علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره اول/ ۱۴۰۰ (۲۸ - ۱۳)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5200

ارزیابی قابلیت پرایمینگ بذر با سلنیوم برای بهبود بذرهای فرسوده عدس (*Lens culinaris* Medic)

مهتاب مهرکیش[۱]، مختار قبادی[۲]*، سعید جلالی هنرمند[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۴

چکیده

بذر گیاهان طی انبارداری، زوال می‌یابد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر سلنیوم در بهبود بذرهای زوال‌یافته دو رقم عدس بود. تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. بذر دو رقم عدس (کیمیا و بیله‌سوار) در شرایط مختلف فرسودگی (بدون فرسودگی، فرسودگی ملایم و فرسودگی شدید) قرار گرفتند. سپس این بذرهای فرسوده، با غلظت‌های سلنیوم (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار) پرایمینگ شدند. پس از پرایمینگ، بذرها در آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار گرفته و صفات مرتبط اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در شرایط بدون فرسودگی، پرایمینگ بذر با سلنیوم، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات جوانه‌زنی و بنیه بذر و گیاهچه نداشت. در شرایط فرسودگی ملایم و شدید، با افزایش غلظت سلنیوم از صفر تا ۵۰۰ میکرومولار، تغییر معنی‌داری در اکثر خصوصیات جوانه‌زنی مشاهده نگردید، اما غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش این ویژگی‌ها شد. مثلاً، در شرایط فرسودگی ملایم و شدید پرایمینگ بذر در غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب ۳۰ و ۶۲ درصد و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب ۱۳ و ۱۷ درصد گردید. از نظر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسمیوتاز مشخص شد که در بذرهای غیرفرسوده، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار باعث افزایش فعالیت این سه آنزیم به‌ترتیب ۸۱، ۱۹ و ۴۳ درصد شد. تأثیر پرایمینگ بذر در غلظت ۷۵۰ میکرومولار بر فعالیت این سه آنزیم برای شرایط فرسودگی ملایم به‌ترتیب ۲۲۱، ۹۲ و ۸۶ درصد و برای شرایط فرسودگی شدید به‌ترتیب ۳۷۶، ۱۴۳ و ۱۴۱ درصد نسبت به شاهد مربوطه بود. همچنین، روند تأثیر پرایمینگ بذر با سلنیوم بر صفات مطالعه‌شده، برای دو رقم عدس کیمیا و بیله‌سوار مشابه بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، قابلیت بهبود بذرهای زوال‌یافته عدس رقم‌های کیمیا و بیله سوار را داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بنیه گیاهچه، پیش‌تیمار بذر، جوانه‌زنی، فرسودگی بذر، فعالیت آنزیمی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران mahtab.mehrkish@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران ghobadi.m@razi.ac.ir
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران sjhonarmand@yahoo.com
*نویسنده مسئول: ghobadi.m@razi.ac.ir

مقدمه

کیفیت بذر در تولید محصولات زراعی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. کیفیت بذر عبارت است از مجموعه عواملی که موجب جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه می‌گردد. جوانه‌زنی از مراحل حساس و مهم در چرخه زندگی گیاهان به‌شمار می‌رود (Windauer *et al.*, 2007). کاهش یا تأخیر در جوانه‌زنی، با استقرار ضعیف و تراکم پایین گیاهچه همراه است. استقرار نامناسب و کاهش تراکم گیاهچه نیز از طریق کاهش قدرت رقابت گیاه زارعی با علف‌های هرز، جذب کم‌تر نور در جامعه گیاهی، تشدید تبخیر از سطح خاک و هدررفت آب، موجب محدودیت شدید در عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Rebetzke and Richards, 1999). طبق نظریه هارینگتون (Harington, 1972) بذرها حداکثر قوه زیست و قدرت خود را در پایان دوره پر شدن دانه به‌دست می‌آورند و بعد از این مرحله، به‌علت شروع فرآیندهای فرسودگی، قوه حیات و قدرت آن‌ها کاهش پیدا می‌کند (TeKrony, 1984).

بذرها در طی دورهٔ انبارداری زوال می‌یابند. هر چه مدت انبارداری طولانی‌تر گردد و شرایط انبار به‌ویژه از نظر حرارت و رطوبت نامناسب‌تر گردد، زوال بذر سریع‌تر اتفاق افتاده و طول عمر بذر کاهش می‌یابد. با زوال بذر، بنیه بذر که از شاخص‌های مهم کیفیت بذر است، کاهش می‌یابد (Siyadat *et al.*, 2011). یکی از دلایل اصلی فرسودگی بذر، آسیب‌دیدن غشاء است. علت عمده آسیب‌دیدگی غشاء، افزایش سطح اسیدهای چرب آزاد و قابلیت تولید رادیکال‌های آزاد از طریق پراکسیداسیون لیپیدها گزارش شده است (Grilli *et al*, 1995).

در عمل پرایمینگ که یک تیمار قبل از کاشت می‌باشد، بذرها طی یک فرآیند کنترل‌شده آب را جذب می‌کنند. به‌صورتی‌که اجازه داده می‌شود تا فرآیندهای متابولیک پیش از جوانه‌زنی در بذرها تا قبل از خروج ریشه‌چه صورت گیرد (Bradford, 1986). به واسطه این تکنیک، بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود در رویارویی با شرایط محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند و این امر می‌تواند سبب بروز رفتارهای زیستی و فیزیولوژیک متعددی در بذر پرایم‌شده و گیاه حاصل از آن گردد، به‌طوری‌که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده نمود (Harris, 1996). به‌طور کلی پرایمینگ بذر باعث افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی می‌گردد (Pessarakli *et al.*, 2004). تحقیقات اخیر بر روی بذر گیاهان زراعی نشان داده است که پرایمینگ بذر با برخی آنتی‌اکسیدانت‌ها، سبب بهبود بذرهای زوال‌یافته می‌شود. علاوه بر اثرات مثبت پرایمینگ بر میزان جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه که فاکتورهای مهمی در استقرار موفق گیاهان زراعی هستند (Mohammadi, 2014)، به اعتقاد پژوهشگران، اثرات مفید پرایمینگ بذر به بازسازی و تجمع اسیدهای نوکلئیک، سنتز پروتئین‌ها و بازسازی غشاها مربوط است (Copeland, McDonald, 2012).

سلنیوم عنصری است که برای انسان و حیوانات ضروری می‌باشد، اما ضرورت آن برای گیاهان عالی هنوز به اثبات نرسیده است. مطالعات اخیر نشان داده که سلنیوم نه تنها باعث تحریک رشد و نمو گیاهان می‌شود، بلکه تحمل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانت برخی گیاهان را در برابر تنش‌های مختلف افزایش می‌دهد (Djanaguiraman *et al.*, 2005; Yao *et al.*, 2011). در مرحله پیری گیاهان، افزایش سلنیوم ظرفیت آنتی‌اکسیدانت را از طریق جلوگیری از کاهش غلظت توکوفرول و افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش می‌دهد (Xue *et al.*, 2001). ساجدی و همکاران (Sajedi *et al.*, 2009) گزارش نمودند که محلول‌پاشی با سلنیوم در مراحل مختلف رشد نسبت به عدم محلول‌پاشی با سلنیوم، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را افزایش داد.

همان‌گونه که اشاره گردید با قرارگیری بذر در انبار، بذر در معرض شدت‌های مختلف فرسودگی قرار می‌گیرد. هدف از انجام این آزمایش، مطالعه توانایی پرایمینگ بذر با سلنیوم جهت بهبود بذرهای فرسوده‌شده دو رقم عدس کیمیا و بیله‌سوار بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی و طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ انجام گرفت. تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی پیاده شد. فاکتورهای آزمایشی شامل فرسودگی بذر در سه سطح (بدون فرسودگی، فرسودگی

ملایم و فرسودگی شدید) و پرایمینگ بذر با آنتی-اکسیدانت سلنیوم در چهار سطح (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار) و دو رقم عدس (کیمیا و بیله‌سوار) بودند. بذرهای دو رقم عدس ابتدا فرسوده شدند و سپس در غلظت‌های مختلف سلنیوم مورد پرایمینگ قرار گرفتند. فرسوده‌کردن بذرها به‌روش فرسودگی تسریع‌شده[1] و مطابق روش انجمن بین‌المللی آزمون بذر[2] انجام گرفت (Hampton and TeKrony, 2005). به همین منظور، بذرها در ظرف‌هایی به ابعاد ۶×۱۲×۱۹ سانتی‌متر که حاوی ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود روی توری سیمی از جنس آلومینیم بدون این که بذرها آب جذب کرده باشند قرار داده شدند. سپس ظرف‌ها به‌مدت ۹۶ ساعت (برای فرسودگی ملایم) و ۱۴۴ ساعت (برای فرسودگی شدید) در انکوباتور و در دمای ۰/۵± ۴۳ درجه سلسیوس در شرایط رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. لازم به ذکر است که قبل از این آزمایش، یک آزمون فرسودگی تسریع‌شده مقدماتی برای فرسوده‌کردن بذر در دماهای (شامل ۴۱، ۴۳ و ۴۵ درجه سلسیوس) و مدت‌های مختلف (شامل ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت) انجام گرفت و در نهایت دمای ۴۳ درجه سلسیوس و مدت‌های ۹۶ و ۱۴۴ ساعت برای آزمایش حاضر انتخاب شدند.

بذرها پس از فرسوده‌شدن، تحت تیمارهای مختلف پرایمینگ قرار گرفتند. شایان ذکر است که با انجام یک آزمایش مقدماتی دیگر، مدت زمان‌های ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ ساعت برای پرایمینگ بذر با هم مورد مقایسه قرار گرفتند که با توجه به نتایج آن، پرایمینگ ۱۲ ساعت برای آزمایش حاضر انتخاب گردید. در نهایت، بذرها در آزمون جوانه‌زنی استاندارد[3] طبق قوانین و مقررات انجمن بین‌المللی آزمون بذر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آزمون جوانه‌زنی استاندارد، ویژگی‌های مختلف مرتبط با جوانه-زنی بذر و بنیه گیاهچه از روابط (۱) تا (۸) به‌دست آمدند.

درصد جوانه‌زنی نهایی از رابطه (۱) به‌دست می‌آمد که در این رابطه n تعداد بذر جوانه‌زده و n_t تعداد کل بذرهای کشت شده است (ISTA, 2006).

$$\text{Final germination percentage} = \frac{n}{nt} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

شایان ذکر است که گیاهچه‌های دارای ریشه‌چه بیش از ۲ میلی‌متر به‌عنوان جوانه‌زده محسوب شدند.

سرعت جوانه‌زنی از معادله زیر به‌دست می‌آمد که درآن n تعداد بذر جوانه‌زده در روز t و t تعداد روزهای پس از شروع آزمون جوانه‌زنی استاندارد می‌باشند (Ram *et al*., 1998).

$$\text{Germination rate} = \sum(n/t) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

متوسط زمان جوانه‌زنی، با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود که در آن n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام، و t_i تعداد روز از شروع آزمون می‌باشند (Ellis and Roberts, 1981).

$$\text{Mean germination time} = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

درصد گیاهچه‌های نرمال (Ellis and Roberts, 1981) از رابطه زیر محاسبه گردید.

(رابطه ۴) {(تعداد کل بذرهای کشت شده) / (تعداد بذرهای جوانه‌زده نرمال)} ×۱۰۰ = درصد گیاهچه‌های نرمال

لازم به ذکر است که گیاهچه‌های فاقد ساقه‌چه و یا دارای ریشه‌چه یا ساقه‌چه خیلی کوتاه و یا دارای ریشه‌چه و ساقه‌چه غیرطبیعی به عنوان گیاهچه غیرنرمال محسوب شدند. تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال از تعداد بذرهای جوانه زده کسر شد و به‌عنوان تعداد گیاهچه‌های نرمال لحاظ گردید.

طول گیاهچه و وزن گیاهچه به‌ترتیب از روابط ۵ و ۶ محاسبه گردید.

(رابطه ۵) طول ساقه‌چه + طول ریشه‌چه = طول گیاهچه

(رابطه ۶) وزن ساقه‌چه + وزن ریشه‌چه = وزن گیاهچه

شاخص طولی بنیه گیاهچه و شاخص طولی بنیه گیاهچه به‌ترتیب از روابط ۷ و ۸ محاسبه گردید (Rahnama-Ghahfarokhi *et al.*, 2007).

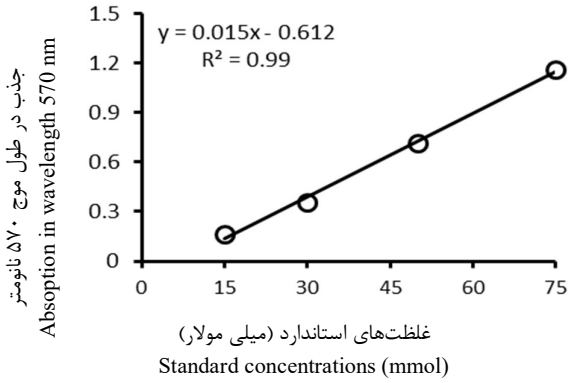
(رابطه ۷) شاخص طولی بنیه گیاهچه= (درصد جوانه‌زنی نهایی× طول گیاهچه) ÷۱۰۰

(رابطه ۸) شاخص وزنی بنیه گیاهچه= (درصد جوانه‌زنی نهایی× وزن گیاهچه) ÷۱۰۰

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از بافت ساقه‌چه استفاده شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس احیای دی‌کرومات پتاسیم محلول در اسید استیک به کرومیک استات و تشکیل پرکرومیک

[1] Accelerated deterioration
[2] ISTA
[3] Standard germination test

اسید سبز رنگ در حضور پراکسید هیدروژن و حرارت است. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز موجود در عصاره، درون چهار عدد میکروتیوپ ۵۰۰ میکرولیتری، ابتدا ۱۵۰ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته هفت، سپس ۷/۵ میکرولیتر عصاره و بعد از آن ۷۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ریخته شد. به میکروتیوپ‌های سری اول، دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب بعد از گذشت دو، چهار، شش و هشت دقیقه از زمان اضافه‌شدن پراکسید هیدروژن (زمان شروع واکنش)، ۶۲ میکرولیتر محلول دی‌کرومات اضافه شد. بعد از اضافه کردن محلول دی‌کرومات، میکروتیوپ‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از تغییر رنگ محلول ۲۰۰ میکرولیتر از محلول‌های موجود در میکروتیوپ‌ها درون چاهک‌های میکروپلیت ریخته شد. با دستگاه پلیت ریدر شدت جذب در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین مقدار پراکسید هیدروژن تجزیه شده توسط آنزیم کاتالاز، منحنی استاندارد با غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن رسم شد (شکل ۱). با استفاده از معادله رگرسیون منحنی استاندارد و شدت جذب اندازه‌گیری‌شده در طول موج ۵۷۰ نانومتر، میزان پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده تعیین شد. از بین چهار عدد به‌دست آمده (مربوط به چهار زمان دوره‌ای اضافه‌کردن محلول دی‌کرومات) دو عدد انتخاب شد. در پایان با رابطه (۹) فعالیت آنزیم کاتالاز (میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده بر ثانیه در میلی‌گرم پروتئین‌های محلول) محاسبه شد (Sinha, 1972).



شکل ۱- منحنی استاندارد کاتالاز

Figure 1. Standard curve of Catalase

$$CAT = \frac{\left[\frac{H_2O_{2I} - H_2O_{2II}}{t_{II} - t_I}\right] \times K_W}{Pro} \quad \text{(رابطه ۹)}$$

H_2O_{2I}- H_2O_{2II} تفاوت بین غلظت پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده در زمان‌های دوره‌ای انتخاب‌شده (میکرومول)، t_{II}-t_I فاصله زمانی بین زمان‌های دوره‌ای انتخاب‌شده (ثانیه)، K_W ضریب وزن برای تبدیل ۲۵۰ میلی‌گرم پودر برگ استفاده‌شده برای تهیه عصاره به یک گرم (برابر ۴) و Pro مقدار پروتئین‌های محلول موجود در برگ (میلی‌گرم پروتئین‌های محلول در وزن تر برگ) است.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس تشکیل تتراگایاکول از گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن است. آنزیم پراکسیداز برای تجزیه پراکسید هیدروژن از گایاکول به‌عنوان دهنده الکترون استفاده می‌کند و تتراگایاکول تشکیل می‌شود. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز ابتدا سوبسترا تهیه شد. سوبسترای آنزیم پراکسیداز بافر فسفات حاوی ۱۳ میلی‌مولار گایاکول و پنج میلی‌مولار پراکسید هیدروژن با اسیدیته هفت است. ۲۰۰ میکرولیتر سوبسترای آنزیم پراکسیداز درون چاهک‌های میکروپلیت ریخته شد. سپس ۶/۶ میکرولیتر عصاره به سوبسترا اضافه شد. بلافاصله با دستگاه پلیت ریدر شدت جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دوره زمانی یک دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از پایان اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز موجود در عصاره‌ها (میکرومول گایاکول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین‌های محلول) از طریق رابطه ۱۰ محاسبه شد (Chance and Machly, 1995).

$$POX = \frac{[H_2O_2/t_{max}] \times K_W}{Pro} \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

H_2O_2 غلظت پراکسید هیدروژن موجود در سوبسترا ۵۰۰۰ میکرومول پراکسید هیدروژن موجود در سوبسترا (ثانیه)، K_W ضریب وزن برای تبدیل ۲۵۰ میلی‌گرم پودر برگ استفاده شده برای تهیه عصاره به یک گرم (برابر ۴) و Pro مقدار پروتئین‌های محلول موجود در برگ (میلی‌گرم پروتئین‌های محلول در وزن تر برگ) است.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس توانایی این آنزیم در متوقف‌کردن احیای فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیوم توسط رادیکال آزاد سوپراکسید در حضور ریبوفلاوین در نور انجام شد. زیرا در اثر برخورد نور، ریبوفلاوین تخریب و رادیکال سوپراکسید تولید می‌شود. این رادیکال، نیتروبلوتترازولیوم را احیا می‌کند. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با غیرفعال‌کردن رادیکال سوپراکسید مانع این واکنش می‌شود. مقداری از آنزیم که بتواند از احیای ۵۰ درصد نیتروبلوتترازولیوم ممانعت کند، معادل یک واحد آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در نظر گرفته می‌شود. سوبسترای آنزیم شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات، ۱۳ میلی‌مولار متیونین، ۷۵ میکرومولار نیتروبلوتترازولیوم و ۱۰۰ میکرومولار EDTA است. برای اندازه‌گیری ابتدا در تاریکی به چهار چاهک میکروپلیت ۱۹۵، ۱۹۰، ۱۸۵ و ۱۸۰ میکرولیتر از سوبسترا ریخته شد. در مرحله بعد به این چاهک‌ها به‌ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میکرولیتر عصاره اضافه گردید. در تاریکی به تمام چاهک‌ها ۱۰ میکرولیتر محلول ریبوفلاوین اضافه شد. محلول ریبوفلاوین شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات و دو میکرومولار ریبوفلاوین است. یک چاهک حاوی ۲۰۰ میکرولیتر سوبسترا و ۱۰ میکرولیتر محلول ریبوفلاوین به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. با دستگاه پلیت ریدر برای بار اول شدت جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس میکروپلیت به‌مدت ۳۰ دقیقه در زیر نور لامپ فلورسنت قرار گرفت. برای بار دوم شدت جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در پایان از بین چهار غلظت عصاره موجود در چاهک‌ها دو غلظت انتخاب و با استفاده از رابطه ۱۱ فعالیت سوپراکسیددیسموتاز موجود در عصاره‌ها (واحد بر میلی‌گرم پروتئین‌های محلول) محاسبه شد (Beauchamp and Fridovich, 1971).

$$SOD = \frac{\left[\frac{\left(\Delta A_I \times 20/C_I\right)}{\Delta A_{blank}/2} \times K_W\right] + \left[\frac{\left(\Delta A_{II} \times 20/C_{II}\right)}{\Delta A_{blank}/2} \times K_W\right]}{\frac{2}{Pro}}$$ (رابطه ۱۱)

(برابر ۵۰۰۰ میکرومول)، t_{max} مدت زمان لازم برای تجزیه ΔA_I و ΔA_{II}، تفاوت بین شدت جذب قرائت دوم و اول در دو چاهک انتخاب شده، ΔA_{blank} تفاوت بین شدت جذب قرائت دوم و اول در چاهک شاهد، C_I و C_{II} غلظت‌های عصاره موجود در چاهک‌های انتخابی (میکرولیتر)، K_W ضریب وزن برای تبدیل ۲۵۰ میلی‌گرم پودر برگ استفاده شده برای تهیه عصاره به یک گرم (برابر ۴) و Pro مقدار پروتئین‌های محلول موجود در برگ (میلی‌گرم پروتئین‌های محلول در وزن تر برگ) است.

بعداز جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) و در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه‌های نرمال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم، فرسودگی بذر، پرایمینگ توسط سلنیوم و همچنین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر و اثر متقابل فرسودگی بذر×پرایمینگ توسط سلنیوم بر روی درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه‌های نرمال معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر حاکی از آن بود که در هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار، با تشدید فرسودگی بذر، مقادیر مربوط به درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه‌های نرمال به‌تدریج کاهش یافتند. تأثیر فرسودگی شدید در رقم بیله‌سوار بیشتر از رقم کیمیا بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های سلنیوم نشان داد که در شرایط بدون فرسودگی، پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار سلنیوم، از نظر درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهجه‌های نرمال تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. در شرایط فرسودگی ملایم، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار نیز تفاوت آماری معنی‌دار با شاهد مربوطه نداشتند، اما پرایمینگ با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه‌های نرمال به میزان ۶/۳۵ درصد و ۱۱/۸۲ درصد نسبت به غلظت صفر گردید. در شرایط فرسودگی شدید،

با افزایش غلظت سلنیوم به ۷۵۰ میکرومولار این دو نسبت به غلظت صفر افزایش یافتند (جدول ۳). بنابراین اثر پرایمینگ بر روی بذرهای با فرسودگی شدید بیشتر از بذرهای با فرسودگی ملایم بود. پرایمینگ بذر با سلنیوم به دلیل تأثیر بر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان می‌تواند بر فرآیندهای فیزیولوژیکی جوانه‌زنی اثرگذار باشد و به دلیل تأثیر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی سبب بهبود رشد گیاهچه‌ها شود (Sajedi, 2011). ربیعیان و همکاران (Rabian *et al*., 2014) گزارش کردند استفاده از ۱۶ میلی‌گرم در لیتر از سلنیوم، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر برنج را به میزان ۱۰ و ۹ درصد افزایش داد.

طول و وزن گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم، فرسودگی بذر و پرایمینگ توسط سلنیوم و اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ سلنیوم بر طول و وزن گیاهچه معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر بر روی وزن گیاهچه معنی‌دار بود، اما تأثیری بر وزن گیاهچه نداشت. اثر متقابل رقم× پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های سلنیوم بر روی طول و وزن گیاهچه معنی‌دار نبودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار، فرسوده‌کردن بذر موجب کاهش طول و وزن گیاهچه شد. اثر فرسودگی شدید بر روی طول و وزن گیاهچه در رقم بیله‌سوار بیش‌تر از رقم کیمیا بود. در شرایط شاهد طول گیاهچه‌های دو رقم کیمیا و بیله-سوار به‌ترتیب ۲۴/۶۲ و ۲۲/۱۹ سانتی‌متر بودند و با فرسوده‌کردن بذور در حالت فرسودگی شدید به مقادیر ۱۷/۴۹ و ۱۴/۹۵ سانتی‌متر کاهش یافتند (جدول۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ نشان داد که در بذرهای غیر فرسوده، پرایمینگ بذر توسط سلنیوم سبب افزایش طول و وزن گیاهچه نشد. در شرایط فرسودگی ملایم، بذر پرایمینگ‌شده با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، طول و وزن گیاهچه را به‌ترتیب به‌میزان ۱۲/۶۸ و ۱۵/۰۲ درصد نسبت به غلظت صفر افزایش داد. اما غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار تأثیری بر این صفات نداشتند. در شرایط فرسودگی شدید، با افزایش غلظت سلنیوم، طول و وزن گیاهچه افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار این پارامترها در غلظت ۷۵۰ میکرومولار سلنیوم مشاهده شد (جدول ۳). در شرایط فرسودگی شدید و در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، طول و صفت به ترتیب به میزان ۱۸/۶۷ درصد و ۱۶/۰۳ درصد وزن گیاهچه به‌ترتیب به‌میزان ۲۹/۸۸ و ۲۹/۱۱ درصد نسبت به غلظت صفر افزایش پیدا کردند. بنابراین در شرایط فرسودگی شدید، تأثیر پرایمینگ نسبت به حالت شاهد و ملایم، بیش‌تر بوده است.

عالیوند و همکاران (Alivand *et al*., 2012) اثر سه تیمار جیبرلیک اسید، سالسیلیک اسید و آسکوربیک اسید در چهار سطح صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ppm ۱۰۰ را بر روی بذرهای زوال‌یافته کلزا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که اثر متقابل زوال بذر × پرایمینگ برای درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول و وزن گیاهچه معنی‌دار بود. نتایج به‌دست‌آمده از پرایمینگ هورمونی بذرهای هویج با جیبرلین و سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که این دو هورمون بر درصد ظاهرشدن، بنیه و طول ریشه و ساقه تأثیر مثبت داشته‌اند (Eisvand *et al*., 2011). بهاروند و همکاران (Baharvand *et al*., 2017) نشان دادند که با افزایش زوال بذر، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاهش یافت. در تمامی سطوح زوال، غلظت ۰/۲۸ میلی‌مولار آسکوربیک اسید، سرعت جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه را نسبت به سایر غلظت‌ها افزایش داد. سلنیوم برای برخی از گیاهان مفید می‌باشد و می‌تواند تحمل گیاهان و ظرفیت آنتی-اکسیدانت گیاهان در معرض تنش‌های محیطی را افزایش دهد (Yao *et al*., 2011).

شاخص طولی بنیه گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم، فرسودگی بذر و اثر متقابل آن‌ها، اثر ساده پرایمینگ توسط سلنیوم و همچنین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ توسط سلنیوم بر روی شاخص طولی بنیه گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر نشان داد که در هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار، فرسوده‌کردن بذر سبب کاهش شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه شد. تأثیر فرسودگی شدید در رقم بیله‌سوار بیش‌تر از رقم کیمیا بود، به‌طوری‌که در فرسودگی شدید، شاخص طولی و وزنی بیله‌سوار به‌ترتیب

۱۴/۹۵ و ۶/۹۴ و این پارامترها برای رقم کیمیا به‌ترتیب ۱۷/۴۹ و ۹/۵۶ بودند (جدول۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های سلنیوم نشان داد که در حالت بدون فرسودگی (شاهد)، پرایمینگ بذر با غلظت‌های سلنیوم تأثیری بر روی شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه نداشته است. در شرایط فرسودگی ملایم، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار سبب بهبود شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه نگردید، اما در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، این شاخص را بهبود بخشید و سبب افزایش شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه به‌میزان ۲۲/۸۵ و ۲۵/۴۰ درصد نسبت به غلظت صفر شد. در شرایط فرسودگی شدید، افزایش غلظت سلنیوم سبب افزایش تدریجی شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه شد. به‌طوری‌که در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، این دو شاخص به‌ترتیب به‌میزان ۵۳/۸۲ و ۵۱/۰۱ درصد نسبت به غلظت صفر فزایش یافتند (جدول ۳). ربیعیان و همکاران (Rabian *et al*., 2014) افزایش ۱۰ تا ۱۵ درصدی شاخص بنیه بذر برنج با پرایمینگ توسط سلنیوم را گزارش کردند.

مک‌دونالد (Mc Donald, 2004) گزارش کرد که پیش‌تیمار بذرها با ترکیباتی نظیر آسکوربیک اسید، سینامیک اسید و آلفاتوکوفرول قبل از فرسودگی مصنوعی و فرسودگی طبیعی، ویژگی‌های بنیه بذر و مدت نگهداری بذرهای برنج، ذرت، کلزا، آفتابگردان، لوبیا فرانسوی، نخود، عدس، ارزن و ژوت را بهبود بخشید. بررسی‌های انجام‌شده در گندم بهاره تحت تنش خشکی نشان داد که سلنیوم مانع کم‌شدن رشد گیاهان در اثر کمبود آب گردید (Kuznetsov *et al.*, 2003). در آزمایشی گزارش شد که بیشترین تأثیر بر درصد ظهور گیاهچه کدو مربوط به تیمارهای پرایمینگ با سلنیوم بود (Chen and sung, 2001).

سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم، فرسودگی بذر و اثر متقابل این دو، همچنین اثر پرایمینگ با سلنیوم، اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ توسط غلظت‌های سلنیوم بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر نشان داد که با فرسوده شدن بذر، سرعت جوانه‌زنی در آن‌ها کاهش یافت و هر چه شدت فرسودگی بذر بیش‌تر بود سرعت جوانه‌زنی به مقدار بیش‌تری کاهش یافت، به‌طوری‌که برای رقم کیمیا سرعت جوانه‌زنی از ۲۴/۴۹ در حالت شاهد به ۱۲/۳۶ در حالت فرسودگی شدید کاهش یافت و برای بیله‌سوار این شاخص از مقدار ۲۴/۵۶ به‌مقدار ۶/۹۱ رسید. کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر فرسودگی بذر در رقم بیله‌سوار بیش‌تر از رقم کیمیا بود (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت بذر می‌باشد. هر چه ارقام بذری بتوانند در مدت زمان کم‌تری، جوانه بزنند از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند. روزرخ و قاسمی گلعذانی (Roozrokh and Ghasemi Golozani, 1998) با بررسی تأثیر فرسودگی بذر بر دو رقم نخود بیان کردند که سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر فرسودگی بذر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های سلنیوم نشان داد که در شرایط بدون فرسودگی، پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار سلنیوم، از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول۳). در شرایط فرسودگی ملایم نیز پرایمینگ بذر با غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد مربوطه نداشتند، اما پرایمینگ بذر با غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی به‌میزان ۳۰/۵۵ درصد نسبت به غلظت صفر گردید. در شرایط فرسودگی شدید، همراه با افزایش غلظت سلنیوم، سرعت جوانه‌زنی افزایش پیدا کرد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۷۵۰ میکرومولار نسبت به آب مقطر (غلظت صفر) ۶۲/۶۰ درصد افزایش یافت. در مطالعه‌ای گزارش گردید که پرایمینگ بذر لوبیا در غلظت‌های کم‌تر از ۱۵ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد.

متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، فرسودگی بذر، اثر متقابل آن‌ها و اثر پرایمینگ با غلظت-های سلنیوم و اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر با سلنیوم بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱).

یعات) اثر رقم، فرسودگی و پرایمینگ بذر در غلظت‌های سلنیوم بر روی ویژگی‌های بنیه بذر و گیاهچه عدس و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

Table 1. Analysis of variance (mean squares) the effect of cultivar, deterioration and seed priming by selenium concentrat characteristics and antioxidant enzymes activity.

منبع تغییرات S.O.V	df درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal seedlings percentage	طول گیاهچه Seedling-Length	وزن گیاهچه Seedling-weight	شاخص طولی بنیه گیاهچه SVI-L	شاخص وزنی بنیه گیاهچه SVI-W	سرعت جوانه زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه زنی Mean tim to germinatio
رقم Cultivar (A)	1	465.12**	217.01**	65.800**	27.195**	100.785**	30.389**	83.162**	0.605**
فرسودگی Deterioration (B)	2	7884.29**	11277.87**	310.038**	173.342**	1003.930**	407.233**	1344.265**	13.156**
A×B	2	353.29**	388.01**	5.844 ns	8.786 **	12.594**	9.993**	50.828**	0.232 **
غلظت سلنیوم Selenium Dose (C)	3	107.94**	99.27**	14.034 **	6.318 **	18.746**	7.667**	29.487 **	0.389 **
A×C	3	4.38 ns	7.38 ns	1.146 ns	0.275 ns	1.290ns	0.074 ns	1.137ns	0.054 ns
B×C	6	35.05**	36.41*	9.062*	1.351**	10.369**	1.682 **	9.605**	0.148**
A×B×C	6	12.16 ns	8.77 ns	1.441 ns	0.149 ns	0.975ns	0.187 ns	0.841 ns	0.015 ns
خطا Error	48	8.77	11.54	3.115	0.448	1.761	0.275	1.122	0.036
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.68	4.50	8.92	6.10	8.09	5.70	6.37	6.66

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

ns, *, and ** are non-significant and significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر بر روی خصوصیات بنیه بذر و گیاهچه عدس و فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت

Table 2. Mean comparison of cultivar × seed deterioration interaction on lentil seed and seedling characteristics and antioxidant enzymes activity.

رقم Cultivar	شدت فرسودگی بذر Seed deterioration severity	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal seedlings percentage	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن گیاهچه Seedling weight (mg)	شاخص طولی بنیه گیاهچه Length seedling vigor index	شاخص وزنی بنیه گیاهچه Weight seedling vigor index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (seedling/day)	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean time to germination (day)	کاتالاز CAT Unit/mg protein	پراکسیداز POD Unit/mg protein	سوپراکسید دیسمیوتاز SOD Unit/mg protein
کیمیا Kimia	بدون فرسودگی No Deterioration	99.00^{a}	99.00 ^{a}	24.62 ^{a}	13.95 ^{a}	24.37 ^{a}	13.81 ^{a}	24.49 ^{a}	2.03 ^{d}	7.08 ^{bc}	388.48 ^{a}	125.66 ^{a}
	فرسودگی ملایم Mild Deterioration	80.00 ^{b}	70.25 ^{b}	20.10^{c}	11.21 ^{c}	16.07 ^{c}	8.97 ^{c}	16.29 ^{b}	2.90 ^{c}	8.49 ^{b}	326.78 ^{b}	90.65 ^{c}
	فرسودگی شدید severe Deterioration	70.00 ^{c}	62.58 ^{c}	17.49 ^{d}	9.56 ^{d}	12.28 ^{d}	6.72 ^{e}	12.36 ^{d}	3.29 ^{b}	7.15 ^{bc}	195.82 ^{c}	73.53 ^{d}
بیله‌سوار Bilehsavar	بدون فرسودگی No Deterioration	99.50^{a}	99.00 ^{a}	22.19 ^{b}	13.31 ^{b}	22.07 ^{b}	13.24 ^{b}	24.56 ^{a}	2.03 ^{d}	7.75^{bc}	359.33 ^{ab}	113.14 ^{b}
	فرسودگی ملایم Mild Deterioration	78.08 ^{b}	72.50 ^{b}	19.33 ^{c}	10.78 ^{c}	15.12 ^{c}	8.43 ^{d}	15.22 ^{c}	3.04 ^{c}	10.72 ^{a}	345.66 ^{b}	99.07 ^{c}
	فرسودگی شدید severe Deterioration	56.16 ^{c}	49.91 ^{c}	14.95^{e}	6.94 ^{e}	8.44 ^{e}	3.93 ^{f}	6.91 ^{e}	3.69 ^{a}	6.60 ^{c}	175.48 ^{c}	74.27 ^{d}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

In each column, averages with the same letters do not have significant difference at the 5% level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ توسط غلظت‌های سلنیوم از نظر ویژگی‌های بنیه بذر و گیاهچه عدس و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت

Table 3. Mean comparison of seed deterioration × priming by selenium concentrations for lentil seed vigor properties and antioxidant enzymes activity.

شدت فرسودگی بذر Seed deterioration severity	غلظت سلنیوم Selenium concentration (µmol)	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal seedlings percentage	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن گیاهچه Seedling weight (mg)	شاخص طولی بنیه گیاهچه Length seedling vigor index	شاخص وزنی بنیه گیاهچه Weight seedling vigor index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (seedling/day)	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean time to germination (day)	کاتالاز CAT Unit/mg protein	پراکسیداز POD Unit/mg protein	سوپراکسید دیسموتاز SOD Unit/mg protein
بدون فرسودگی No Deterioration	0	99.33 a	99.33 a	23.22 ab	13.52 a	23.06 a	13.42 a	24.72 a	2.01 e	5.64 fg	341.13 c	100.82 d
	250	99.33 a	99.33 a	24.19 a	13.61 a	24.03 a	13.52 a	24.63 a	2.02 e	6.40 efg	358.35 bc	112.52 cd
	500	99.33 a	99.00 a	23.47 ab	13.66 a	23.30 a	13.56 a	24.25 a	2.07 e	7.38 def	387.11 abc	119.73 bc
	750	99.00 a	98.33 a	22.74 ab	13.72 a	22.50 a	13.58 a	24.50 a	2.03 e	10.23 bc	409.02 ab	144.59 a
فرسودگی ملایم Mild Deterioration	0	76.00 c	69.00 c	19.08 c	10.58 c	14.48 cd	8.03 c	14.24 c	3.11 c	4.44 g	230.44 de	68.51 e
	250	78.00 c	70.00 c	19.24 c	10.56 c	15.00 b	8.23 c	15.10 c	3.01 c	8.28 cde	275.24 d	73.81 e
	500	79.33 c	69.33 c	19.04 c	10.67 c	15.11 c	8.45 c	15.08 c	3.06 c	11.42 b	396.73 abc	109.52 cd
	750	82.83 b	77.16 b	21.50 b	12.17 b	17.79 b	10.07 b	18.59 b	2.70 d	14.26 a	442.46 a	127.59 b
فرسودگی شدید Severe Deterioration	0	58.00 f	53.00 e	14.49 d	7.42 e	8.49 f	4.43 f	7.54 f	3.83 a	2.25 h	103.12 f	45.05 f
	250	61.16 ef	55.16 e	15.23 d	7.82 e	4.33 ef	4.84 ef	8.48 f	3.57 b	5.12 g	203.21 e	68.08 e
	500	64.33 e	55.33 e	16.33 d	8.18 e	10.56 e	5.34 e	10.25 e	3.39 b	9.40 bcd	210.63 e	73.49 e
	750	68.83 d	61.50 d	18.82 g	9.58 d	13.06 d	6.69 d	12.26 d	3.17 c	10.71 b	250.63 de	108.98 cd
	LSD	3.43	3.94	2.04	0.77	1.54	0.6	1.23	0.22	2.15	59.19	14.36

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

In each column, averages with the same letters do not have significant difference at the 5% level.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تشدید فرسودگی بذر سبب افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی در هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار شد، به‌طوری‌که با افزایش شدت فرسودگی متوسط زمان جوانه‌زنی برای رقم کیمیا از ۲/۰۳ در حالت شاهد به ۳/۲۹ در روز در حالت فرسودگی شدید رسید. برای بیله‌سوار نیز متوسط زمان جوانه‌زنی از ۲/۰۳ به ۳/۶۹ افزایش یافت (جدول۲). افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی احتمالاً به‌دلیل وقفه‌ای است که در شروع جوانه-زنی در بذرهای فرسوده‌شده ایجاد می‌شود. علت وقفه ایجادشده احتمالاً این است که بذر برای ترمیم خسارت-های واردشده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد سیستم آنتی‌اکسیدانت و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو، نیاز به زمان دارد و ترمیم این خسارت‌ها پس از پرایمینگ امکان‌پذیر است، بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرایند جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش یافته که نتیجه آن افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی است (Bailly *et al*., 2000).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر توسط غلظت‌های سلنیوم نشان داد که در شرایط بدون فرسودگی، پرایمینگ بذر با سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر متوسط زمان جوانه‌زنی نداشت. در شرایط فرسودگی ملایم، غلظت ۷۵۰ میکرومولار سلنیوم موجب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان ۱۳/۱۸ درصد نسبت به غلظت صفر شد. در شرایط فرسودگی شدید، متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش غلظت سلنیوم به ۷۵۰ میکرومولار، به‌میزان ۱۷/۲۳ درصد نسبت به غلظت صفر کاهش یافت (جدول ۳). عقیقی شاهوردی و امیدی (Aghighi Shahverdi and Omidi, 2016) گزارش کردند که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در پرایمینگ بذر استویا، در غلظت ۰/۵ درصد سلنیوم با زمان ۸ ساعت بود و با افزایش زمان پرایمینگ، میانگین سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. نتایج پژوهش امیدی و همکاران (Omidi *et al*., 2005) نشان داد پرایمینگ بذر کلزا با نیترات پتاسیم، اثر معنی‌داری بر زمان جوانه‌زنی و درصد جوانه-زنی دارد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

اثرهای فرسودگی بذر، رقم× فرسودگی و پرایمینگ بذر با سلنیوم بر روی فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بودند، اما اثر رقم و همچنین اثر متقابل رقم × غلظت سلنیوم بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نبود (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین اثر رقم × فرسودگی بذر نشان داد که در هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار، فرسودگی ملایم بذر سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز شد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر با سلنیوم نشان داد که در بذرهای غیرفرسوده، پرایمینگ بذر با سلنیوم فقط در غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. در شرایط فرسودگی ملایم و شدید بذر، با افزایش غلظت سلنیوم فعالیت این آنزیم افزایش یافت و در غلظت ۷۵۰ میکرومولار بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز مشاهده شد. تأثیر مثبت پرایمینگ با سلنیوم بر روی فعالیت این آنزیم در شرایط فرسودگی شدید بیش‌تر از فرسودگی ملایم بود (جدول ۳). در مطالعه فرهودی و همکاران (Farhoudi *et al*., 2011) درگیاه خربزه مشخص شد که گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمارشده با نمک در مقایسه با گیاهچه‌های رشدیافته از بذرهای پیش‌تیمار نشده، فعالیت کاتالاز بیش‌تری داشتند. انصاری و همکاران (Ansari *et al*., 2016) گزارش کردند پیش‌تیمار اسید جیبرلیک و پتاسیم، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه سرخار گل را افزایش دادند.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فرسودگی بذر، پرایمینگ با سلنیوم و اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر با سلنیوم بر روی فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بودند. اما اثر رقم، رقم × فرسودگی بذر و اثر متقابل رقم × پرایمینگ بذر با سلنیوم بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × فرسودگی بذر نشان داد که با افزایش شدت فرسودگی، در هر دو رقم عدس کیمیا و بیله‌سوار فعالیت این آنزیم کاهش یافت (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی بذر × پرایمینگ بذر با سلنیوم نشان داد که با افزایش غلظت سلنیوم در پرایمینگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافت. با این حال، افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز با افزایش غلظت سلنیوم در شرایط فرسودگی شدید بیش‌تر از فرسودگی ملایم و آن هم بیش تر از عدم فرسودگی رخ داد (نسبت به شاهد مربوطه) (جدول۳). احمدپور دهکردی و بلوچی (Ahmadpour Dehkordi and Balouchi, 2012) نشان دادند که

پیش‌تیمار بذر سیاهدانه با اسید سالیسیلیک، نیترات پتاسیم و آب مقطر سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شد. در مطالعات فاتح و همکاران (Fateh *et al*., 2011) در بذر نخود نیز مشخص شد که بذرهای پیش‌تیمارشده با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم دارای فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز بیش‌تر بودند. موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2009) گزارش کردند پیش‌تیمار بذرهای گل همیشه‌بهار، فعالیت آنزیم-های آنتی‌اکسیدانت، به‌خصوص کاتالاز و پراکسیداز را در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده افزایش داد. سیستم آنتی اکسیدانت شامل آنزیم‌ها و متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانت هستند که موجب حذف انواع فعال اکسیژن می‌شوند. آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و دیگر آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت با شکستن پراکسید هیدروژن، آن را به آب و اکسیژن تبدیل کرده و باعث حذف و غیر فعال‌شدن انواع فعال اکسیژن می‌شوند (Mittler, 2002). سیادت و همکاران (Siadat *et al*., 2011) نشان دادند که پیش-تیمار بذر ذرت با پتاسیم نیترات و جیبرلین اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به تیمار شاهد داشت.

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

اثر فرسودگی بذر، پرایمینگ بذر با سلنیوم، اثر متقابل رقم × فرسودگی و اثر متقابل فرسودگی × پرایمینگ با سلنیوم بر روی فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز معنی‌دار بودند. اما اثر رقم و اثر متقابل رقم × پرایمینگ با سلنیوم بر این صفت معنی‌دار نبودند (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین اثر رقم × فرسودگی بذر نشان داد که با افزایش شدت فرسودگی بذر، در مورد هر دو رقم کیمیا و بیله‌سوار فعالیت این آنزیم کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش-ترین فعالیت آنزیم در شرایط عدم فرسودگی بذر مشاهده گردید (جدول۲). مقایسه میانگین اثر متقابل فرسودگی × پرایمینگ بذر با سلنیوم نشان داد که با افزایش غلظت سلنیوم، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز افزایش یافت. در شرایط عدم فرسودگی، فرسودگی ملایم و فرسودگی شدید، در غلظت ۷۵۰ میکرومولار از سلنیوم، بیش‌ترین فعالیت این آنزیم مشاهده گردید. اثر پرایمینگ بذر در افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط فرسودگی شدید بذر بیش‌تر از فرسودگی ملایم و آن هم بیش‌تر از شرایط عدم فرسودگی بذر بود (جدول ۳). در مرحله پیری گیاهان، افزایش سلنیوم ظرفیت آنتی‌اکسیدانت را از طریق جلوگیری از کاهش غلظت توکوفرول و افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز افزایش می دهد (Xue *et al*. 2001).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که روند تأثیر پرایمینگ بذر با غلظت‌های مختلف سلنیوم در دو رقم عدس کیمیا و بیله‌سوار تقریباً مشابه بود. در شرایط عدم فرسودگی بذر، پرایمینگ بذر با سلنیوم در ارتقاء خصوصیات جوانه‌زنی و بنیه بذر و گیاهچه مؤثر نبود. در شرایط فرسودگی ملایم و شدید، با افزایش غلظت سلنیوم از صفر تا ۵۰۰ میکرومولار، تغییر معنی‌داری در خصوصیات جوانه‌زنی مشاهده نگردید، اما غلظت ۷۵۰ میکرومولار، سبب افزایش معنی‌دار تمام صفات مورد مطالعه و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی شد. به‌طوری‌که در شرایط فرسودگی ملایم، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نهایی به‌میزان ۶/۸ درصد، درصد گیاهچه‌های نرمال ۸/۱ درصد، طول گیاهچه ۱۲/۶ درصد، وزن گیاهچه ۱۵/۰ درصد، شاخص طولی بنیه گیاهچه ۲۲/۸ درصد، شاخص وزنی بنیه گیاهچه ۲/۵ درصد، طول ریشه‌چه ۱۲/۴ درصد، طول ساقه‌چه ۱۳/۲ درصد، وزن ریشه‌چه ۱۷/۶ درصد، وزن ساقه‌چه ۱۱/۱ درصد، سرعت جوانه‌زنی ۳۰/۵ درصد و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان ۱۳/۱ درصد نسبت به شاهد مربوطه شد. در شرایط فرسودگی شدید، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار موجب افزایش درصد جوانه‌زنی نهایی به‌میزان ۱۰/۸ درصد، درصد گیاهچه‌های نرمال ۸/۵ درصد، طول گیاهچه ۲۹/۸ درصد، وزن گیاهچه ۲۹/۱ درصد، شاخص طولی بنیه گیاهچه ۵۳/۸ درصد، شاخص وزنی بنیه گیاهچه ۵۱/۰ درصد، طول ریشه‌چه ۳۶/۰ درصد، طول ساقه‌چه ۱۵/۴ درصد، وزن ریشه‌چه ۳۱/۴ درصد، وزن ساقه‌چه ۲۵/۲ درصد، سرعت جوانه‌زنی ۶۲/۵ درصد و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان ۱۷/۲ درصد نسبت به شاهد مربوطه گردید. از نظر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز مشخص شد که در بذرهای غیرفرسوده، پرایمینگ بذر با سلنیوم در غلظت ۷۵۰ میکرومولار، فعالیت این سه آنزیم به‌ترتیب ۸۱/۳، ۱۹/۹ و ۴۳/۴ درصد نسبت به غلظت صفر افزایش پیدا کردند. در شرایط فرسودگی ملایم، پرایمینگ

بذر با سلنیوم ۷۵۰ میکرومولار، فعالیت این آنزیم‌ها به‌ترتیب ۲۲۱ ، ۹۲ و ۸۶/۲ درصد نسبت به غلظت صفر افزایش یافتند. میزان افزایش فعالیت آنزیمی در اثر پرایمینگ بذر با سلنیوم ۷۵۰ میکرومولار نسبت به شاهد مربوطه در شرایط فرسودگی شدید بذر برای سه آنزیم فوق به‌ترتیب ۳۷۶، ۱۴۳ و ۱۴۱ درصد بودند. به‌طور کلی، پرایمینگ بذر دو رقم عدس کیمیا و بیله‌سوار در غلظت‌های مختلف سلنیوم مشخص نمود که پرایمینگ بذر با غلظت ۷۵۰ میکرومولار قابلیت بهبود بذرهای زوال یافته را داشت.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئولین پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmadpour Dehkordi, S. and Balouchi, H.R. 2012. Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipids peroxidation of cell membrane in Black cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity and drought stress. Electronic Journal of Crop Production, 5(4): 63-85. (In Persian)**(Journal)**.

Alivand, R., Tvakol Afshari, R. and Sharif zadeh, F. 2012. Effect of Gibberellin, Salicylic Acid andAscorbic Acid on Improvement of Seed Germination Properties of Rapeseed, Journal of Iranian Crop Sciences, 43(4): 83-69. (In Persian)**(Journal)**.

Ansari, Kh., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. and Heydari, S. 2016. Effect of different seed priming on germination characteristics and some antioxidant enzymes activity of Echinacea purpurea, Iranian Journal of Seed Science and Research, 3(3): 1-10. (In Persian)**(Journal)**.

Baharvand, N., Mahdavi., B. and Dahajipour Heidarabadi, M. 2017. Effect of ascorbic acid on germination and ac tivities of antioxidant enzymes of deteriorated safflower Goldasht cultivar seeds, 4(3): 1-12. (In Persian)**(Journal)**.

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. **(Journal)**

Beauchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels, Analytical Biochemistry, 44(1): 276-287. **(Journal)**.

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticultural Science, 21: 1105- 1112. **(Journal)**.

Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of Catalase and Peroxidase. Methods in Enzymology, 2:764-775. **(Journal)**.

Chen, C.C. and Sung, J.M. 2001. Priming bitter gourd seeds with selenium solution enhanced germinability and antioxidative responses under sub-optimal temperature. Physiologia Plantarum, 111: 9- 16. **(Journal)**

Copeland, L.O. and Mcdonald, M.B. 2012. Principles of seed sciences and technology. Second edition, Minneapolis: Burgess Publishing. **(Journal)**

Djanaguiraman, M., Durga, D., Shanker, K.. Sheeba, A.A. and Bangarusamy, U. 2005. Selenium – an antioxidative protectant in Soybean during senescence, Plant and Soil, 272: 77–86. **(Journal)**

Eisvand, H.R., Shahrosvand. S., Zahedi. B., Heidari, S. and Afroughe, Sh. 2011. Effects of hydropriming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid onseed and seedling quality of carrot (*Daucus carota var. sativus*). Iranian Jornal Plant Physiology, 1: 233-239. **(Journal)**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technolgy, 9: 373–409. **(Journal)**

Farhoudi. R., Saeedipour, S. and mohammadreza, D. 2011. The effect of NaCl seed priming on salttolerance, antioxidant enzyme activity, and proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. African Journal of Agricultural Research, 6: 1363-1370. **(Journal)**.

Fateh, H., Siosemardeh, A. and Karimpoor, M. 2011. Effects of seed priming and sowing date on antioxidant enzymes activity and yield of chickpea under dryland condition. Technology of Plant Production, 10(2): 1-16. (In Persian)**(Journal)**.

Grilli, I., Bacci, E., Lombardi, T., Spano, C. and Floris, C, 1995. Natural Aging: Poly (A) polymerase in germination embryos of *Triticum durum* wheat. Annals of Botany, 76: 15–21. **(Journal)**

Hampton, J.G. and TeKrony, D.M. 2005. Handbook of vigor test methods. 3rd Edition. The International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. **(Handbook)**

Harington, J.F. 1972. Seed Storage and Longevity. In: Kozlowski, T.T. ed. Seed Biology. London Academic Press. Inc, 143-240. **(Book)**.

Harris, D. 1996. The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. Soil and Tillage Research, 40(1-2): 73-88. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA). 2006. International Rules for Seed Testing. Basserdorf, Switzerland, 2: 379 **(Handbook)**

Kuznetsov, V.V., Kholodova, V.P. Kuznetsov, V.V. and Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences, 390: 266 –268. **(Journal)**

McDonald, M.B. 2004. Orthodox seed deterioration and its repair. Pp. 273-304. In: Benech- Arnold, R.L., and R.L. Sanchez, (eds). Handbook of Seed Physiology. Food Product Press. Argentina**. (Book)**

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7(9): 405-10. **(Journal)**

Mohammadi, K., Moghadam, A.K., Aghaalikhani, M. and Vaziri, M. 2014. Effect of hydro-priming and priming with ascorbic and salicylic acid on Germination Traits of *Dracocephalum moldavica* L. Varieties. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 17(5): 936-943. (In Persian)**(Journal)**.

Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Aynehband, A. 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. Journal of Food Agriculture Environment, 7: 353-358. (In Persian)**(Journal)**

Omidi, H., Sorushzade, E. and Qezeli, F. 2005. Study of osmopriming pre-treatment on germination f rapesed seeds. Agricultural Science and Technology, 19(2): 125-136. (In Persian)**(Journal)**

Pessarakli, M., Marcum, K.B., Kopec, D.M. and Qian, Y.L. 2004. Interactive effects of salinity and primo on the growth of Kentucky bluegrass. Journal of Food Agriculture and Environment, 4(1): 325-327. **(Journal)**

Rabian, A., Jiryaei, M. and Ayneband, A. 2014. Assess the impact of selenium in reducing the negative ffects of salinity and low savings rice seed germination. Environment Stresses in Crop Science, 7(1): 53-63. **(Journal)**

Rahnama-Ghahfarokhi, A. and Tavakkol-Afshari, R. 2007. Methods for dormancy breaking and germination of galbanum seeds (*Ferula gummosa*). Asian Jornal Plant Science, 6: 611-616. **(Journal)**

Ram, C. and Wiesner, E. 1998. Effect of artificial ageing on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat. Seed Science Technology, 16: 579-587. **(Journal)**

Rebetzke, G. and Richards, R. 1999. Field evaluation of early vigour for genetic improvement of grain yield in wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 53(10): 1137–1145. **(Journal)**

Roozrokh, M. and Ghasemi Golozani, K. 1998, Effect of seed burning on yield and yield and yield components of two chickpea cultivars under full irrigation and irrigation conditions. Master's Degree of Agriculture, Tabriz University, Faculty of Agriculture (In Persian)**(Handbook)**

Sajedi, N., Ardakani, M., Naderi, A., Madani, H. and Boojar, M. 2009. Effect of water shortage stress and application of nutrients on yield, performance components and water consumption efficiency in corn, Iranian Journal of Agricultural Research, 2:493-503. (In Persian)**(Journal)**

Sajedi, N.A. 2011. Effect of hydropriming and priming with different Selenium concentration combined foliar application on yield and yield component of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1): 203-210. (In Persian)**(Journal)**

Sinha, K., 1972. Colorimetric assay of catalase. Journal of Analytical biochemistry, 47(2): 389-394. **(Journal)**

Siyadat, A., Shargh zadeh, M. and Mosavi, M. 2011. The effect of priming hormone on the reduction of corn seed burnout. Quarterly journal of plant physiology, 3(10): 83 -67. (In Persian)**(Journal)**

TeKrony, D.M., Egli, D.B., Balles, J., Tomes, L. and Stuckey, R.E. 1984. Effect of date of harvest Maturity on Soybean Seed Quality and Phomopsis sp. Seed Information. Crop Science, 24(1): 189-193. **(Journal)**

Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of Lesquerella fendleri seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products, 25: 70–74. **(Journal)**

Xue, T., Hartikainen, H. and Piironen, V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium in senescing lettuce. Plant and Soil, 27: 55-61. **(Journal)**

Yao, X., Chu, J., He, X. and Ba, C. 2011. Protective Role of selenium in wheat seedlings subjected to enhanced UVB radiation. Russian Journal of Plant Physiology, 58(2): 283–289. **(Journal)**

Evaluation the ability of seed priming with selenium to improving deteriorated seeds in lentil (*Lens culinaris Medic*)

Mahtab Mehrkish[1], Mokhtar Ghobadi[2*], Saeed Jalali Honarmand[2]

Received: April 27, 2020 Accepted: August 4, 2020

Abstract

Seeds of crops deteriorate during storage. The main aim of this study was to investigate the effect of selenium on the improvement of deteriorated seeds in two lentil cultivars. The research was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design. The seeds of two lentil cultivars (*Kimia* and *Bilehsavar*) were exposed to different deterioration conditions (no deterioration, mild and severe deterioration). Then, these deteriorated seeds were primed by different concentrations of selenium (0, 250, 500 and 750 µM). After the priming, the seeds were evaluated in a standard germination test and related traits were measured. In non-deteriorated seeds, priming with selenium did not have significant effects on the seed germination and seedling vigor characteristics. Under mild and severe deterioration conditions, seed priming with selenium at 0, 250, and 500 µM had not significant differences in most seed and seedling vigor characteristics, but priming at 750 µM improved this traits. For example, under mild and severe seed deterioration conditions, seed priming at 750 µM selenium increased the germination rate by 30 and 62 %, respectively, and decreased the mean germination time by 13 and 17 %, respectively. In terms of the activity of catalase, peroxidase and superoxide dismutase enzymes, it was found that in non-deteriorated seeds, the activity of these enzymes were increased 81, 19 and 43% respectively; by seed priming with selenium 750 µM. The effect of seed priming at 750 µM selenium on activity of these three enzymes was 221, 92 and 86% for mild seed deterioration and 376, 143 and 141% for severe seed deterioration conditions, respectively. Also, the effect of seed priming with selenium on the studied traits was similar for the two lentil cultivars Kimia and Bilehsavar. Therefore, it seems that seed priming with selenium 750 µM had the ability of improvement the deteriorated lentil seeds Kimia and Bilehsavar.

Key words: Enzymatic activity; Germination; Seed deterioration; Seed pre-treatment; Seedling vigor

How to cite this article

Mehrkish, M., Ghobadi, M. and Jalali Honarmand, S. 2021. Evaluation the ability of seed priming with selenium to improving deteriorated seeds in lentil (*Lens culinaris Medic*). Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(1): 13-28. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2021.5200

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. MSc Student, Agricultural and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. mahtab.mehrkish@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Agricultural and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. ghobadi.m@razi.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Agricultural and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. sjhonarmand@yahoo.com

*Corresponding author: ghobadi.m@razi.ac.ir