تأثیر پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های گیاهچه و قابلیت جوانه‌زنی بذرهای پیر شده شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

سینا سیاوش‌مقدم*[۱]، امیر رحیمی[۲]، سیدعلی نورحسینی[۳]، امید محمدی[۴]، ویدا محمد قاسمی[۵]

[۱]استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۲]استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۳]باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، ایران.

[۴]دانشجوی کارشناسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۵]دانشجوی کارشناسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر خصوصیات گیاهچه و قابلیت جوانه‌زنی بذرهای پیر شده شنبلیله، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه زراعت و تکنولوژی بذر دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹٤ انجام گرفت. تیمارها شامل سطوح مختلف پیری تسریع شده (بدون پیری، ۲٤ و ٤۸ ساعت) در رطوبت نسبی ۹۵ درصد و دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد و پرایمینگ با هورمون سالیسیلیک اسید (شاهد، ۱۷۰۰ و ۲۸۰۰ میکرومولار) بودند. نتایج نشان داد تیمار ٤۸ ساعت پیری در شرایط بدون پرایمینگ باعث کاهش معنی دار شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، بنیه طولی گیاهچه، بنیه وزنی گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی گردید. زمانی که بذرهای پیر شده در شرایط پرایمینگ سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار قرار قرار داده شد، این شاخص‌ها به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، به طوری که درصد جوانه‌زنی از ٤۱ درصد به ۱۰۰ درصد رسید. در این مطالعه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار درصد آب بافت گیاهچه را در شرایط ٤۸ ساعت پیری به ۹٤/٤۸ درصد رساند. پیری تسریع شده به مدت ٤۸ ساعت به طور معنی‌داری باعث کاهش صفات طولی و وزنی گیاهچه گردید. بیشترین میانگین صفات طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه در بذرهای تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار مشاهده شد. به طورکلی توصیه می‌شود برای افزایش کیفیت بذر شنبلیله، بایستی بذر در شرایط مطلوب (دما و رطوبت مناسب) نگهداری گردد. پرایمینگ با سالیسیلیک اسید نیز می‌تواند کیفت بذر را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، پیری تسریع‌شده، سالیسیلیک اسید، شاخص‌های جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه.

*نویسنده مسئول: ss.moghaddam@urmia.ac.ir

مقدمه

گیاهان دارویی به‌عنوان جز کلیدی در نظام‌های بهداشتی در سراسر جهان شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانواده بقولات است، که برگ و بذر آن ارزش دارویی دارد و در ایران برگ‌های آن به‌صورت تازه و یا خشک مورد مصرف قرار می‌گیرد (Omidbbaigi, 2004). این گیاه دارای ارزش غذایی بالایی است و مواد با ارزشی چون کلسیم، فسفر، آهن، کاروتن، ویتامین C و پروتئین در برگ شنبلیله وجود دارد (Nazar et al., 2007; Ebubekir et al., 2005). بذرهای شنبلیله حاوی موادی نظیر آلکالوئید، تریگونلین، کولین و ساپونین‌های استروئیدی است که مهم‌ترین اثرات دارویی آن ها کاهش قند خون می‌باشد (Sandor et al., 2004; Omidbbaigi, 2004).

پیش‌تیمار بذر از مهمترین روش‌های افزایش دهنده قدرت جوانه‌زنی بذور می‌باشد (Farooq et al., 2006). پرایمینگ باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی (Asgedom and Becker, 2001) و بهبود استقرار پوشش گیاهی می‌گردد، همچنین باعث کاهش غیریکنواختی فیزیولوژیک طبیعی و ذاتی جوانه‌زنی (Rowse, 1995) می‌شود. اسید سالیسیلسک از مواد استفاده شده مهم در پیش‌تیمار بذر می‌باشد که از ترکیبات فنلی بوده و توسط گیاهان تولید می‌شود. این گروه از ترکیبات می‌توانند به عنوان تنظیم کننده رشد عمل کنند (Raskin, 1992). سالیسیلیک اسید به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در واکنش‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sairam et al., 1997). کاربرد اسید سالیسلیک ممکن است روی بسیاری از فرآیندهای گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور، نفوذپذیری غشاها و سرعت رشد اثر داشته باشد (Khan et al., 2003).

جوانه‌زنی و سبز شدن به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه رطوبت خاک و فرسودگی بذر است (De Figueiredo et al., 2003). قدرت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در اغلب محصولات حداکثر است. با فرسودگی بذر، قدرت بذر اولین جز از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش می‌یابد (Basra et al., 2003). از روش‌های اعمال فرسودگی بذر پیری تسریع شده می‌باشد. آزمون تسریع پیری بسیاری از صفات مرتبط با آزمون قدرت را در بر می‌گیرد (Moosavi and Nabavi Kalat, 2011). در این آزمون بذر در یک دوره کوتاه تحت تأثیر دو متغیر محیطی که سبب فرسودگی بذر می‌گردند، یعنی دمای بالا و رطوبت نسبی زیاد قرار می‌گیرد. توده بذری که دارای قدرت بیشتری هستند در برابر شرایط تنش‌زا آرام‌تر از بذور دارای قدرت ضعیف فرسوده می‌شوند (Gharniyeh et al., 2008).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند، زوال بذر به طور معنی‌داری جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه را کاهش می‌دهد و پرایمینگ می‌تواند این کاهش را تا حدودی جبران نماید. Moosavi و Nabavi Kalat (2011) گزارش کردند که با افزایش دمای پیری، شاخص‌های درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت که شدت آن در بذرهای مرطوب بیشتر بود. Hsu et al., (2003) در مطالعه خود بر روی کدوی تلخ نشان دادند که پیری باعث کاهش جوانه‌زنی و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور گردید و پرایمینگ باعث کاهش اثر پیری شد. Parmoon et al., (2014) با مطالعه بر روی گیاه دارویی مارتیغال گزارش کردند که پیری تسریع‌شده سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص‌های رشد گیاهچه، شاخص‌های قدرت و کارایی استفاده از ذخایر پویا شده، کسر ذخایر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش و میزان استفاده از ذخایر شد. در ادامه این مطالعه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش تأثیر پیری شد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر پیری تسریع‌شده بر

جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، قدرت بذر و تعیین بهترین غلظت سالیسیلیک اسید در کاهش اثر پیری تسریع‌شده در بذر گیاه شنبلیله بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه زراعت و تکنولوژی بذر (دانشکده کشاورزی) دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹٤ انجام گرفت. عامل اول، سطوح مختلف پیری تسریع شده (بدون پیری، ۲٤ و ٤۸ ساعت) در رطوبت نسبی ۹۵ درصد و دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد. عامل دوم شامل پرایمینگ با هورمون سالیسیلیک اسید با مقادیر ۱۷۰۰ و ۲۸۰۰ میکرومولار و عدم پرایمینگ به‌عنوان شاهد بود. برای اعمال پیری تسریع‌شده، بذور در درون توری‌هایی قرار داده شد و سپس در درون ظروف دارای رطوبت مورد نظر قرار گرفتند و به آون با دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بذرهای مورد استفاده از بخش خدمات کشاورزی شهرستان ارومیه تهیه شد. بذرهای مورد استفاده از یک توده بذری یکنواخت تهیه شد. برای پرایمینگ بذرها، تعداد بذر مورد نظر را در درون دو لایه کاغذ صافی قرار داده و سپس محلول‌های هورمونی مورد استفاده برای پرایمینگ را بر آن افزوده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی به‌مدت ۲٤ ساعت قرار داده شد. برای آزمون جوانه‌زنی، بذرها با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی شدند و سپس ۵۰ عدد بذر در هر پتری دیش با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر دارای ۲ لایه کاغذ صافی قرار گرفته و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. طبق دستورالعمل انجمن بین‌المللی بذر (ایستا) شمارش بذرهای جوانه‌زده شنبلیله از روز ۵ الی ۱٤ انجام شد (Ghassemi-Golezani and Dalil, 2012). شمارش بذور جوانه‌زده با مشاهده ریشه‌چه به قطر دو میلی‌متر در هر ۲٤ ساعت ثبت شد (Moosavi and Nabavi Kalat, 2011). در آخرین روز آزمون‌های جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به مدت ۲٤ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند.

جهت اندازه‌گیری وزن و طول گیاهچه‌ها به‌ترتیب از ترازویی با دقت هزارم گرم و خط‌کش با دقت در حد میلی‌متر استفاده شدند. در انتها میانگین وزن و طول تعداد ۱۰ گیاهچه عادی برای هر واحد آزمایشی محاسبه شد. سپس با استفاده از شمارش‌های صورت گرفته و اندازه‌گیری‌های انجام شده؛ شاخص‌های جوانه‌زنی با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۱۵ محاسبه شدند. در این رابطه‌ها در این رابطه‌ها؛ N = تعداد کل بذرهای کاشته شده، t = تعداد روز پس از شروع آزمایش (پس از زمان کاشت)، T = طول دوره‌ی جوانه‌زنی (روز)، D= تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، MCGP= حداکثر درصد جوانه‌زنی تجمعی، SFW = وزن تر گیاهچه (گرم)، SDW = وزن خشک گیاهچه (گرم)، SL = طول گیاهچه (گرم)، PL= طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) و RL = طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) می‌باشند (Kotowski, 1926; Nichlos & Heydecker, 1968).

(۱) درصد جوانه‌زنی

$$FGP= \sum n / N \times 100$$

(۲) بنیه طولی گیاهچه

$$SLV= FGP \times SL$$

(۳) بنیه وزنی گیاهچه

$$SWV= FGP \times SDW$$

(٤) سرعت جوانه‌زنی

$$GS = \sum (n / t)$$

(۵) میانگین سرعت جوانه‌زنی

$$MGS = \sum (nt) / \sum n$$

(٦) ضریب سرعت جوانه‌زنی

$$CVG = \sum n.100 / \sum (nt)$$

(٧) متوسط زمان جوانه‌زنی

$$MGT = \sum Dn / \sum n$$

(٨) میانگین جوانه‌زنی روزانه

$$MDG= FGP / T$$

(٩) ضریب یکنواختی جوانه‌زنی

$$CUG= FGP / MGT$$

(١٠) انرژی جوانه‌زنی

$$GE = MCGP/N\times100$$

(١١) سرعت جوانه‌زنی روزانه

$$DGS = 1/MDG$$

(١٢) حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه

$$PV\ (Peak\ Value) = MCGP/D$$

(١٣) ارزش جوانه‌زنی

$$GV = MDG\times PV$$

(١٤) درصد آب بافت گیاهچه

$$STWP= SFW– SDW/ SFW \times100$$

(١٥) ضریب آلومتری

$$AC =PL/RL$$

داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفت. علاوه بر تجزیه واریانس از مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شنبلیله: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی پیری تسریع شده بر کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، بنیه طولی گیاهچه، بنیه وزنی گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی روزانه، حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود. اثر اصلی پرایمینگ با سالیسیلیک اسید نیز بر اکثریت شاخص‌های ذکر شده (به غیر از میانگین سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و ضریب یکنواختی جوانه‌زنی) در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل پیری تسریع شده در پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر کلیه شاخص‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر (در سطح احتمال ١ درصد) معنی‌دار بود (جدول ١).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار ٤٨ ساعت پیری و بدون پرایمینگ کمترین میانگین شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (٤١ درصد)، بنیه طولی گیاهچه (٢/٤٣٠)، بنیه وزنی گیاهچه (٠/٨٠٥)، سرعت جوانه‌زنی (٣/٢٠٢)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (١٥/٤٨٢)، متوسط جوانه‌زنی روزانه (٤/١٠)، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (١٦/٦١٠)، انرژی جوانه‌زنی (٠/٨٢)، حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه (١٠/٩١٧) و ارزش جوانه‌زنی (٥٠/٢٣٣) وجود داشت. اما زمانی که بذرهای پیر شده در شرایط پرایمینگ قرار داده شدند، این شاخص‌ها افزایش پیدا کرد. به طوری که درصد جوانه‌زنی در این تیمار به ١٠٠ درصد رسید. همچنین در مقابل این شاخص‌ها، بیشترین مقادیر سرعت جوانه‌زنی روزانه (٦/٤٦٧)، متوسط زمان جوانه‌زنی (٢/٤٦٧) و میانگین سرعت جوانه‌زنی (٠/٢٩٣) در تیمار ٤٨ ساعت پیری و بدون پرایمینگ مشاهده شد (جدول ٢).

جدول ۱: میانگین مربعات اثر پیری تسریع شده و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شنبلیله

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	بنیه طولی گیاهچه	بنیه وزنی گیاهچه	سرعت جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه	ضریب یکنواختی جوانه‌زنی	انرژی جوانه‌زنی	سرعت جوانه- زنی روزانه	حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی
		میانگین مربعات (MS)			میانگین سرعت جوانه‌زنی							
پیری	۲	۵۷۲۸/۴۴۴**	۵۸/۷۳۲**	۹/۳۷۷**	۴۸/۴۶۴**	۵/۴۸۰**	۰/۶۶۹**	۵۷/۲۸۴**	۰/۲۹۱**	۰/۰۴۷**	۱۰۱۷/۶۹۴**	۱۵۲۸۸۹/۹۵۲**
پرایمینگ	۲	۱۴۶۹/۷۷۸**	۲۷/۴۹۰**	۵/۴۳۸**	۷/۶۵۷**	۰/۲۷۷ns	۰/۰۲۱ns	۱۴/۶۹۸**	۰/۵۸۸**	۰/۰۱۳**	۱۴۴/۶۹۹**	۲۴۴۸۴/۲۹۷**
پیری× پرایمینگ	۴	۱۵۱۱/۱۱۱**	۱۱/۴۰۰**	۲/۰۳۸**	۱۳/۰۶۸**	۲/۸۸۶**	۰/۳۴۶**	۱۵/۱۱۱**	۸۵۰/۷۰۶**	۰/۶۰۴**	۵۲۹/۶۸۷**	۷۲۲۳۸/۱۴۷**
خطاء	۲۷	۴۴/۲۹۶	۲/۰۲۹	۰/۴۸۳	۰/۳۳۰	۰/۴۳۱	۰/۰۵۳	۰/۴۴۳	۵۴/۷۷۱	۰/۰۱۸	۳۰/۱۳۲	۳۰۵۵/۴۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۹	۱۹/۲۳	۲۲/۷۴	۷/۸۸	۳/۷۹	۱۱/۱۲	۷/۶۹	۱۶/۷۲	۷/۶۹	۱۷/۹۸	۱۹/۶۱

ns علام معنی‌داری، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲ : مقایسه میانگین اثر تیمارهای پیری تسریع شده در پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شنبلیله

پیری تسریع‌شده	پرایمینگ با سالیسیلیک اسید	درصد جوانه‌زنی	بنیه طولی گیاهچه	بنیه وزنی گیاهچه	سرعت جوانه‌زنی	میانگین سرعت جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه	ضریب یکنواختی جوانه‌زنی	انرژی جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی روزانه	حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی
شاهد	(بدون پرایمینگ)	۹۹/۰۰a	۹/۴۶۸a	۳/۹۰۳a	۸/۳۳۵ab	۶/۰۶۹bc	۱۶/۵۰۳c	۲/۰۶۹bc	۴۸/۴۲۵bc	۱/۹۹۰a	۱/۱۰۱b	۲۹/۶۶۷bc	۲۹۳/۴۶۷c
شاهد (بدون پیری)	۱۷۰۰ میکرومولار	۱۰۰/۰۰a	۹/۰۲۵ab	۳/۰۷۵ab	۸/۴۴۵ab	۵/۹۷۰cd	۱۶/۷۵۴bc	۱/۹۷۰cd	۵۰/۸۶bc	۲/۰۰۰a	۰/۱۰۰b	۳۳/۳۳۳bc	۳۳۳/۳۳۳bc
	۲۸۰۰ میکرومولار	۱۰۰/۰۰a	۸/۶۲۰ab	۳/۴۷۵ab	۸/۰۸۴b	۶/۲۷۰abc	۱۵/۹۶۲cd	۲/۲۷۰abc	۴۴/۳۳۷c	۲/۰۰۰a	۰/۱۰۰b	۲۷/۰۸۳c	۲۷۰/۸۳۳c
شاهد	(بدون پرایمینگ)	۹۹/۰۰a	۹/۱۴۷ab	۳/۱۴۴ab	۸/۰۱۶b	۶/۲۰۴abc	۱۶/۱۳۰cd	۲/۲۰۳abc	۴۵/۱۳۱c	۱/۹۸۰a	۰/۱۰۱b	۳۳/۰۰۰bc	۳۲۶/۸۰۰bc
۲۴ ساعت	۱۷۰۰ میکرومولار	۹۹/۰۰a	۷/۱۲۸b	۲/۸۶۵b	۸/۷۹۳ab	۵/۲۳۴d	۱۷/۴۹۰ab	۱/۷۳۴de	۵۸/۸۲۱ab	۱/۹۸۰a	۰/۱۰۱b	۳۵/۰۸۳ab	۳۴۷/۶۳۳bc
	۲۸۰۰ میکرومولار	۹۸/۰۰a	۸/۶۸۱ab	۲/۷۷۶b	۸/۹۶۷a	۵/۵۱۰e	۱۸/۱۸۸a	۱/۵۰۹e	۶۶/۹۶۶a	۱/۹۶۰a	۰/۱۰۳b	۴۹/۰۰۰a	۴۸۰/۸۰۰a
شاهد	(بدون پرایمینگ)	۴۱/۰۰b	۲/۴۳۰ab	۲/۴۳۰ab	۲/۲۰۲c	۶/۴۶۷a	۱۵/۴۸۲d	۲/۴۶۷a	۱۶/۶۱۰d	۰/۸۲b	۰/۲۹۳d	۱۰/۹۱۷d	۵۰/۲۳۳d
۴۸ ساعت	۱۷۰۰ میکرومولار	۴۳/۰۰b	۳/۴۶۸c	۳/۴۶۸c	۱/۰۰۳c	۶/۳۱۴ab	۱۵/۸۵۱cd	۲/۳۱۳ab	۱۸/۷۹۱d	۰/۸۶b	۰/۲۳۷a	۱۳/۴۱۷d	۵۸/۷۶۷d
	۲۸۰۰ میکرومولار	۱۰۰/۰۰a	۸/۶۹۵ab	۸/۶۹۵ab	۲/۲۵۰ab	۶/۱۷۰bc	۱۶/۴۷۷c	۲/۰۷۰bc	۴۸/۳۷۷bc	۲/۰۰۰a	۰/۱۰۰b	۳۷/۵۰۰b	۳۷/۵۰۰b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون توکی معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۳: میانگین مربعات اثر پیری تسریع شده و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر صفات طولی و وزنی گیاهچه شنبلیله

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاهچه (میلی‌متر)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم)	وزن تر گیاهچه (میلی‌گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	نسبت طول ریشه‌چه/ساقه‌چه	نسبت وزن ریشه‌چه/ساقه‌چه	ضریب آلومتری	درصد آب بافت گیاهچه
		میانگین مربعات (MS)												
پیری	۲	۳/۰۳۹^{ns}	۰/۹۱۰*	۷/۹۶۳*	۱۰۳۹۵/۰۸۳*	۲۹۰/۱۹۴^{ns}	۱۴۸۴۹/۳۶۱^{ns}	۸۸/۰۸۳^{ns}	۶۲/۵۸۳**	۲۲۲/۱۹۴**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۹۰**	۰/۷۰۰^{ns}	۰/۸۴۳^{ns}
پرایمینگ	۲	۴/۱۷۴^{ns}	۰/۶۷۰^{ns}	۱۱/۲۳۴**	۱۱۸۳۸/۵۸۳*	۱۲۷۱/۳۶۱^{ns}	۱۶۰۰۸/۴۴۴*	۱۵۶/۳۳۳*	۳/۰۰۰^{ns}	۲۲۰/۴۴۴**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۴۶۲^{ns}	۱۵/۵۳۰^{ns}
پیری× پرایمینگ	۴	۱/۳۰۸^{ns}	۰/۳۸۵^{ns}	۲/۶۹۹^{ns}	۱۱۱۲۲/۴۱۷*	۱۲۵۳/۳۱۹*	۱۷۷۵۳/۷۷۸**	۹۰/۶۶۷^{ns}	۰/۳۳۳^{ns}	۵۶/۱۹۴^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱/۲۱۰^{ns}	۳۳/۰۰۱*
خطاء	۲۷	۱/۳۲۹	۰/۲۷۶	۲/۰۱۸	۳۲۱۰/۸۱۵	۴۵۱/۶۴۸	۴۴۹۹/۶۴۸	۳۶/۵۶۵	۳/۲۲۲	۴۵/۴۱۷	۰/۰۱۲	۰/۰۱۶	۱/۰۸۴	۱۰/۴۲۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۶۴	۲۲/۸۲	۱۷/۰۸	۱۷/۹۸	۱۹/۹۴	۱۸/۷۵	۲۲/۸۷	۲۲/۸۷	۲۲/۲۰	۲۸/۵۴	۲۸/۰۷	۲۶/۱۷	۳/۵۵

^{ns}عدم معنی‌داری، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و **معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

صفات طولی و وزنی گیاهچه شنبلیله: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی پیری تسریع شده بذر شنبلیله بر صفات طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر ساقه‌چه (در سطح احتمال ۵ درصد)، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و نسبت وزن ریشه‌چه/ساقه‌چه (در سطح احتمال ۱ درصد) معنی‌دار بود. اثر اصلی پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر صفات طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه (در سطح احتمال ۱ درصد)، وزن تر ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه (در سطح احتمال ۵ درصد) معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل پیری تسریع شده در پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر صفات وزن تر گیاهچه (در سطح احتمال ۱ درصد)، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و درصد آب بافت گیاهچه (در سطح احتمال ۵ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳).

در این مطالعه پس از انجام تجزیه واریانس، در مورد صفاتی که اثرات متقابل آنها معنی‌دار بودند، مقایسه بین سطوح مختلف آنها انجام گرفت. برای سایر صفات که اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبودند، مقایسه میانگین اثرات اصلی آنها انجام گرفت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کمترین میانگین صفات وزن تر ساقه‌چه (۲۰۵/۲۵ میلی‌متر)، وزن تر گیاهچه (۲۳۰/۰۰ میلی‌متر) و درصد آب بافت گیاهچه (۸۶/۶۰ درصد) متعلق به بذرهایی بود که به مدت ۴۸ ساعت در شرایط پیری قرار گرفته و باسالیسیلیک اسید ۱۷۰۰ میکرومولار پرایمینگ شده بودند. درحالیکه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار درصد آب بافت گیاهچه را در شرایط ۴۸ ساعت پیری به ۹۴/۴۸ درصد رساند. همچنین بیشترین وزن تر ریشه‌چه (۶۱/۷۵) و وزن تر گیاهچه (۴۱۰/۵۰) نیز در تیمار شاهد (بدون پیری و پرایمینگ) مشاهده شد(جدول ۴). مقایسه میانگین اثر اصلی پیری تسریع شده نشان داد که کمترین میانگین صفات طول ریشه‌چه (۲/۰۲۲ سانتی‌متر)، طول گیاهچه (۷/۴۴۹ سانتی‌متر)، وزن خشک ریشه‌چه (۱/۹۱۷ میلی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۲۶/۵۰۰ میلی‌متر) و نسبت وزن ریشه‌چه/ساقه‌چه (۰/۱۰۳) در تیمار ۴۸ ساعت پیری تسریع شده وجود داشت. به عبارت دیگر با افزایش مدت زمان پیری میانگین این صفات کاهش پیدا کرد (جدول ۵). بیشترین میانگین صفات طول گیاهچه، وزن خشگ ساقه‌چه و گیاهچه در بذرهای این تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر تیمارهای پیری تسریع شده در پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر برخی صفات طولی و وزنی گیاهچه شنبلیله

پیری تسریع‌شده	پرایمینگ با سالیسیلیک اسید	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم)	وزن تر گیاهچه (میلی‌گرم)	درصد آب بافت گیاهچه
شاهد	شاهد (بدون پرایمینگ)	۳۴۸/۷۵۰ab	۶۱/۷۵۰a	٤۱۰/۵۰۰a	۹۰/۲۸۰abc
	۱۷۰۰ میکرومولار	۳۷۱/۰۰۰a	٦۵/۰۰۰a	٤۳٦/۰۰۰a	۹۲/۹۲۲ab
	۲۸۰۰ میکرومولار	۳۲۷/۰۰۰ab	۱۵/۵۰۰c	۳٤۲/۵۰۰ab	۸۹/۵۸٦bc
۲٤ ساعت	شاهد (بدون پرایمینگ)	۳۱۰/۰۰۰ab	٤٦/۲۵۰abc	۳۵٦/۲۵۰ab	۹۰/۹۰۹abc
	۱۷۰۰ میکرومولار	۲٦۹/۰۰۰bc	۳۸/۵۰۰abc	۳۰۷/۵۰۰bc	۹۰/٤۷۲abc
	۲۸۰۰ میکرومولار	۳۲٦/۲۵۰ab	٤۳/۲۵۰abc	۳٦۹/۵۰۰ab	۹۲/۷۱٦ab
٤۸ ساعت	شاهد (بدون پرایمینگ)	۳۷۳/۵۰۰a	۵۰/۲۵۰ab	٤۲۳/۷۵۰a	۹۱/۵۷۳ab
	۱۷۰۰ میکرومولار	۲۰۵/۲۵۰c	۲٤/۷۵۰bc	۲۳۰/۰۰۰c	۸٦/٦۰۵c
	۲۸۰۰ میکرومولار	۳۰۵/۷۰۵ab	۳۷/۷۵۰abc	۳٤۳/۵۰۰ab	۹٤/٤۸٤a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون توکی معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر اصلی پیری تسریع شده بر برخی صفات طولی و وزنی گیاهچه شنبلیله

تیمارهای پیری تسریع شده	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاهچه (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	نسبت وزن ریشه‌چه/ ساقه‌چه
شاهد (بدون پیری)	۲/۵۷۳a	۹/۰۶۷a	۵/۳۳۳a	۳۵/۰۰۰a	۰/۱۸٤ab
۲٤ ساعت پیری	۲/۳۰۵ab	۸/٤۲۷ab	٦/۲۵۰a	۲۹/۵۸۳ab	۰/۲۷٦a
٤۸ ساعت پیری	۲/۰۲۳b	۷/٤٤۹b	۱/۹۱۷b	۲٦/۵۰۰b	۰/۱۰۳b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون توکی معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر اصلی پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر برخی صفات طولی و وزنی گیاهچه شنبلیله

تیمارهای پرایمینگ با سالیسیلیک اسید	طول گیاهچه (میلی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)
شاهد (بدون پرایمینگ)	۸/۵۱٦[a]	۲٤/٤۱۷b	۲۷/۲۵۰b
سالیسیلیک اسید ۱۷۰۰ میکرومولار	۷/۲٦۲b	۲٤/۵۸۳b	۲۸/۵۸۳b
سالیسیلیک اسید ۲۸۰۰ میکرومولار	۹/۱٦۵a	۳۰/۷۵۰a	۳۵/۲۵۰a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون توکی معنی‌دار نمی‌باشند.

بحث

در این مطالعه افزایش مدت زمان پیری تسریع شده به‌طور معنی‌داری شاخص‌های جوانه‌زنی را تحت قرار داد و در مجموع باعث کاهش کیفیت بذر گردید. در عین حال پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید باعث از کاهش کیفیت بذرها در شرایط پیری جلوگیری نمود. نتایج مشابهی نیز توسط بسیاری از محققین گزارش شده است. در مطالعه Hsu et al., (2003) نیز پیری باعث کاهش جوانه‌زنی و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور گردید و پرایمینگ باعث کاهش اثر پیری شد. در مطالعه Moosavi و Nabavi Kalat (2011) نیز با افزایش دمای پیری، جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت که شدت آن در بذرهای مرطوب بیشتر بود. در نتایج Parmoon et al., (2014) نیز پیری تسریع‌شده سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه گیاه دارویی مارتیغال شد. در مطالعه Mohssen Nasab et al. (2010) میزان درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، و سرعت جوانه‌زنی در محیط پیر شده به مراتب کمتر از محیط نرمال بود. Soltani et al., (2009) با بررسی زوال بذر در زمان‌های صفر، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱٤٤ ساعت در دمای ٤۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد نتیجه‌گرفتند که میزان بنیه و جوانه‌زنی و رشد گندم با افزایش دوره پیری تسریع‌شده بطور خطی در تمام شرایط محیطی کاهش می‌یابد. Ansari و Sharifzadeh (2012) با بررسی برروی گیاه چاودار کوهی گزارش کردند که با افزایش دوره پیری، شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و تیمار کاهش تدریجی رطوبت به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی در طی پیری کمک کرد. در مطالعه آنها بالاترین درصد جوانه‌زنی مربوط به بذرهای پرایمینگ شده با سالیسیلیک و جیبرلین بدون تیمار پیری بود. همچنین گزارش شده است که کاهش در سرعت جوانه‌زنی احتمالا به دلیل وقفه‌ای است که در شروع فرایند در بذرهای پیر شده ایجاد می‌شود. علت وقفه ایجاد شده احتمالا این است که بذرها برای جبران خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول، همچنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی و جلوگیری از بروز

تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد. جبران این خسارت‌ها نیز فقط پس از جذب آب توسط بذر امکان‌پذیر است. بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای پیر افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش شاخص‌های جوانه-زنی است (Bailly et al., 2000). در یکی از گزارشات بیان شده است که پرایمینگ سبب افزایش شاخص جوانه‌زنی می‌شود و با افزایش پیری کاهش می‌یابد و تیمارهای پس از پرایمینگ از قبیل کاهش تدریجی رطوبت با افزایش پیری، شاخص جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Chavoshinasab et al., 2010). در گیاهان مختلف نیز چنین نتایجی نشان می‌دهد که پرایمینگ سبب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی می‌گردد (Demir kaya et al., 2006; Murungu et al., 2003; Ansari et al., 2012; Maurmicale, 1996; Kang et val., 2007).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج بدست آمده از این آزمایش به خوبی نشان داد که با افزایش دوره‌ی پیری، شاخص‌های جوانه‌زنی در بذرهای شاهد نسبت به بذرهای پرایم شده با سالیسیلیک اسید کاهش بیشتری می‌یابد. افزایش مقادیر سالیسیلیک اسید تا ۲۸۰۰ میکرومولار سبب بهبود جوانه‌زنی و صفات مرتبط با بنیه گیاهچه گردید. نتایج این آزمایش نشان داد که اگر بذرهای شنبلیله در انبارهایی که احتمال به وجود آمدن شرایط پیری هست ذخیره گردند، می‌توان با استفاده از پرایمینگ قبل از انبارداری مانع کاهش کیفیت آن ها شد.

Reference

Ansari, O., Chogazardi, H.R. Sharifzadeh, F. and Nazarli, H. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (Seecale montanum) as affected by drought stress. Cresetari Aronomic in Moldova. 2(150).

Ansari, O., and Sharifzadeh, F. 2012. Improving germination characteristics of mountain rye (secale montanum) primed seeds under slow moisture reduction and accelerated aging conditions. Seed Research (Journal of Seed Science and Technology). 2(2): 68-76.

Asgedom, H. and Becker, M. 2001. Effects of Seed Priming with Different Nutrient Solutions on Germination, Seedling Growth and Weed Competitiveness of Cereals in Eritrea, in Proc. Deutscher Tropentag. University of Bonn and ATSAF, Margraf Publishers Press, Weickersheim, 282p.

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., and Come, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science Research. 10: 35–42.

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. 2003, Assessment of cottonseed deterioration during accelerated aging. Seed Science and Technology. 31: 531-540.

Chavoshinasab, S., SharifZadeh, F. and Abbasi, A. 2010. The effect of post-priming treatments on seed longevity of Vicia dasycrapa and V. ervillia primed seeds. The requirements for degree of Master of Science (M. Sc.) in Seed Science and Technology.

De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C. and De Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthusannus* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea Mays* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology. 31: 465-479.

Demir Kaya, M., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal Agronomy. 24: 291- 295.

Ebubekir, A., Engin, O. and Faruk, T. 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seeds. Journal of Food Engineering. 71: 37-43.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A. and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydro priming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology. 34: 529- 534.

Gharniyeh, M., Hosseini, F., Abdolmahdi, B., Fathi, Gh. and Shirin, M. 2008. Effects of seed deterioration on seedling establishment and yield of five canola cultivars (*Brassica napus* L) in Ahvaz weather conditions. National Conference of Seed Science and Technology of Iran.

Ghassemi-Golezani, K. and Dalil, B. 2012. Seed Germination and Vigour Test. Jihad Daneshgahi Publication of Mashhad. First Edition. 104 p.

Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J., and Sung, J.M. 2003. Accelerated agingenhanced lipid peroxidation in bitter gourd seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. Science of Horticulture. 98: 201-212.

Kang, G.Z., Wang, Z.X., Xia, K.F. and Sun, G.C. 2007. Protection of ultrastructure in chilling-stressed banana leaves by salicylic acid. Journal of Zhejiang University Science B. 8: 277–282.

Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiology. 160: 485-492.

Kotows, F. 1926. Temperature relation to germination of vegetable seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 23: 176- 184.

Maurmicale, G. and Cavallaro, V. 1996. Effect of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. Seed Science and Technology. 24: 331-338.

Mohssen Nasab, F., Sharafi Zadeh, M. and Siadat, A. 2010. Study the effect of aging acceleration test on germination and seedling growth of wheat cultivars in controlled conditions (in vitro). Crop Physiology, 2(3): 59-77.

Moosavi, S.J. and Nabavi Kalat, S.M. 2011. Study the effects of seed aging on germination indices of Fenugreek (*Trigonella foenum_graeeum*). National Conference of Seed Science and Technology of Iran.

Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L.J. and Whalley, W.R. 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Maize (*Zea mays* L.). Soil and Till Research. 74: 161- 168.

Nazar, A.N. and Tinay, A.H. 2007. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenumgraceum*) protein concentration. Journal of Food Chemistry. 103: 582-589.

Nicholas, M.A. and Heydecker, W. 1968. Two approaches to the study of germination data. . International Seed Testing Association, 33:531-540.

Omid Baigi, R. 2004. Production and processing of medicinal plants. Astane Ghodse Razavi Publication. 149(3): 397.

Parmoon, Gh., Ebadi, A., Jahanbakhsh Godahkahriz, S. and Davari, M. 2014. Effect of seed priming by salicylic acid on the physiological and biochemical traits of aging milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. Electrical Journal of Crop Production, 7(4): 223-234.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology. 43: 168-160.

Rowse, H.R. 1995. Drum priming: A non-osmotic method of priming seeds. Seed Science and Technology. 24: 281-294.

Sairam, P.K., Deshmukh, P.S. and Shukla, D.S. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 178: 171- 178.

Sandor, P. and Kismanyoky, A. 2004. Comparative test of fenugreek (*Trigonella foenumgraceum* L.). Journal of Central European Agriculture. 4: 259-262.

Soltani E., Kamkar B., Galeshi S.A. and Akram Ghaderi F. 2009. The effect of seed aging on wheat emergence on the response of environmental stress. Electronic Journal of Crop Production. 2(2): 43-58.