تأثیر زوال بذر بر صفات جوانه‌زنی و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کتان روغنی (*Linum usitatssimum* L.) توده محلی بزرک قرمز

حمیدرضا بلوچی* و رسول استادیان بیدگلی

[۱] گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۹/۱۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر زوال بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ٤ تکرار در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ٤ سطح دما (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد) و ٤ سطح رطوبت (۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد) بود. بذرها به محتوای رطوبت ۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد رسیده و سپس به مدت ٦ ماه در شرایط انبارداری در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش دما و رطوبت بذر، کلیه صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی به جز هدایت الکتریکی، کاهش یافتند. کاهش جوانه‌زنی با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز همراه بود که بیانگر کاهش کارایی سیستم آنتی‌اکسیدانتی در حفاظت بذرها در مقابل گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد. با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، پراکسیداسیون چربی‌ها افزایش یافته که احتمالاً بر اثر پراکسیداسیون چربی‌ها و تخریب غشاهای سلولی، نشت الکترولیت‌ها از بذر افزایش یافته است که همبستگی قوی و منفی بین نشت الکترولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشانگر این مسئله است. به طور کلی، بهترین شرایط نگهداری بذر کتان دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵-۹ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، پیری بذر، روغن دانه، کاتالاز، هدایت الکتریکی

مقدمه

در بذرهای فاقد کمون، بالاترین کیفیت بذر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک حاصل می‌شود. شرایط محیطی در فاصله بین رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی برداشت و شرایط انبارداری بر کیفیت بذر تأثیرگذار می‌باشد. نظر به اینکه بذرها بعد از برداشت بلافاصله کشت نمی‌شوند و در انبار نگهداری می شوند، از این‌رو با افزایش دوره انبارداری، بذرها دچار زوال شده و کیفیت آن‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین زوال بذر یک مسئله مهم در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (Schwember and Bradford, 1994). زوال بذر در طی انبارداری باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت عملکرد گیاه در مزرعه خواهد شد. سرعت زوال بذر به عواملی از جمله: نوع، ساختار، محیط تولید و سلامت بذر و همچنین شرایط انبارداری بستگی دارد. مهم‌ترین عوامل زوال بذر طی انبارداری، دما و رطوبت نسبی (و به دنبال آن رطوبت بذر) هستند (Sharma *et al*., 2007). تا کنون پدیده‌های زیادی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: balouchi@yu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

شناخته شده که در خلال زوال بذر رخ می‌دهند. اما هنوز مطالب بسیاری برای تحقیق باقی مانده است و اطلاعات کاملی در زمینه اهمیت نسبی هر یک از این پدیده‌ها در فرآیند زوال بذر، چگونگی اثر متقابل پدیده‌ها بر هم و تأثیر شرایط پیش از نگهداری بدست نیامده است. مکانیزم‌های مختلفی در فرآیند زوال شرکت دارند که سبب کاهش بنیه و کیفیت بذر می‌شوند. تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند زوال رخ می‌دهد که گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مانند پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال سوپراکسید (O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) که معمولاً به عنوان مولکول سمی مورد توجه‌اند، تجمع آن‌ها باعث پراکسیداسیون چربی‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشاهای سلولی می‌شود (Kibinza *et al.*, 2011). عدم توانایی بذر در تولید آنزیم‌های ضروری جهت سم‌زدایی و ترمیم یکی از پیامدهای آنزیم‌سازی ناقص و ناکارا در بذور زوال شده است. یکی از آنزیم های آنتی اکسیدانت مهم کاتالاز می‌باشد که از بین برنده رادیکال‌های آزاد هستند. در واقع کاتالاز از پراکسید هیدروژن به عنوان سوبسترا استفاده می‌کند. پراکسیداز نیز از آنتی‌اکسیدانت‌های مهم است که از پراکسید هیدروژن به عنوان پذیرنده الکترون برای کاتالیز تعدادی از واکنش‌های اکسیداتیو استفاده می‌کند (Yao *et al.*, 2012). در بذرهای زوال نشده این متابولیت‌ها در سطوح با وضعیت ثابت به علت عمل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز که از این دهندگان الکترون استفاده می‌کنند قرار دارند و فعالیت این آنزیم‌ها در طول جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. بنابراین فرسودگی بذر در طول زوال ممکن است وابسته به کارایی بذر در نگهداری سطح کافی از سیستم‌های آنزیمی برای حفاظت در مقابل تنش اکسیداتیو باشد. Zhan و همکاران (2014) در پژوهشی بیان کردند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی از جمله سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز به طور قابل توجهی در بذر سویا با محتویات رطوبت بذر ۱۲/٦ درصد در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره‌ی ۱۸ تا ٤۱ روز کاهش یافت. آن‌ها همچنین بیان کردند که فعالیت آنزیم آسکوربات و گلوتاتیون نیز با افزایش زوال کاهش یافته نشان می دهد که زوال باعث کاهش فعالیت چرخه آسکوربات-گلوتاتیون می‌شود.

عالیوند و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی اثر ٤ سطح دمایی و ۵ سطح رطوبتی بر روی بذر کلزا بعد از ٦ ماه نگهداری گزارش کردند که اثر سه گانه دما، محتوی رطوبت و زمان برای همه شاخص‌های درصد جوانه‌زنی کل، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه در سطح یک درصد معنی دار بود وکمترین سطح زوال در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با محتوی رطوبت ۵ درصد بود جوانه‌زنی از ۹۸ به ۹۳ درصد کاهش یافت. بلوچی و همکاران (۱۳۹۲ و ۱۳۹٤) نشان دادند که تنش پیری بذر و برهم‌کنش رقم، دما و زمان تسریع پیری بر صفات جوانه‌زنی بذر شامل درصد، سرعت و شاخص جوانه‌زنی، مدت زمان لازم تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی و بنیه بذر ارقام کلزا و گلرنگ اثر معنی‌داری داشت. در کل با افزایش دما و زمان زوال بذر میزان صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ازجمله طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و ضریب آلومتری ارقام کلزا کاهش یافت. Chitra Devi و همکاران (2003) نشان دادند که در مورد بذرهای خردل بذرهای بزرگتر با مدت زمان انبارشدگی کمتر نسبت به بذرهای کوچکتر با مدت زمان انبارشدگی بیشتر درصد سبز شدن بیشتری داشتند. Barsa و همکاران (2003) نشان دادند که درصد سبز شدن بذرهای پنبه با افزایش دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که درصد سبز شدن از ۸۷ درصد در بذرهای شاهد به صفر درصد در بذرهایی که ۱۵ روز تسریع پیری شده بودند رسید و با زوال بذر، بنیه بذر اولین جزء از کیفیت بذر بود که کاهش یافت و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش را نشان داد.

کتان با نام علمی (*Linum usitatssimum* L.) گیاهی از خانواده لیناسه می‌باشد که به دلیل ویژگی‌های سازگاری و زراعی مطلوب، خواص دارویی و وجود روغن نباتی با کیفیت در دانه‌هایش، از اهمیت خاصی در تولیدات کشاورزی ایران برخوردار است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر درک اساسی از سازوکارهای زوال بذر کتان روغنی (رقم نورمن) طی زوال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

در دامنه دمایی و رطوبتی مختلف و ارتباط آن با فرآیند جوانه زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز) است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹٤ به صورت فاکتوریل برای در قالب طرح کاملاً تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. رقم کتان روغنی مورد آزمایش توده محلی بزرک قرمز بود. فاکتورهای آزمایش شامل ٤ سطح دما (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی گراد) و ٤ سطح رطوبت (۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد) می‌باشد. بذرها به محتوای رطوبت ۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد رسیده و سپس به مدت ٦ ماه در شرایط انبارداری در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند. برای ایجاد رطوبت‌های موردنظر از معادله (۱) استفاده شد:

$$W2=w1 \frac{(A-B)}{(100-A)}$$

که B درصد رطوبت اولیه بذر، A درصد رطوبت موردنظر، W_1 وزن اولیه توده بذر (g) و W_2 وزن آب مقطر (g) می‌باشد (Hampton and TecKrony, 1995). پس از تعیین رطوبت، بذرها درون پاکت‌های فویل آلومینیم قرار گرفتند و سپس مقدار آب موردنیاز به آن اضافه و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون بسته‌بندی شدند و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا رطوبت بذرها یکسان گردد. آزمون جوانه زنی استاندارد در ظرف پتری‌دیش و بر روی کاغذ در دمای متناوب ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ISTA (2010) انجام شد. شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه انجام شد و به هنگام شمارش بذوری جوانه‌زده تلقی شد که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر باشد. در پایان آخرین شمارش، از هر پتری‌دیش ۵ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب و طول گیاهچه و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

درصد و سرعت جوانه‌زنی: برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور نیز از برنامه جرمین (سلطانی و مداح، ۱۳۸۹) استفاده شد. که در این برنامه D10 (یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد)، D50 (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) و D90 (یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد) را محاسبه می‌کند. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند.

سرعت جوانه‌زنی تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی نیز از طریق معادله (۲) محاسبه شد:

$$R_{50}=1/T_{50}$$

شاخص بنیه بذر نیز از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در وزن خشک گیاهچه محاسبه شد (Agrawal, 1995).

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی بذرها: برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، ٤ نمونه ۵۰ تایی بذر به دقت وزن و در ظروف پلاستیکی یک‌بار مصرف حاوی ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود، سپس میزان EC بر حسب دسی زیمنس بر سانتی‌متر مربع به وسیله دستگاه هدایت الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود (Hampton and TecKrony, 1995).

درصد روغن: برای اندازه‌گیری درصد روغن از دستگاه سوکسله استفاده شد به گونه‌ای که ابتدا ۵ گرم نمونه بذر وزن شده و سپس آسیاب می شود. پس از آن نمونه آسیاب شده را داخل کاغذ صافی پیچانده و در کارتوش دستگاه سوکسله قرار می‌دهیم. برای هر نمونه با توجه به حجم بالون، حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر حلال پترولیوم بنزن را در بالون ریخته و دستگاه را در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم کرده و به مدت ٤ ساعت روشن می‌کنیم تا تمام روغن نمونه استخراج شود. پس از طی این مدت نمونه را از دستگاه خارج کرده و به مدت ۱ ساعت می‌گذاریم تا خشک شود و سپس نمونه را وزن می‌کنیم.

استخراج و اندازه‌گیری پروتئین محلول: اندازه‌گیری پروتئین به روش Bradford (1976) انجام شد. برای اندازه گیری پروتئین محلول، ۱۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی تهیه شده از تیمارهای مربوطه را به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

منتقل و ۹۹۰ میکرولیتر از معرف برادفورد به آن اضافه می‌کنیم و در نهایت میزان جذب درطول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و برحسب میکروگرم بر گرم بذر تر قرائت شد.

استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از عصاره آنزیمی بذر که برای اندازه‌گیری پروتئین محلول استخراج شده، استفاده می شود و به روش Beauchamp and Fridovich (1971) انجام شد. اساس اندازه-گیری این آنزیم مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم و ممانعت از تشکیل سوپراکسید نیتروبلوتترازولیوم توسط این آنزیم است. بافرهای مورد استفاده در اندازه‌گیری آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز به ترتیب، بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH= ۷/۵، EDTA ۰/۱ میلی مولار، نیتروبلوتترازولیوم ۷۵ میکرو مولار، متیونین ۱۳ میلی مولار و ریبوفلاوین ٤ میکرومولار بود. ۳ میلی‌لیتر از بافر تهیه شده همراه با ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیم ترکیب و در طول موج ٥٦٠ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و برحسب واحد بر میلی‌مول بر دقیقه بر گرم بذر قرائت شد. یک واحد آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که موجب ۵۰ درصد ممانعت از احیاء نوری نیتروبلوتترازولیوم گشت.

استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از عصاره آنزیمی بذر که برای اندازه‌گیری پروتئین محلول استخراج شده، استفاده می شود و به روش Nakano and Asada (1981) انجام شد. مخلوط واکنش حاوی ۲/۵ بافر پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با pH= ۷، ۳۰۰ میکرولیتر آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار، ۳۰ میکرولیتر EDTA ۱۰ میلی‌مولار،۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۳۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳۰ میلی‌مولار به حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر بود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی شروع شده و فعالیت آنزیم‌ها در طول موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و برحسب میلی‌مول بر دقیقه بر گرم بذر قرائت شد.

استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: برای استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش، Aebi و همکاران (1984) استفاده شد. در این روش، به ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH= ۷، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه (۳۰ میلی‌مولار) ترکیب و برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی شروع شده و فعالیت آنزیم‌ها در طول موج ۲٤۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و برحسب میلی‌مول بر دقیقه بر گرم بذر قرائت شد.

تجزیه و تحلیل آماری: محاسبات آماری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی شامل دما و محتوای رطوبت بذر برای کلیه صفات شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، فعالیت آنزیم کاتالاز، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، مقدار پروتئین محلول، میزان هدایت الکتریکی و درصد روغن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد؛ همچنین اثر متقابل دما و محتوای رطوبت بذر برای همه صفات به‌غیر از مقدار پروتئین محلول و میزان هدایت الکتریکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد جوانه‌زنی بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۱ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر کاهش یافت. بیشترین درصد جوانه‌زنی در محتوای رطوبت ۵ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد؛ همچنین در محتوای رطوبت ۵ و ۹ درصد در دو دمای ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد و محتوای رطوبت ۱۳ و ۱۷ درصد در همه دماها عدم جوانه‌زنی بذور مشاهده شد. کاهش درصد جوانه‌زنی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز)

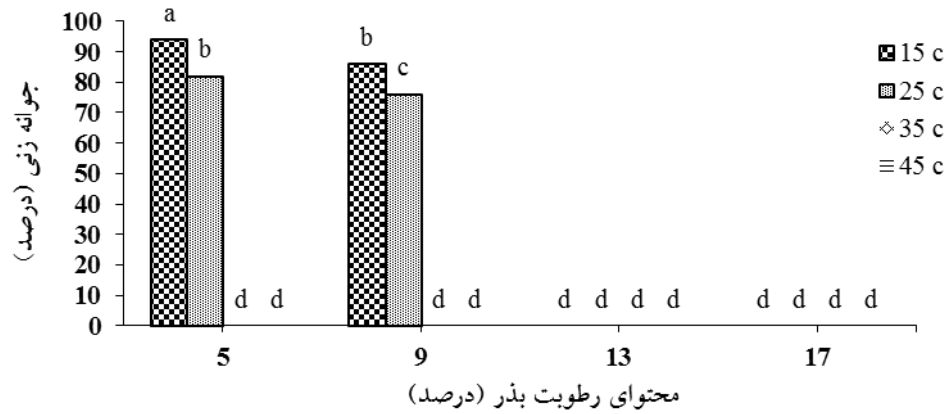
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	درصد روغن
دما (A)	۳	۹۶۰۱**	۰/۴۵۳**	۰/۰۰۰۴**	۸۰۵/۹**
محتوای رطوبت بذر (B)	۳	۹۵۵۳**	۰/۴۵۰**	۰/۰۰۰۴**	۱۳۰/۷**
A × B	۹	۳۲۱۱/۶**	۰/۱۵۱**	۰/۰۰۰۱**	۱۸/۹**
خطای آزمایش	۴۸	۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۱/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۵/۷	۱۱/۵	۱۶/۸	۷/۱

**** و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.**

ادامه جدول ۱-

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		فعالیت آنزیم CAT	فعالیت آنزیم ASP	فعالیت آنزیم SOD	مقدار پروتئین محلول	میزان هدایت الکتریکی
دما (A)	۳	۱۲۴/۳**	۰/۰۳۶**	۰/۸۷۷**	۳۹۹۵/۱**	۷۳۵۸/۱**
محتوای رطوبت بذر (B)	۳	۱۲۴/۶**	۰/۰۴۴**	۱/۷۵**	۸۹۲/۹**	۹۷۲۱۱/۶**
A × B	۹	۲۰/۵**	۰/۰۰۷**	۰/۰۵۳**	۲۷/۸^{ns}	۶۴۶/۶^{ns}
خطای آزمایش	۴۸	۱/۵۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۸	۳۳/۱	۳۵۰/۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۴/۸	۱۵/۳	۱۲/۷	۱۱/۲	۱۳

**** و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.**



شکل ۱- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد جوانه‌زنی بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

طی زوال بذر به این دلیل است که زوال بذر منجر به افزایش فعالیت آنزیمی، تنفس و نفوذپذیری غشاهای سلولی می‌شود که کاهش قوه‌نامیه و عملکرد را به دنبال دارد (Hampton, 1995). قادری‌فر و همکاران (۱۳۹۳) در بذر کدوتخم کاغذی نشان دادند که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. اگرچه مکانیسم‌های دقیق از دست رفتن قوه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

حیات بذر هنوز مشخص نشده ولی دلایل متعدد بیوشیمیایی و متابولیکی برای کاهش توان جوانه‌زنی بذرها عنوان‌شده است که از آن جمله می‌توان به پر اکسیداسیون چربی‌ها و خسارت به غشاهای سلولی همچنین آسیب به فرآیند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیرفعال شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Basra *et al*., 2003).

سرعت جوانه‌زنی تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذور در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و محتوای رطوبت ۵ درصد رخ داد درحالی‌که در دماهای ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد در همه رطوبت‌ها و در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در رطوبت‌های ۱۳ و ۱۷ درصد، سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید.

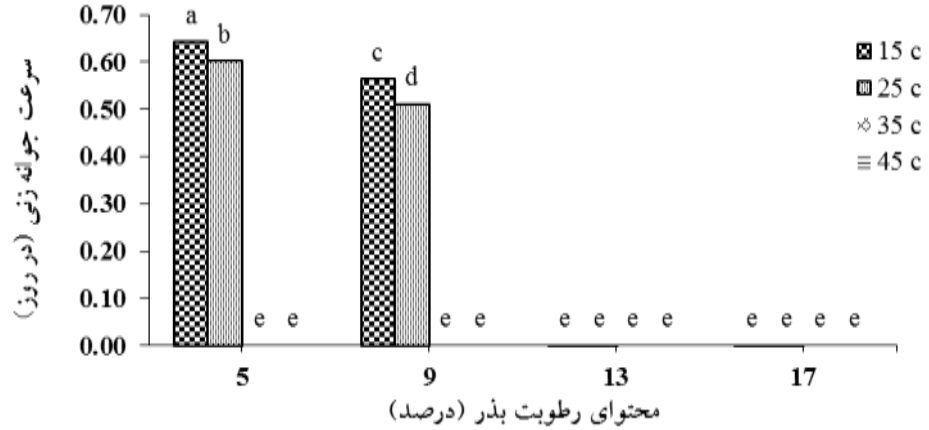
علت این‌که سرعت جوانه‌زنی در اثر زوال کاهش می‌یابد این است که بذر برای تعمیر خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول همچنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانتی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و تعمیر این خسارت‌ها فقط پس از جذب آب توسط بذر امکان‌پذیر است، بنابراین مدت‌زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه زنی بذرهای زوال یافته افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش سرعت جوانه‌زنی است (Goel *et al*., 2003). کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌تواند یکی از دلایل کاهش درصد جوانه زنی در دماها و رطوبت‌های مختلف باشد. Golezani و Hossinzadeh-Mahootchy (2009) در تحقیقی بر روی بذور باقلا گزارش کردند که زوال بذر، سرعت جوانه‌زنی بذور این گیاه را کاهش داد. سرعت جوانه‌زنی توده‌های بذری نمایانگر قدرت آن‌ها می‌باشد، آن‌هایی که قدرت کمتر دارند سرعت جوانه‌زنی کمتری نیز دارند (ISTA, 2010). Rastegar و همکاران (2011) در تحقیقی بر روی بذور سویا اظهار داشتند که با افزایش دما و رطوبت، سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۹۹^{**}$) مشاهده شد که نشان می‌دهد بذری که سرعت جوانه‌زنی بیشتر داشته باشد یعنی تعداد در روز بیشتر جوانه بزند دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری نیز می‌باشد (جدول ۲).

شاخص وزنی بنیه گیاهچه: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۳ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، بنیه وزنی گیاهچه کاهش یافت. بیشترین بنیه وزنی گیاهچه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ درصد رخ‌داده بود که این میزان با افزایش دما و رطوبت کاهش یافت به‌طوری‌که در رطوبت‌های ۱۳ و ۱۷ درصد همه دماها و رطوبت‌های ۵ و ۹ درصد در دماهای ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد صفر شد. فرآیند زوال بذر حتی در صورت نگهداری آن در ایده‌آل‌ترین شرایط غیرقابل‌اجتناب است و درنهایت بذر توانایی جوانه‌زنی را از دست می‌دهد. این فرآیند، در ابتدا کیفیت فیزیولوژیک بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا قوه‌نامیه و عوامل مرتبط با بنیه بذر، از خصوصیات بذرهای زوال یافته به شمار می‌روند (Kapeland and McDonald, 2001). در یک تحقیق که روی بذور کلزا با رطوبت‌های ۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد و دماهای نگهداری ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد برای یک دوره شش ماهه انجام گردید نشان داده شد که با افزایش درجه حرارت و محتوای رطوبت، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص وزنی بنیه روندی کاهش داشتند (عالیوند و همکاران، ۱۳۹۲). احتمالاً علت کاهش این شاخص می‌تواند کاهش سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی تحت شرایط مختلف دمای انبارداری و محتوای رطوبت بذر باشد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص وزنی بنیه گیاهچه با سرعت جوانه‌زنی ($r=۰/۹۹^{**}$) و درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۹۹^{**}$) نشان‌دهنده این موضوع است (جدول ۲). بذرهایی که دارای بنیه قوی‌تر باشند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و ضمن داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی قادرند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

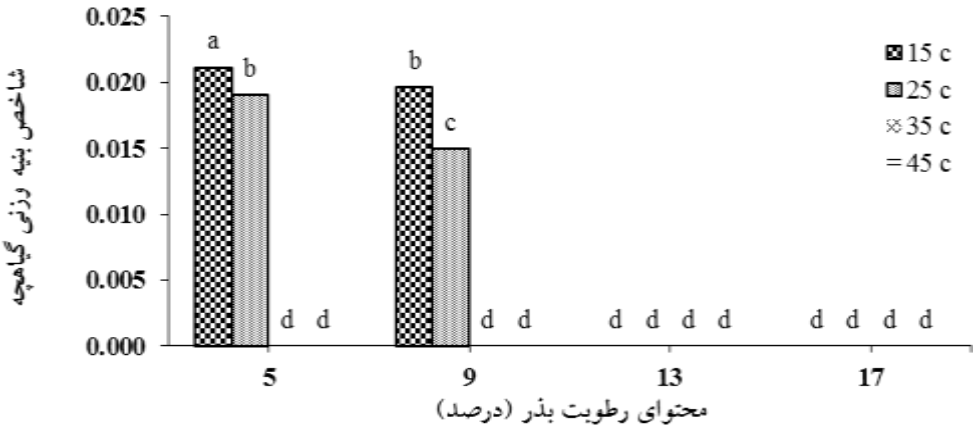


شکل ۲- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر سرعت تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (روز$^{-1}$) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرگ قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول ۲- همبستگی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذر کتان روغنی (توده محلی بزرگ قرمز) تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف

		۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	درصد جوانه‌زنی	۱								
۲	سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۹**	۱							
۳	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱						
٤	هدایت الکتریکی	-۰/۵۰**	-۰/۵۰**	-۰/۵۰**	۱					
٥	فعالیت آنزیم CAT	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	-۰/٦۰**	۱				
٦	فعالیت آنزیم SOD	۰/٦۹**	۰/٦۹**	۰/٦۹**	-۰/۸٦**	۰/۷۸**	۱			
۷	فعالیت آنزیم ASP	۰/۷۳**	۰/۷۳**	۰/۷٤**	-۰/٦۳**	۰/۷۹**	۰/۷۷**	۱		
۸	مقدار پروتئین محلول	۰/٦٦**	۰/٦٥**	۰/٦٥**	-۰/٥۰**	۰/٦۹**	۰/۷٤**	۰/٦۸**	۱	
۹	درصد روغن	۰/۷٤**	۰/۷٥**	۰/۷٤**	-۰/٥۲**	۰/۷۷**	۰/۷۸**	۰/۷٤**	۰/۸٥**	۱

**** معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد**



شکل ۳- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه بذور کتان روغنی (توده محلی بزرگ قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

گیاهچه‌های قویی‌تری تولید کنند. افزایش نشت الکترولیت‌ها به دلیل برهم ریختگی ساختارهای غشای درون سلولی و کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی درون سلولی از دلایل احتمالی چنین واکنشی می‌تواند باشد که همبستگی منفی و معنی‌دار میان شاخص بنیه گیاهچه و نشت الکترولیت بذر ($r= -۰/۵۰^{**}$) می‌تواند توجیه‌کننده چنین واکنشی باشد.

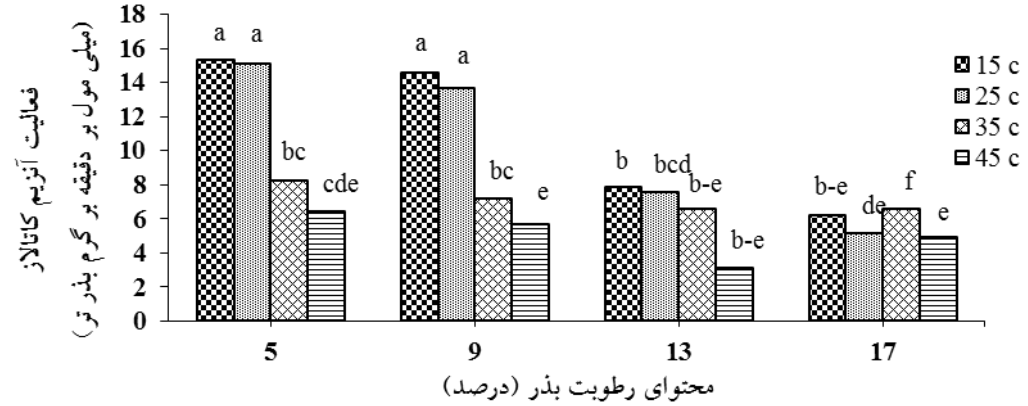
فعالیت آنزیم کاتالاز: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم کاتالاز بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ٤ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در رطوبت ۵ درصد بود که البته با رطوبت ۹ درصد دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد در همه محتوای رطوبت‌ها بود. با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، میزان رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد. تولید و انباشتگی رادیکال‌های آزاد به خسارت به اسیدهای چرب غیراشباع غشاهای سلولی منجر شده، در ادامه رادیکال‌های آزاد دیگری تولید می‌شوند که این رادیکال‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند و درنهایت کلیه این تغییرات به اختلال در عملکرد غشا، افزایش ویسکوزیته غشا، افزایش نفوذپذیری و نشت مواد از بذر طی آبگیری و افزایش هدایت الکتریکی منجر می‌شوند (Roberts,1986). قادری‌فر و همکاران (۱۳۹۳) در بذر کدو تخم کاغذی نشان دادند که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش دما و رطوبت کاهش یافت به‌گونه‌ای که در تیمار ۵ درصد رطوبت و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت این آنزیم ٥٢٤/٢٥ نانو مول بر دقیقه بر گرم بذر بود ولی با افزایش رطوبت و دما (رطوبت ١٤ درصد و دمای ٥٠ درجه سانتی گراد) مقدار آن به ٣٦٥/٢٥ نانو مول بر دقیقه بر گرم بذر کاهش یافت. یافته‌های Seiadat و همکاران (2010) در گیاه ذرت و همچنین انصاری و شریف‌زاده (۱۳۹۱) در چاودار کوهی نشان دادند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در تیمار زوال به علت افزایش رادیکال‌های آزاد کاهش‌یافته است.

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۵ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین فعالیت این آنزیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و محتوای رطوبت ۵ درصد بود و کمترین آن در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد و محتوای رطوبت ۱۷ درصد بود. در تمامی رطوبت‌ها بیشترین فعالیت این آنزیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد رخ داده بود. سوپراکسید دیسموتاز اولین ماده تولید شده از احیا یک ظرفیتی اکسیژن یعنی رادیکال سوپراکسید را از بین می‌برد، بنابراین به سوپراکسید دیسموتاز دفاع اولیه در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن گفته می‌شود. به نظر می‌رسد نقش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز جهت از بین بردن سوپراکسید بسیار مهم است، زیرا غشاء فسفولیپیدی نسبت به رادیکال سوپراکسید نفوذناپذیر است (Alscher *et al*., 2002). Cakmak و همکاران (2010) مشاهده کردند که در بذور یونجه با زوال طولانی مدت، میزان پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز کاهش یافت و آن‌ها علت کاهش قابلیت جوانه‌زنی در بذور زوال دیده یونجه را افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و کاهش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ذکر کردند. مهرآور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در طی زوال در دو رقم سویا (سحر و کتول) به این نتیجه رسیدند که روند فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در طی زوال کاهشی بود و این کاهش در رقم سحر مشهودتر از رقم کتول بود.

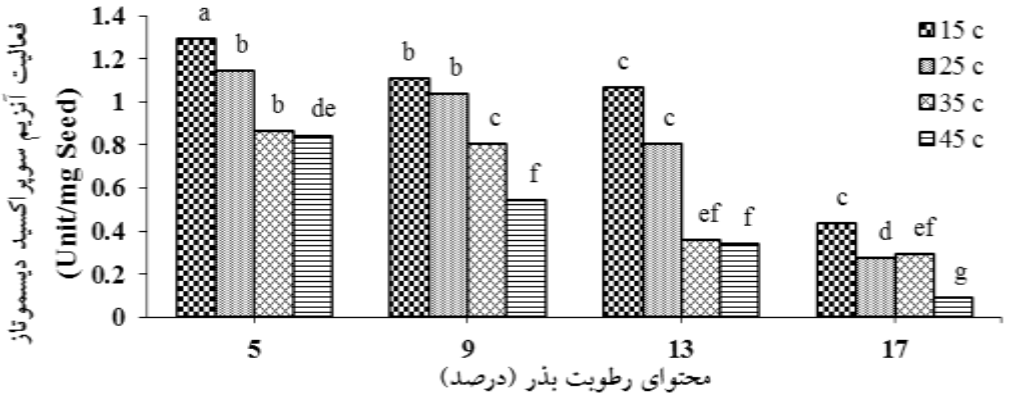
فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ٦ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت آنزیم آسکوربات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

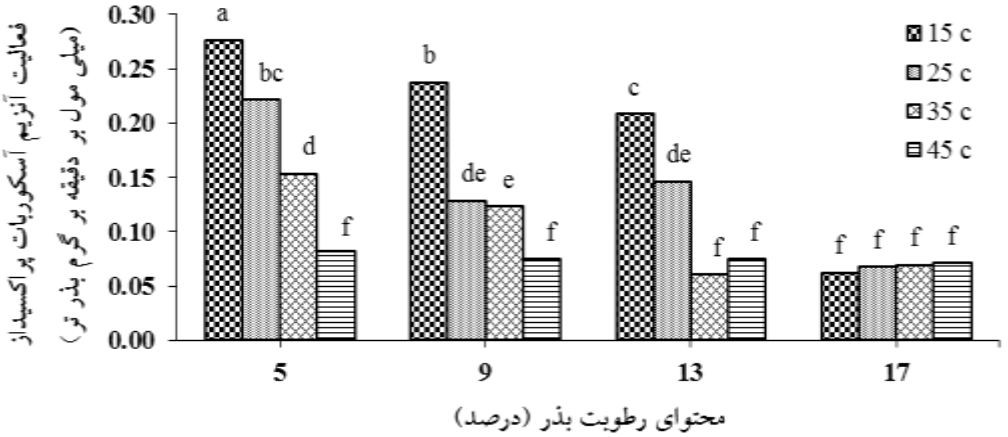
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]



شکل ٤- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی‌مول بر دقیقه بر گرم بذر) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۵- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم بذرتر) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ٦- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (میلی‌مول بر دقیقه بر گرم بذر) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

پراکسیداز کاهش یافت به‌گونه‌ای که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ درصد بود درحالی‌که در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت ۱۷ درصد کمترین میزان فعالیت این آنزیم مشاهده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

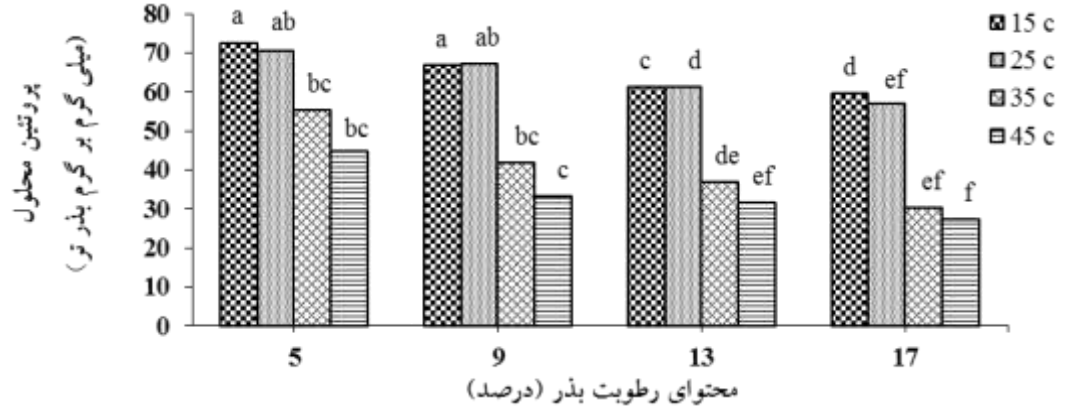
شد. در تمامی سطوح رطوبتی، بیشترین فعالیت این آنزیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین فعالیت آن نیز در دمای ٤٥ پراکسیداز کاهش یافت به‌گونه‌ای که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ درصد بود درجه سانتی‌گراد رخ داده بود. آسکوربات اسید یکی دیگر از آنتی اکسیدان‌های آنزیمی است که در کلروپلاست، سیتوزول، واکوئل و همچنین فضاهای آپوپلاستی سلول‌های برگ در غلظت‌های بالا یافت می‌شود (Cho and Seo, 2005). گزارش شده است که حدود ٤٠-۲۰ درصد از آسکوربات اسید در سلول‌های مزوفیل برگ حضور دارند. این آنزیم به عنوان مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان در گیاهان می‌باشد. آسکوربات اسید پراکسیداز دارای چندین نقش اساسی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند رشد، نمو و متابولیسم است و همچنین به عنوان یک احیاء کننده برای خیلی از رادیکال‌های آزاد و به خصوص پراکسید هیدروژن عمل می‌کند، بنابراین خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو را به کمترین مقدار می‌رساند (Arora *et al*., 2002). مهرآور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در طی زوال در دو رقم سویا (سحر و کتول) به این نتیجه رسیدند که روند فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در طی زوال کاهشی بود و این کاهش در رقم سحر مشهودتر از رقم کتول بود.

پروتئین محلول: نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر مقدار پروتئین محلول بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۷ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، مقدار پروتئین محلول روندی کاهشی از خود نشان داد. بیشترین مقدار پروتئین محلول در رطوبت ۵ درصد دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کمترین مقدار آن در رطوبت ۱۷ درصد دمای ٤٥ درجه سانتی گراد رخ‌داده بود. Kapoor و همکاران (2011) در آزمایشی گزارش کردند که زوال موجب کاهش معنی‌دار برخی از شاخص های جوانه‌زنی برنج می‌شود که دلیل آن را کاهش میزان پروتئین کل در طی زوال بیان کردند. Yao و همکاران (2012) گزارش کردند که در ارقام مختلف نخود در اثر زوال، میزان پروتئین‌های محلول کاهش یافت. در طی زوال، به دلیل میل ترکیبی زیاد اکسیژن‌های فعال و سایر آلدئیدهای تولیدشده با بیومولکول‌های حیاتی نظیر پروتئین‌ها، سبب دناتوره شدن آن ها شده و این امر درنهایت شکستن پروتئین‌ها توسط آنزیم‌های پروتئازی را تشدید می‌کند (Kapoor *et al*., 2010). سنتز پروتئین‌ها در فرآیند جوانه‌زنی، رشد محور جنینی و تولید آنزیم‌های هیدرولیز کننده و سایر سیستم‌های سلولی انتقال‌دهنده مواد اندوخته‌ای بذر نقش مهمی را ایفا می‌نمایند. زوال بذر سبب می‌شود تنفس در بذر به‌تدریج کاهش‌یافته و سبب کاهش سنتز پروتئین شده و درنتیجه با ایجاد اختلال در سازوکارهای مربوط به جوانه‌زنی، باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شود (Bailly, 2004). همچنین کاهش در آمینواسیدهای اولیه به علت حمله ROSها یکی دیگر از دلایل کاهش میزان پروتئین در طی فرآیند زوال می‌باشد (Jacoby *et al*., 2012).

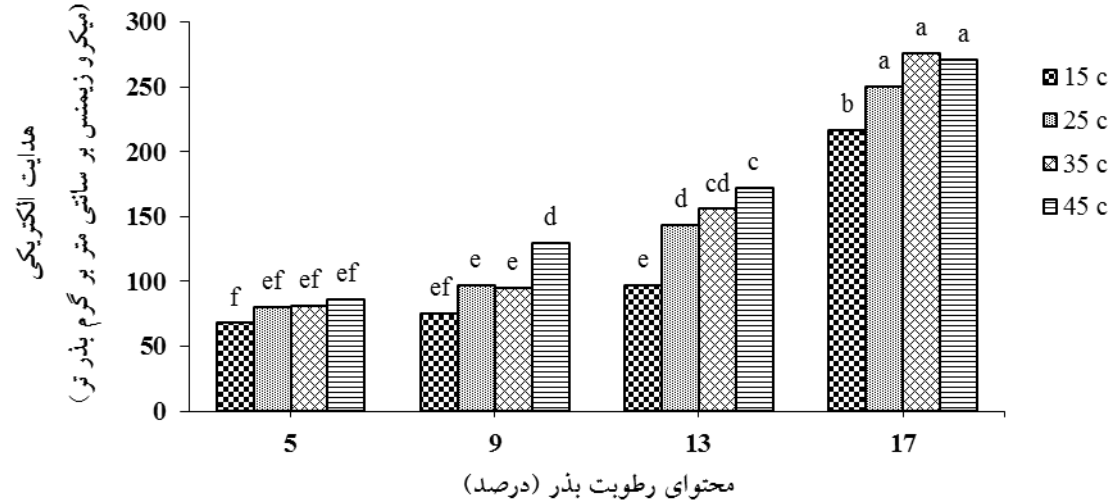
هدایت الکتریکی: اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی بذور می‌تواند یکی از پارامترهای تعیین‌کننده قدرت بذر باشد. درصد و سرعت جوانه‌زنی دارای رابطه معکوسی با هدایت الکتریکی می‌باشند. نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر میزان هدایت الکتریکی بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۸ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، میزان هدایت الکتریکی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان هدایت الکتریکی در رطوبت ۱۷ درصد در دماهای ۲۵، ۳۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کمترین آن در رطوبت ۵ درصد دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. افزایش نشت الکترولیت‌ها از بذر ناشی از برخی تغییرات ساختمانی غشاء سلول است که باعث از بین رفتن یکپارچگی غشاء می‌شود، درنتیجه قابلیت نفوذپذیری غشاء افزایش‌یافته است (Goel *et al*., 2003). ازجمله تغییراتی که در غشاء رخ می‌دهد و باعث نشت الکترولیت‌ها از بذر می‌شود می‌توان به پر اکسیداسیون چربی‌های غشاء سلولی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]



شکل ۷- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر مقدار پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم بذر) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

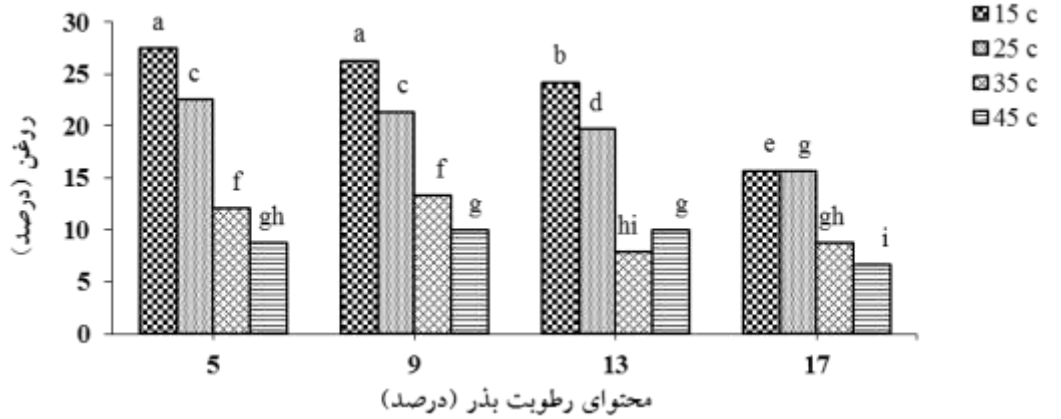


شکل ۸- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر میزان هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر) بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

اشاره کرد (Kapland and McDonald, 2001). از دست رفتن عملکرد غشاء و نشت مواد مختلف از سلول یکی از فاکتورهای اصلی مسئول کاهش پتانسیل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است. زمانی و همکاران (۱۳۸۹) در بذر گلرنگ نشان دادند که با افزایش زوال بذر میزان هدایت الکتریکی بذر گلرنگ افزایش یافت. نامبردگان گزارش کردند که تخریب غشاهای سلول موجب افزایش نشت الکترولیت‌ها از بذر و جنین شده که همبستگی قوی و منفی بین نشت الکترولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نشانگر این مسئله بود. افزایش نشت الکترولیت‌ها با افزایش زوال توسط محققین مختلف گزارش‌شده است (Hussein *et al*., 2011; Mohammadi *et al*., 2011).

درصد روغن: مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد روغن بذرهای کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز) در شکل ۹ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، درصد روغن کاهش یافت که این کاهش در دماها و رطوبت‌های مختلف متفاوت بود. در رطوبت ۵ و ۹ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین درصد روغن مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، این در حالی بود که در رطوبت ۱۷ درصد و دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد، کمترین درصد روغن مشاهده شد. به طور کلی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]



شکل ۹- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد روغن بذور کتان روغنی (توده محلی بزرک قرمز). حروف مختلف بیانگر تفاوت معنی-دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

تمامی تیمارهای رطوبتی، دمای ٤٥ درجه کمترین مقدار از درصد روغن را داشته و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در تمامی سطوح رطوبتی به جز سطح ۱۳ درصد، بیشترین مقدار از درصد روغن را به خود اختصاص داده بود. بطور کلی بذرهای روغنی دارای اسیدهای چرب غیراشباع بسیار مستعد زوال هستند (Goel *et al*., 2003). Maristal و Robelval (2007) نشان دادند که با افزایش مدت زمان زوال در بذرهای روغنی، درصد اسیدهای چرب غیراشباع کاهش و درصد اسید چرب پالمیتیک افزایش می‌یابد. در دوران پیری، زوال چربی و به ویژه پراکسیداسیون چربی‌ها از دست دادن بنیهٔ بذر در هنگام ذخیره‌سازی را توجیه می‌کند (Bailly, 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که زوال بذر سبب کاهش بنیه بذر می‌شود و این موضوع از طریق کاهش درصد و سرعت جوانه زنی خود را نشان داد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به‌عنوان یکی از دلایل فیزیولوژیکی مهم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این پژوهش نشان داد که آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز که آنزیم‌هایی برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد در جوانه‌زنی بذر هستند تحت تأثیر زوال قرار گرفتند و زوال سبب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می-شود. به طور کلی، بهترین شرایط نگهداری بذر کتان دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵-۹ درصد می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی نویسنده با شماره ۱۱۰۳-۸۹/د٩٤ می‌باشد که با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه یاسوج اجرا گردیده است. بدین وسیله از حمایت آن معاونت محترم کمال تشکر را دارد.

منابع

انصاری، ا. و شریف‌زاده، ف. (۱۳۹۱). بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذور پرایم شده چاودار کوهی تحت شرایط کاهش تدریجی رطوبت و پیری تسریع شده. مجله علوم و تکنولوژی بذر، ۲: ٧٦-٦٨.

بلوچی، ح.، باقری، ف.، کایدنظامی، ر.، موحدی دهنوی، م.، و یدوی، ع. (۱۳۹۲). اثر پیری تسریع شده بذر بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه‌های سه رقم کلزا (*Brassica napus*). مجله‌ی پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ٢٦: ٤١١-٣٩٧.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

بلوچی، ح.، کایدنظامی، ر.، و باقری، ف. (۱۳۹٤). تأثیر تنش فرسودگی بذر بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه‌های سه رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله تولیدات گیاهی، ۳۸: ٤۰-۲۷.

زمانی، ا.، سادات نوری، س.ا.، توکل افشاری، ر.، ایران‌نژاد، ح.، علی‌اکبری، غ.، و توکلی، ا. (۱۳۸۹). بررسی پراکسیداسیون چربی‌ها و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در بذر گلرنگ تحت شرایط پیری طبیعی و مصنوعی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ٤۱: ٥٤٥-٥٥٤.

سلطانی، ا. و مداح، و. (۱۳۸۹). برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پرورش در زراعت. انتشارات انجمن علمی بوم شناختی دانشگاه شهید بهشتی، ۸۰ صفحه.

عالیوند، ر.، توکل افشاری، ر.، و شریف‌زاده، ف. (۱۳۹۲). بررسی روند جوانه‌زنی بذر کلزا و پیش بینی زوال طی شرایط متفاوت انبارداری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ٤٤: ۸۳-٦۳.

قادری‌فر، ف.، سلطانی، ا.، و صادقی‌پور، ح.ر. (۱۳۹۳). تغییرات بیوشیمیایی طی زوال بذرهای کدوی تخم کاغذی: پراکسیداسیون لیپید و صدمات غشا. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ٦: ۱۱۲-۹٦.

مهرآور، م.، ساطعی، ا.، حمیدی، ا.، احمدی، م.ر.، و صالحی، م. (۱۳۹۳). بررسی پراکسیداسیون چربی و فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت در بذور دو رقم سویا تحت تأثیر پیری تسریع‌شده. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۳ :۳۰-۱۷.

Aebi, H. (1984) Catalase *in vitro*. Methods in Enzymology 105, 121–126.

Agrawal, R. L. (1995) Seed technology. 2nd Edition. Oxford and IBH Publishing Co, Pvt Ltd, New Delhi. 829 p.

Alscher, R. G., Erturk, N., and Heath, L. S. (2002) Role of superoxide dismutases in controlling oxidative stress in plants. Journal of Experimental Botany 53: 1331–1341.

Arora, A., Sairam, R., and Srivastava, G. (2002) Oxidative stress and antioxidative system in plants. Current Science 82: 1227-1238.

Bailly, C.(2004) Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research 14:93-107.

Basra, S. M., Ahmad, A., Khan, N., Iqbal, M. M., and Cheema, M. A. (2003) Assessment of cotton seed deterioration during accelerate. Seed Science and Technology 31: 531-540.

Beauchamp, C. and Fridovich, I. (1971) Superoxide Dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry 44: 276-287.

Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein dye binding. Annual Review of Biochemistry 72: 248- 25.

Cakmak, T., Atici, O., Agar, G., and Sunar, S. (2010). Natural aging- related biochemical changes in alfalfa seeds stored for 42 years. International Research Journal Plant Science 1(1): 1-6.

Chitra Devi, L., Kant, K., and Dadlani. A. (2003) Effect of size grading and ageing on sinapine leaking, electrical conductivity and germination percentage in the seed of mustard (*Brassica juncea* L.) Seed Science and Technology 31: 505 – 509.

Cho, U. H., and Seo, N. H. (2005) Oxidative stress in (*Arabidopsis thaliana*) exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation. Plant Science 168: 113-120.

Copeland, L. O., and McDonald, M. B. (2001) Seed vigor and vigor tests. In: L.O. Copland and M.B.M cDonald (eds). Principles of seed Science and Technology, 4th. Kluwer Academic Publishing Group.

Ghassemi-Golezani, K., and Hossinzadeh-Mahootchy, A. (2009) Changes in seed vigor of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars during development and maturity. Seed Science and Technology 37: 713-720.

Goel, A., Goel, A. K., and Sheoran, I. S. (2003) Changes in oxidatives stress enzymes during artificial aging in Cotton (*Gossypium hirstum* L.) seed. Plant Physiology 160:1093-1100.

Hampton, J. G. (1995) Methods of viability and vigour testing a critical and appraisal, A.S. Basra (Ed.), Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications, Food Product Press, New York, pp: 81-118.

Hampton, J. G., and TecKrony, D. M. (1995) Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich, 117P.

Hussein, H. J., Shaheed, A. I., and Yasser, O. M. (2011) Effect of accelerated aging conditions on viability of sunflower (*Helianthus annus* L.) Seeds. EupHrates Journal of Agriculture Science 3: 1-9.

International rules for seed testing. (2010) Published by the international seed testing Association.

Jacoby, R. P., Huang, L., Li, S., Lee, C. P., Millar, A. H., and Taylor, N. L. (2012) Mitochondrial composition, function and stress response in plants. Journal International Plant Biologia 54: 887-906.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

Kapoor, N., Aria, A., Siddiqui, M. A., Kumar, H., and Amir, A. (2011) Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa* L.). American Journal of Plant Physiology 6: 28-35.

Kapoor, N., Aria, A., Siddiqui, M. A., Amir, A., and Kumar, H. (2010) Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. Asian Journal of Plant Sciences 9: 158-162.

Kibinza, A., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J. M., and Corbineau, F. (2011) Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. Plant Science 181: 309-315.

Maristal, P., and Robelval, D. (2007) Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to deferent storage conditions. Revista Brasileira de Sementes 29: 97-105.

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H.R., and Zeinali, H. (2011) Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production 5: 65-70.

Nakano, Y., and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology 22: 867-880.

Rastegar, Z., Sedghi, M., and Khomari, S. (2011) Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae 3: 126-129.

Roberts, E. H. (1986) Quantifying seed deterioration. In: Physiology of Seed Deterioration (Eds. McDonald, M.B. and Nelson, C. J.) Pp.101-123. Cambridge University Press, Cambridge.

Schwember, A.R., and Bradford, K.J. (2010) Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. Journal of Experimental Botany 61:4423-4436.

Seiadat, S.A., Moosavi, A., and Sharafizadeh, M. (2012) Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. Research Journal of Seed Science 5(2): 51-62.

Sharma, S., Gambhir, S., and Munshi, S.K. (2007) Changes in lipid and carbohydrate composition of germinating soybean seeds under different storage conditions. Asian Journal of Plant Science 6:502-507.

Yao, Z., Liu, L., Gao, F., and Rampitschi, C. (2012) Development and seed aging mediated regulation of antioxidative genes and differential expression of proteins during pre and post-germinative phases in pea. Journal Plant Physiology 169: 1477-1488.

Zhan, J., Li, W., He, H. Y., Li, C. Z., and He, L.F. (2014) Mitochondrial alterations during Alinduced PCD in peanut root tips. Plant Physiology and Biochemistry 75: 105-113.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]

Effect of seed deterioration on germination and antioxidant enzymes activity of oil flax (*Linum usitatissimum* L.) Red Bazrak genotype

Hamidreza Balouchi* and, Rasool Ostadian Bidgoly

Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultuer Yasouj University,
(Received: 24/04/2016, Accepted: 06/12/2016)

Abstract

In order to investigate the effect of deterioration on germination indices and enzymes activity of flax oil seed (*Linum usitatissimum* L.) Red Bazrak genotype, a factorial experiment was conducted base on completely randomized design with four replications in laboratory of seed technology at Yasouj University, in 2015. The factors included the temperature at 4 levels (15, 25, 35 and 45^{o}C) and moisture content in 4 levels (5, 9, 13 and 17%). After the seed moisture content achieved to 5, 9, 13 and 17 percent then they were kept for 6 months in storage conditions at 15, 25, 35 and 45^{o}C. The results showed that with increasing temperature and moisture content, all the physiological and biochemical traits except electrical conductivity decreased. The decrease in germination was also associated with a decrease in antioxidant enzymes activity like catalase, superoxide dismutase and ascorbate peroxidase which decreased the antioxidant system performance to seed protection against reactive oxygen species. With the increase in reactive oxygen species, lipids peroxidation increased, probably due to the destruction of cell membranes, increased seed electrical conductivity that indicated negative correlation between the electrical conductivity and the activity of antioxidant enzymes. In general, the best flax seed storage condition is 15°C and 5- 9 percent moisture content.

Key words: Seed vigor, Seed aging, Seed oil, Catalase, Electrical conductivity

*Corresponding author: balouchi@yu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.27.0]