانک‌های ژن، برای پیش‌بینی مدت زمانی که دانه‌ها ممکن است به آستانه زنده‌مانی ۵۰ درصد (P50) رسیده و نیاز به اقدامات بیشتر برای حفظ ژرم پلاسم داشته باشند، مفید است (Hay *et al.*, 2017) و مدیریت بانک‌های ژن برای حفاظت از ژرم‌پلاسم را بهبود می‌بخشد (Newton *et al.*, 2014).

مدل پروبیت بقای بذر گونه‌های مختلف پونه‌سا مطالعه شده در پژوهش حاضر نشان دهنده تنوع در طول عمر بذر گونه‌های فوق است. زمان لازم برای کاهش ۵۰ درصدی در قوه نامیه (p50) بین ۴/۳۸ روز در گونه *N. oxydonata* تا ۱۶ روز در گونه *N. pogonosperma* متغیر بود. به عبارتی این نشان می‌دهد تقریباً ۵۰ درصد بذر گونه *N.*

oxydonata فقط پس از ۴ روز زوال زنده‌مانی خود را حفظ می‌کنند. بررسی‌ها نشان داده که گونه‌هایی که میزان p50 آن‌ها کمتر از ۲۰ روز است دارای طول عمر کوتاهی در بانک ژن یا بانک بذر خاک هستند (Long *et al.*, 2008). به عبارتی گونه‌هایی با مقادیر کم p50 تمایل به ماندگاری بذر نسبتاً کوتاهی داشتند، در حالی که آن‌هایی که مقادیر p50 بالاتری داشتند دانه‌هایی داشتند که مدت طولانی‌تری زنده می ماندند.

پایش ۳۰ سال جوانه‌زنی بذور ۱۱۰۸۱۹ اکسشن از ۵۰ گونه‌ای که در سردخانه فعال بانک ژن NARO ژاپ (National Agriculture and Food Research Organization) نگهداری می‌شود نشان داد نوع گونه، منشاء و سلامت بذر در هنگام جمع‌آوری مهمترین عواملی هستند که بر روی طول عمر بذر در شرایط بانک ژن تاثیر می گذارند (Yamasaki *et al.*, 2020). مقایسه طول عمر بذر ۱۹۵ گونه وحشی از ۷۱ خانواده (با منشاء بیابان‌های سردسیر گرفته تا جنگل‌های استوایی موجود در بانک بذر هزار باغ کیو لندن) با استفاده از آزمون‌های زوال مصنوعی نشان داد p50 تاکسون‌های مورد بررسی از ۰/۱ تا ۷۷۱ روز متغیر است. تجزیه و تحلیل داده‌های آنها به وضوح نشان می‌دهد که گونه‌هایی که دارای بذر آندوسپرمی (یعنی جنین های نسبتاً کوچک) بوده و از نواحی مرطوب خنک منشاء گرفته‌اند معمولاً در بانک‌های ژن عمر کوتاهی دارند (Probert *et al.*, 2009). مطالعات نشان داده که دانه‌های گونه‌هایی که در مناطق جغرافیایی مرطوب و معتدل مانند اروپا منشأ می‌گیرند، در مقایسه با بذر گونه‌هایی که در مناطق گرم و خشک (استرالیا، آسیای جنوبی) منشاء می‌گیرند، طول عمر کوتاه‌تری دارند (Walters *et al.*, 2005). در تحقیقی با مطالعه زنده‌مانی بذر سه گونه ۲۰۰ ساله از آفریقای جنوبی مشخص شد طول عمر گونه‌های محیط‌های خشک و گرم زیاد است (Daws *et al.*, 2007). در پژوهش دیگری گزارش شد که p50 بذرهای آندوسپرمی گونه *Anemone nemorosa* (با منشاء انگلستان) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰٪ از حدود ۲ روز تا ۱۴ روز متغیر است. به این ترتیب بذور این گونه که طول عمر بسیار محدودی دارند معمولاً در محیط‌های جنگلی مرطوب خنک پراکنده هستند (Ali *et al.*, 2007). همانطور که قبلاً گزارش شده است، طول عمر بذر با ویژگی‌های زیستی و تاکسونومیکی ارتباط دارد (Priestley *et al.*, 1985; Probert *et al.*, 2009; Walters *et al.*, 2005). به عنوان مثال، گونه‌های مورد بررسی در Myrtales معمولاً عمر طولانی داشتند در حالی که گونه‌های Liliales کوتاه عمر بودند. چنین الگوهایی در سطح تیره‌ها نیز مشاهده می‌شود. به عنوان مثال بذر گیاهان تیره‌های Campanulaceae، Ericaceae و Melanthiaceae عمر کوتاهی داشتند (p50 از ۰/۱ روز تا ۲۲ روز متغیر بود) در حالی که Myrtaceae عمر طولانی داشتند (p50 از ۱۵۲ روز تا ۷۷۱ روز متغیر بود). در برخی تیره‌ها، با وجود تفاوت محسوس در p50، اما جنس‌های درون آن تیره‌ها تنوع نسبتاً کمی در طول عمر نشان دادند. به عنوان مثال، در Primulaceae، p50 از ۴ روز تا ۱۴۰ روز متغیر بود، اما مقایسه پنج گونه *Primula* نشان داد، همگی عمر کوتاهی داشتند (p50 از ۶ روز تا ۲۲ روز متغیر بود). هر پنج گونه *Gentiana* نیز عمر کوتاهی داشتند (p50 بین ۸ روز تا ۱۳ روز بود) در حالی که *Blackstonia perfoliata* و *Centaurium erythraea*، همچنین Gentianaceae، به‌طور معنی‌داری عمر طولانی‌تری داشتند (p50 ۳۷ روز). تنوع کم p50 در گیاهان جنس *Rhododendron* کاربردی است. زیرا در چنین جنس‌هایی، با مطالعه طول عمر یک گونه می‌توان طول عمر سایر گونه‌های آن جنس را هم پیش‌بینی نمود. اما آنچه در چنین جنس‌هایی نباید نادیده گرفته شود این است که احتمالاً گونه‌های چنین جنس‌هایی ویژگی‌های مشابهی مانند ساختار بذر و زیستگاه دارند که طول عمر مشابهی نشان می‌دهند (Hay *et al.*, 2006).

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند تقریباً در تمام گونه‌های مورد بررسی از روز ۵ زوال به بعد میانگین زمان جوانه‌زنی به صورت معنی‌داری افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. میانگین زمان جوانه‌زنی بالاتر باعث کاهش سرعت رشد و میانگین زمان سبز شدن گیاهچه‌ها می شود (Chadha *et al.*, 2022). افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی و کاهش سرعت جوانه‌زنی یکی از اولین شاخص‌های پیری بذر است (Mavi *et al.*, 2010; Chadha *et al.*, 2022). میانگین زمان جوانه‌زنی افزایش می‌یابد زیرا بذرها باید فرآیندهای آسیب را قبل از جوانه زدن بازیابی و ترمیم کنند. پیری اثرات مضری بر روی مورفولوژی، فیزیولوژی و فرآیندهای بیوشیمیایی بذر دارد (Zhang *et al.*, 2021).

پیشنهاد شده است که هیدراتاسیون مناسب می‌تواند به دانه‌ها کمک کند تا از اثرات مخرب فرآیند پیری بهبود یابند و احتمالاً می‌تواند طول عمر دانه را افزایش دهد (Long *et al.*, 2011; Rajjou and Debeaujon, 2008).

چالش مهم مدیران بانک بذر، اطمینان از حفظ زنده مانی بذور مجموعه‌ها و جلوگیری از از دست دادن تنوع ژنتیکی نمونه بذرها است. بنابراین، پیش‌بینی طول عمر بذر بر اساس ویژگی‌های بذر و اکولوژی گونه‌ها می‌تواند برای بانک بذر مفید باشد. دستورالعمل‌های فعلی (Rajjou and Debeaujon, 2008) توصیه می‌کنند که قوه نامیه مجموعه‌های ذخیره‌شده بر اساس استانداردهای بین‌المللی (FAO/IPGRI, 1994) بسته به میزان درصد جوانه‌زنی اولیه و طول عمر بذرها، پس از ۵ یا ۱۰ سال ذخیره‌سازی، پایش شوند. با این حال، شواهد فزاینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد عمر بذر برخی از گونه‌ها مانند *Anemone nemorosa* بسیار کوتاه بوده و ممکن است طی یک یا دو سال قابلیت حیات خود را از دست بدهند (Ali *et al.*, 2007). بنابراین دوره پایش پنج سال برای این گونه‌ها زیاد است و در دوره‌های کوتاه‌تری باید جوانه‌زنی آن‌ها پایش شود. در مقابل، بذرهایی که عمر بسیار طولانی‌تری دارند، مانند برخی از گونه‌های Myrtaceae (Probert *et al.*, 2009)، طبق استانداردهای پایش جوانه‌زنی بیشتر از آنچه لازم است پایش می‌شوند، که منجر به هدر رفت غیر ضروری بذر آن ژرم‌پلاسم شود.

نتیجه‌گیری

مقایسه طول عمر بذر در شرایط بانک ژن و یا بوسیله آزمون زوال مصنوعی نشان می‌دهند گونه‌هایی که بذور آن‌ها در زوال مصنوعی به سرعت از بین می‌روند در طول ذخیره‌سازی در بانک ژن نیز سریعتر قوه نامیه خود را از دست می‌دهند. بنابراین بر اساس طول عمر بذر بدست آمده در آزمون زوال مصنوعی پژوهش حاضر نتیجه‌گیری می‌شود که دوره‌های پایش جوانه‌زنی بذر گونه‌های *N. pogonosperma*، *N. haussknechtii*، *N. glomerulosa*، *N. cataria*، *N. depauperata* می‌تواند ده ساله، و دوره‌های پایش جوانه‌زنی بذر گونه‌های *N. menthoides*، *N. nuda*، *N. schirazana* و *N. oxydonata* باید پنج ساله باشد و حتی جمع‌آوری مجدد بذر آنها استراتژی مناسب‌تری برای حفاظت آنها در شرایط *ex-situ* است.

تشکر و قدردانی

هزینه اجرای آزمایش‌های مقاله حاضر از پروژه به شماره ۲-۰۹-۰۹-۰۵۶-۰۰۰۶۲۵ مصوب موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور تامین شده است.

منابع

Agrawal, R.L. 2004. Seed Technology. New Delhi, Oxford IBH Pub. Pp. 104-6. **(Book)**

Ali, N., Probert, R., Hay, F., Davies, H. and Stuppy, W. 2007 Post-dispersal embryo growth and acquisition of desiccation tolerance in *Anemone nemorosa* L. seeds. Seed Science Research 17: 155–163. DOI:10.1017/S0960258507783149 **(Journal)**

Bekker, R.M., Bakker, J.P., Ozinga, W.A. and Thompson, K. 2003. Seed traits: essential for understanding seed longevity. Annals of Applied Biology, 69: 1–9. **(Journal)**

Bewley, J.D., Bradford, K., Hilhorst, H. and Nonogaki, H. 2013. Seeds. Physiology of development, germination and dormancy. 3rd ed. Berlin: Springer. **(Book)**

Chadha, A. Florentine, S.K. Dhileepan, K. and Turville, C. 2022. Assessing Seed Longevity of the Invasive Weed Navua Sedge (*Cyperus aromaticus*), by Artificial Ageing. Plants, 11: 3469. DOI:10.3390/plants11243469. **(Journal)**

Company, T., Soriano, P., Estrelles, E. and Mayoral, O. 2019. Seed bank longevity and germination ecology of invasive and native grass species from Mediterranean wetlands. Folia Geobotanica, 54: 151–61. DOI:10.1007/s12224-019-09350-7 **(Journal)**

Daws, M.I., Ballard, C., Mullins, C.E., Garwood, N.C., Murray, B. and Pearson, T.R.H. 2007. Allometric relationships between seed mass and seedling characteristics reveal trade-offs for neotropical gap-dependent species. Oecologia. 154: 445–454. DOI:10.1007/s00442-007-0848-2 **(Journal)**

Dowsett, C., James, T. and Trivedi, P. 2012. Adaption of a technique for the accelerated aging of weed seeds to evaluate their longevity. New Zealand Plant Protection, 65: 69–73. DOI:10.30843/nzpp.2012.65.5427. **(Journal)**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany 45: 13–30. **(Journal)**

Faith, D. 2018. Biodiversity's option value: a comment on Maier. Ambio, 47: 735–6. DOI:10.1007/s13280-018-1069-0 **(Journal)**

FAO, 2014. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Rev. ed., FAO, Rome. **(Book)**

Fenollosa, E., Jené, L. and Munné-Bosch, S. 2020. A rapid and sensitive method to assess seed longevity through accelerated aging in an invasive plant species. Plant Methods, 16: 1–11. DOI:10.1186/s13007-020-00607-3 **(Journal)**

Finch-Savage, W.E. and Bassel, G.W. 2016. Seed vigor and crop establishment: extending performance beyond adaptation. Journal of experimental Botany, 67(3): 567–591. DOI:/10.1093/jxb/erv490 **(Journal)**

Hampton, J.G. and TeKrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. International Seed Testing Association, Zurich. 117 p. **(Book)**

Hay, F.R., Valdez, R., Lee, J.S., Sta Cruz, P.C. 2019. Seed longevity phenotyping: recommendations on research methodology. Journal of experimental Botany, 70(2): 425–34. DOI:10.1093/jxb/ery358 **(Journal)**

Hay, F.R. and Whitehouse, K.J. 2017. Rethinking the approach to viability monitoring in seed genebanks. Conservation Physiology, 5(1): 9. DOI:10.1093/conphys/cox009 **(Journal)**

Hay, F.R., Klin, J. and Probert. R.J. 2006. Can a post-harvest ripening treatment extend the longevity of Rhododendron L. seeds? Scientia Horticulturae, (Amsterdam) 111: 80–83. DOI:10.1016/j.scienta.2006.09.006 (Journal)

Liu, K., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Bu, H., Liu, M., Liu, W., & Du, G. (2011). Effect of storage conditions on germination of seeds of 489 species from high elevation grasslands of the eastern Tibet Plateau and some implications for climate change. American Journal of Botany, 98(1), 12–19. DOI:10.1016/j.scienta.2006.09.006 **(Journal)**

Long, R.L., Panetta, F.D., Steadman, K.J., Probert, R.J., Bekker, R.M., Brooks, S. and Adkins, S.W. 2008. Seed persistence in the field may be predicted by laboratory controlled aging. Weed Science, 56(4): 523–528. DOI:10.1614/WS-07-189.1 **(Journal)**

Long, R.L., Kranner, I., Panetta, F.D., Birtic, S., Adkins, S.W. and Steadman, K.J. 2011. Wet-dry cycling extends seed persistence by re-instating antioxidant capacity. Plant Soil, 338: 511–519. DOI:10.1007/s11104-010-0564-2 **(Journal)**

Maier, D.S. 2018. Should biodiversity and nature have to earn their keep? What it really means to bring environmental goods into the marketplace. Ambio, 47(4): 477–492. DOI: 10.1007/s13280-017-0996-5 **(Journal)**

Mavi, K., Demir, I. and Matthews, S. 2010. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. Seed Science and Technology, 38: 14–25. DOI:10.15258/sst.2010.38.1.02 **(Journal)**

MedCalc. 2016. MedCalc Statistical Software Version 16.4.3. https://www.medcalc.org.

Mozaffarian, V.A. 2006. Dictionary of Iranian Plant Names: Latin-English-Persian. 4th Ed. Farhang Moaser Press. Tehran. 360 p. **(In Persian) (Book)**

Newton, R., Hay, F. and Probert, R. 2014. Protocol for comparative seed longevity testing. In: Technical information Sheet_01. Millennium Seed Bank Partnership, Royal Botanic Gardens, Kew. **(Book)**

Pereira Lima J.J., Buitink, J., Lalanne, D., Rossi, R.F. and Silva, E.A.A. 2017. Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. PLoS One, 12(7): e0180282. DOI:10.1371/journal.pone.0180282 **(Journal)**

Powell, A.A., Don, R., Haigh, P., Phillips, G., Tonkin, J.H.B. and Wheaton, O.E. 1984. Assessment of the repeatability of the controlled deterioration test both within and between laboratories. Seed Science and Technology, 12: 421–427. **(Journal)**

Powell, A.A. and Matthews, S. 2005. Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small-seeded vegetables. Seed Testing International, 129: 21–24. **(Journal)**

Rajjou, L. and Debeaujon, I. 2008. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. Comptes Rendus Biologies, 331(10): 796–805. DOI:10.1016/j.crvi.2008.07.021 **(Journal)**

Priestley D, Cullinan V, Wolfe J (1985) Differences in seed longevity at the species level. Plant Cell Environ 8:557-562. DOI:10.1111/j.1365-3040.1985.tb01693.x **(Journal)**

probert, R.J., Daws, M.I. and Hay, F.R. 2009. Ecological correlates of ex situ seed longevity: a comparative study on 195 species. Annals of Botany, 104, 57-69. DOI:10.1093/aob/mcp082 **(Journal)**

Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology, 1: 499-514. **(Journal)**

Sallon, S., Solowey, E., Cohen, Y., Korchinsky, R., Egli, M., Woodhatch, I., Simchoni, O. and Kislev, M. 2008. Germination, genetics, and growth of an ancient date seed. Science, 320(5882): 1464-1465. DOI:10.1126/science.1153600 **(Journal)**

Sethi, R., Kaur, N. and Singh, M. 2020. Morphological and physiological characterization of seed heteromorphism in *Medicago denticulate* Willd. Plant Physiology Reports, 25: 107–119. DOI:10.1007/s40502-019-00496-2 **(Journal)**

Trapp, A., Dixon, P., Widrlechner, M.P. and Kovach, D.A. 2012. Scheduling viability tests for seeds in long-term storage based on a Bayesian multi-level model. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 17: 192-208. DOI:10.1007/s13253-012-0085-y **(Journal)**

Walters, C. (2003). Optimising seed banking procedures, pp. 723–743. In: R.D. Smith, J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard and R.J. Probert (Eds). Seed conservation: turning science into practice. Royal Botanic Gardens, Kew, UK. **(Book)**

Walters, C., Wheeler, L.M. and Grotenhuis, J.M. 2005. Longevity of seeds stored in a gene bank: species characteristics. Seed Science Research, 15, 1-20. DOI:10.1079/SSR2004195 **(Journal)**

Yamasaki, F., Domon, E., Tomooka, N., Baba-Kasai, A., Nemoto, H. and Ebana, K. 2020. Thirty-year monitoring and statistical analysis of 50 species' germinability in genebank medium-term storage suggest specific characteristics in seed longevity. Seed Science and Technology, 48: 269-287. DOI:10.15258/sst.2020.48.2.14 **(Journal)**

Zhang, K., Zhang, Y., Sun, J., Meng, J. and Tao, J. 2021. Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. Plant Physiology and Biochemistry, 158: 475–485. DOI:10.1016/j.plaphy.2020.11.031 **(Journal)**

Ex-situ seed longevity of *Nepeta* spp.

Parvin Salehi Shanjani[1*], Leila Rasoulzadeh[2], Mohsen Calagari[3], Leila Falah Hoseini[4], Hamideh Javadi[5]

Received: March 6, 2024 Accepted: April 24, 2023

Abstract

Extended seed longevity in the dry state is the basis for the *ex-situ* conservation of orthodox seeds (desiccation-tolerant seeds). However, even under identical storage conditions, there is wide variation in seed longevity between species. The results of the artificial aging test provide seed bank managers a tool to assess the potential longevity of seed sets of these species under seed bank conditions, to enable the selection of appropriate viability retest intervals and, as a result, better management of conservation accessions. In the present work, seeds of nine wild species of *Nepata* spp. were aged at elevated temperature and relative humidity (45°C and 60% RH) for 120 days. Seeds were removed at various times (1, 2, 5, 9, 20, 30, 50, 75, 100 and 125 days) and their viability was determined through standard germination tests. The time taken in storage for viability to fall to 50% (p50) was determined using Probit analysis and used as a measure of relative seed longevity between species. Among *Nepeta* species, p50 at 45°C and 60% RH varied from 4.38 d to 16 d. Results indicated that based on the artificial aging longevity, in the gene banks the germination test intervals of species *N. pogonosperma*, *N. haussknechtii*, *N. glomerulosa*, *N. cataria*, *N. depauperata* can be ten years. But the germination test intervals of *N. menthoides*, *N. nuda*, *N. schirazana* and *N. oxydonata* should be five years, and even re-collecting their seeds can be a more appropriate strategy to protect them in *ex-situ* conditions.

Keywords: Artificial aging; Germination rate; Mean germination time; Species diversity

How to cite this article

Salehi Shanjani, P., Rasoulzadeh, L., Calagari, M., Falah Hoseini, M. and Javadi, H. 2024. *Ex-situ* seed longevity of *Nepeta* spp.. Iranian Journal of Seed Science and Research, 11(1): 31-49. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2024.8037

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Research Associate Professor, Natural Resources Gene Bank of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. psalehi1@gmail.com
2. Researcher, Natural Resources Gene Bank of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. rasoolzadehl@yahoo.com
3. Research Associate Professor, Poplar and Fast Gowing Trees Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. calagarim@gmail.com
4. Researcher, Natural Resources Gene Bank of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. leilafalah@yahoo.com
5. Research Assistant Professor, Natural Resources Gene Bank of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. hjavadim@yahoo.com

*Corresponding author: psalehi1@gmail.com