

تأثیر زوال بذر بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذر کتان روغنی

(*Linum usitatissimum* L.) رقم نورمن

حمیدرضا بلوچی^{۱*} و رسول استادیان بیدگلی^۲

۱- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران (balouchi@yu.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶

چکیده

زوال یک پدیده طبیعی است که در همه بذرها رخ می‌دهد و منجر به کاهش تدریجی توان زیستی بذر در طی انبارداری می‌گردد. سرعت زوال به وضعیت فیزیولوژیکی و ساختار ژنتیکی بذرها و شرایط انبارداری بستگی دارد. به منظور بررسی اثر زوال بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در کتان روغنی (رقم نورمن)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه بذر دانشگاه یاسوج انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل نگهداری بذور در بسته‌های آلومینیومی در بسته به مدت ۶ ماه در ۴ سطح دمایی ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد بود. 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 و باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها، تخریب غشاهای سلولی و نشت الکتروولیت‌ها از بذر شده است که همبستگی قوی و منفی بین نشت الکتروولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشانگر این مسئله است. هم‌چنین بذور کتان با محتوای روغن و پروتئین محلول بالا درصد جوانه‌زنی بیشتری داشتند اما زوال پذیری بیشتری نیز نشان دادند و باید به شرایط محیط انبارداری آن‌ها بسیار دقت نمود. به‌طور کلی، نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر این است که بهترین شرایط نگهداری بذر کتان دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ درصد می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آنتی‌اکسیدانت، جوانه‌زنی، زوال، هدایت الکتریکی.

مقدمه

گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مانند پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال سوپراکسید (O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) باعث پراکسیداسیون چربی‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشاهای سلولی می‌شود (Kibinza et al., 2006). تجمع بیش از حد ROS سبب خسارت اکسیداتیو به ترکیبات سلولی شامل غشاهای لیپیدی، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها، پروتئین‌های ناقل و پذیرنده‌ها و کانال‌های یونی و غیره می‌شود (Bailey, 2004).

در طی انبارداری با گذشت زمان به تدریج قوه حیات و توان جوانه‌زنی بذرها کاهش می‌یابد (Verma et al., 2003). زوال بذر در طی انبارداری باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و درنهایت عملکرد گیاه در مزرعه خواهد شد. مهم‌ترین عوامل زوال بذر طی انبارداری، دما و رطوبت نسبی هستند (Sharma et al., 2007). تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند زوال رخ می‌دهد که تجمع

معنی داری داشت. در کل با افزایش دما و زمان زوال بذر میزان صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهیچه از جمله طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و ضریب آلومتری ارقام کلزا کاهش یافت. Barsa *et al.* (2003) نشان دادند که درصد سبز شدن بذره‌های پنبه با افزایش دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند، به طوری که درصد سبز شدن از ۸۷ درصد در بذره‌های شاهد به صفر درصد در بذره‌هایی 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 قوه‌نامه نیز کاهش را نشان داد.

کتان با نام علمی (*Linum usitatissimum L.*) گیاهی از خانواده Linaceae 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 (Khajehpour, 2004). بنابراین، هدف از پژوهش حاضر درک اساسی از سازوکارهای زوال بذر کتان روغنی (رقم نورمن) در دامنه دمایی و رطوبتی مختلف و ارتباط آن با فرآیند جوانه‌زنی 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 ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام خواهد شد. رقم کتان روغنی مورد آزمایش نورمن بود. با توجه به رطوبت اولیه ۷ درصدی بذور و این که زوال در دما و رطوبت بالا در بذر اتفاق می‌افتد، فاکتورهای آزمایش شامل ۴ سطح دما (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) و ۴ سطح رطوبت (۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد) در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری رطوبت اولیه بذر، ۴ تکرار ۵ گرمی بذر، به دقت وزن و به مدت ۱۷ ساعت در آن ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس دوباره

سیستم آنتی‌اکسیدانتی شامل آنزیم‌ها و متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانتی باعث حذف گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شامل کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسیداز دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز باعث حذف و غیرفعال شدن گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند (Gupta, 2011).

کاتالاز یکی از آنزیم‌هایی است که در تمام سلول‌های زنده وجود دارد و پراکسید هیدروژن سریع به آب و گاز و اکسیژن می‌شکند. 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). هم‌چنین گزارش شده است که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نقش مهمی در کنترل پراکسیداسیون هیدروژن درونی گیاه، از طریق چرخه‌ی اکسیدوردو کتاز در گلو‌تاتیون و آسکوربات دارند (Yao *et al.*, 2012). Zhan *et al.* (2014) در پژوهشی بیان کردند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی از جمله سوپر اکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز به طور قابل توجهی در بذر سویا با محتویات رطوبت بذر ۱۲/۶ درصد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره‌ی ۱۸ تا ۴۱ روز کاهش یافت. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند که فعالیت آنزیم آسکوربات و گلو‌تاتیون نیز با افزایش زوال کاهش یافته، بنابراین زوال باعث کاهش فعالیت چرخه آسکوربات- گلو‌تاتیون می‌شود.

Alivand *et al.* (2013) با بررسی اثر ۴ سطح دمایی و ۵ سطح رطوبتی بر روی بذر کلزا بعد از ۶ ماه نگهداری گزارش کردند که کمترین سطح زوال در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با محتوی رطوبت ۵ درصد بود جوانه‌زنی از ۹۸ به ۹۳ درصد کاهش یافت. Balouchi *et al.* (2014؛ 2015) نشان دادند که تنش پیری بذر و برهم کنش 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

یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا جوانه زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد)، D_{50} (یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا جوانه زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) و D_{90} (یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا جوانه زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد) را محاسبه کرد. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون یابی منحنی افزایش جوانه زنی در مقابل زمان محاسبه می کند (Soltani and Maddah, 2010).

سرعت تا ۵۰ درصد جوانه زنی نیز از طریق معادله زیر محاسبه شد:

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

در این رابطه، T_{50} و R_{50} به ترتیب معادل زمان و سرعت تا ۵۰ درصد جوانه زنی است (Soltani and Maddah, 2010). شاخص بینه بذری نیز از حاصل ضرب درصد جوانه زنی نهایی در وزن خشک گیاهچه محاسبه شد (Agrawal, 1995).

برای اندازه گیری هدایت الکتریکی، ۴ نمونه ۵۰ تایی بذری به دقت وزن و در ظروف پلاستیکی یک بار مصرف حاوی ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده می شود، سپس میزان EC بر حسب دسی زیمنس بر سانتی متر مربع به وسیله دستگاه هدایت الکتریکی اندازه گیری شد (Hampton and TecKrony, 1995).

برای اندازه گیری درصد روغن از دستگاه سوکسله استفاده شد به گونه ای که ابتدا ۵ گرم نمونه بذری وزن شده و سپس آسیاب شد. پس از آن نمونه آسیاب شده را داخل کاغذ صافی پیچانده و در کارتوش دستگاه سوکسله (مدل TT625A ساخت کمپانی GERHARDT آلمان) قرار داده شد. برای هر نمونه با توجه به حجم بالون، حدود ۳۰۰ میلی لیتر حلال پترولیوم بنزن را در بالون ریخته و دستگاه را در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم کرده و به مدت ۴ ساعت روشن کرده تا تمام روغن نمونه استخراج شود. پس از طی این مدت نمونه را از دستگاه خارج کرده و به مدت ۱ ساعت اجازه

وزن شدند و میزان رطوبت بذری بر پایه وزن تر بر حسب درصد بر اساس میانگین ۴ نمونه محاسبه گردید (ISTA, 2010):

$100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد رطوبت}$
برای ایجاد رطوبت ۵ درصد بذری در خشک کن با رطوبت هوای ۱۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به رطوبت مورد نظر قرار گرفتند و برای ایجاد سایر تیمارهای رطوبتی از رابطه زیر استفاده شد:

$$W_2 = W_1 \frac{(A-B)}{(100-A)}$$

که B درصد رطوبت اولیه بذری، A درصد رطوبت مورد نظر، W_1 وزن اولیه توده بذری (g) و W_2 وزن آب مقطر (g) می باشد (Hampton and TecKrony, 1995). پس از تعیین رطوبت، ۴۰۰ عدد بذری برای هر تیمار درون پاکت های فویل آلومینیم قرار گرفتند و سپس مقدار آب مورد نیاز به آن اضافه و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون بسته بندی شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا رطوبت بذرها یکسان گردد. سپس به مدت ۶ ماه در شرایط انبارداری در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد نگهداری می شوند. برای اطمینان از ایجاد رطوبت مورد نظر از هر تیمار ۳ نمونه انتخاب و با معادله درصد رطوبت تعیین رطوبت گردید. بعد از اتمام مدت انبارداری کلیه صفات بر روی بذری اندازه گیری شد. آزمون جوانه زنی استاندارد در ظرف پتری دیش و بر روی کاغذ در دمای متناوب ۳۰-۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ISTA (2010) انجام شد. شمارش بذری جوانه زده به صورت روزانه انجام شد و به هنگام شمارش بذری جوانه زده تلقی شد که طول ریشه چه آن ها ۲ میلی متر یا بیشتر باشد. در پایان آخرین شمارش، از هر پتری دیش ۵ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب و طول گیاهچه و وزن خشک آن ها اندازه گیری شد.

برای محاسبه درصد و سرعت جوانه زنی بذری از برنامه Germin استفاده شد. که در این برنامه D_{10}

آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. در صورت معنی دار شدن اثرات متقابل برش دهی انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه زنی

نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد جوانه زنی بذره‌های کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۱) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، درصد جوانه زنی کاهش یافت. بیشترین درصد جوانه زنی در رطوبت ۵ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و ۲۵ درجه سانتی گراد رخ داده بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با هم نداشتند. در رطوبت ۹ درصد و دمای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۱۳ و ۱۷ درصد در همه دماها، جوانه زنی رخ نداد و درصد جوانه زنی صفر شد. کاهش درصد جوانه زنی در طی زوال بذر به این دلیل است که زوال بذر منجر به افزایش فعالیت آنزیمی، تنفس و نفوذپذیری غشاهای سلولی می شود که کاهش قوه نامیه و عملکرد را به دنبال دارد (Hampton, 1995).

Seiadat *et al.* (2012) در تحقیقی روی بذور ذرت نتیجه گرفتند که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، درصد جوانه زنی به طور معنی داری کاهش می یابد. Ghaderi-Far *et al.* (2014) در بذر کدو تخمه کاغذی نشان دادند که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر درصد جوانه زنی کاهش یافت.

سرعت ۵۰ درصد جوانه زنی

نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر سرعت جوانه زنی بذره‌های کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۲) نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، سرعت ۵۰ درصد جوانه زنی کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و محتوای رطوبت ۵ درصد بود که در این سطح از

داده شد تا خشک شوند و سپس نمونه توزین شدند (Oomah *et al.*, 1995).

میزان پروتئین محلول بذر به روش Bradford (1976) اندازه گیری شد و در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه طیف سنج قرائت شد و غلظت پروتئین برحسب میکروگرم بر گرم بذر تر بیان شدند. برای تهیه عصاره پروتئین محلول از روش Kar and Mishra (1976) استفاده شد. در این روش مقدار ۰/۱ گرم از بذر انبار شده را در هاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۱/۵ میلی لیتر از بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ هموژن شد و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد. فاز بالایی عصاره (سوپرناتانت) به دست آمده برای اندازه گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز و هم چنین مقدار پروتئین محلول مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از عصاره آنزیمی بذر که برای اندازه گیری پروتئین محلول استخراج شده، استفاده گردید و با روش Beauchamp and Fridovich (1971) انجام شد و فعالیت آنزیمها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و برحسب واحد بر میلی مول بر دقیقه بر گرم بذر تر بیان شد. برای اندازه گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از عصاره آنزیمی بذر که برای اندازه گیری پروتئین محلول استخراج شده، استفاده گردید و با روش Nakano and Asada (1981) انجام شد و فعالیت آنزیمها در طول موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و برحسب میلی مول بر دقیقه بر گرم بذر تر بیان گردید. برای تهیه عصاره آنزیم برای اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، از روش Aebi *et al.* (1984) استفاده گردید و فعالیت آنزیمها در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و برحسب میلی مول بر دقیقه بر گرم بذر تر بیان شد.

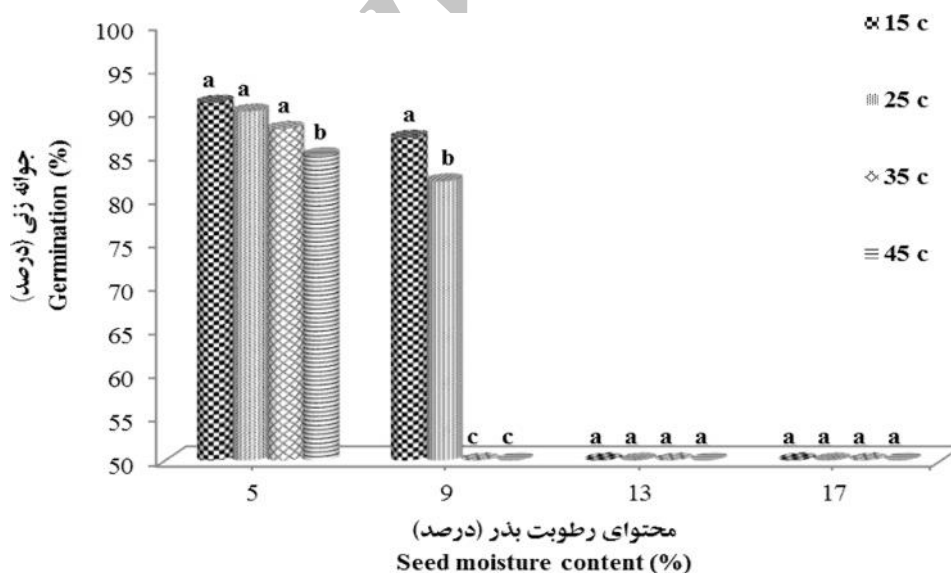
محاسبات آماری

محاسبات آماری و تحلیل داده های حاصل از این

متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۳) نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی در سطوح رطوبتی ۵ و ۹ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود که در این سطح از رطوبت با افزایش دما متوسط زمان جوانه‌زنی روندی افزایشی به خود گرفت. در محتوای رطوبتی ۹ درصد، در دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه و همین‌طور در رطوبت‌های ۱۳ و ۱۷ درصد در همه تیمارهای دمایی جوانه‌زنی مشاهده نشد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر، سرعت و درصد جوانه‌زنی ($T=0/99^{**}$) مشاهده شد که نشان می‌دهد بذری که متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری داشته باشد دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری نیز می‌باشد.

رطوبت با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی روندی کاهشی به خود گرفت. در محتوای رطوبتی ۹ درصد، در دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید. همین‌طور در رطوبت‌های ۱۳ و ۱۷ درصد در همه تیمارهای دمایی نیز سرعت جوانه‌زنی صفر شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی ($T=0/99^{**}$) 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. (Ghassemi-Golezani *et al.* 2009) در تحقیقی بر روی بذر باقلا گزارش کردند که زوال بذر، سرعت جوانه‌زنی بذر 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 *et al.* 2011) در تحقیقی بر روی بذر سویا اظهار داشتند که با افزایش دما و رطوبت، سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

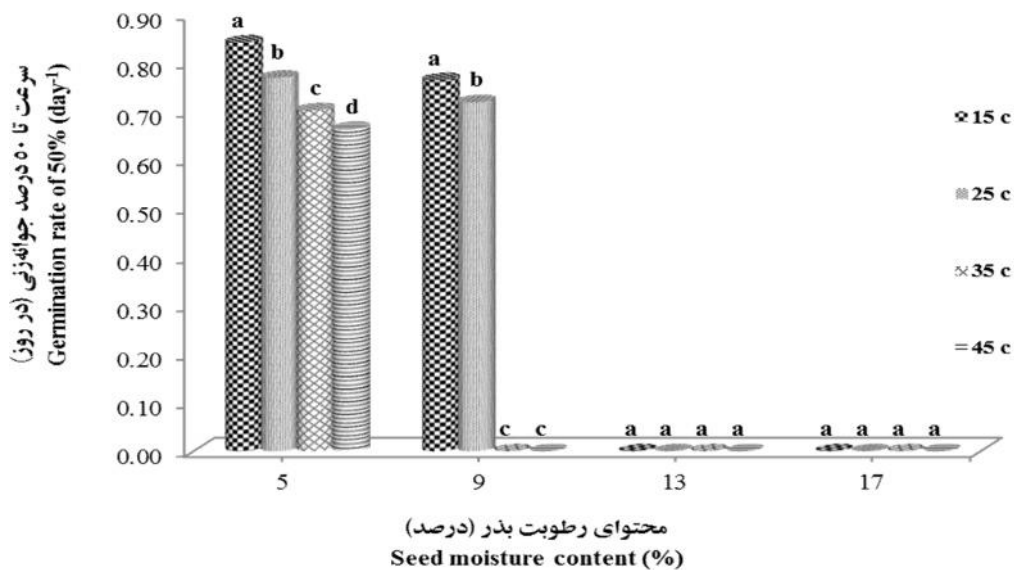


شکل ۱- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد جوانه‌زنی بذر کتان روغنی (رقم نورمن)

حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد

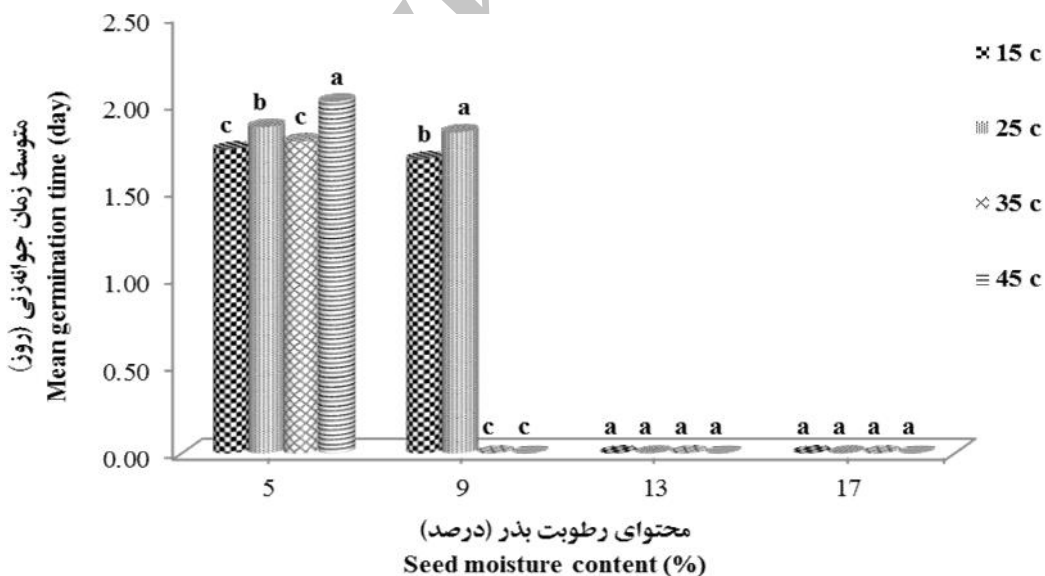
Figure 1. Effect of temperature and seed moisture content on seed germination percentage of oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۲- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (در روز) بذور کتان روغنی (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد
Figure 2. Effect of temperature and seed moisture content on seed germination rate to 50% (day⁻¹) of oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۳- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذور کتان روغنی (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد
Figure 3. Effect of temperature and seed moisture content on mean germination time of oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test

شاخص وزنی بینه گیاهچه

با زوال بذر قدرت بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی یا قابلیت حیات بذر نیز کاهش نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر شاخص وزنی بینه گیاهچه بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۴) نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، شاخص وزنی بینه گیاهچه کاهش یافت که این کاهش در دماها و رطوبت‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین شاخص وزنی بینه گیاهچه در رطوبت ۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود این در حالی بود که در رطوبت ۹ درصد دمای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۳ و ۱۷ درصد در همه دماها، شاخص بینه وزنی گیاهچه به صفر رسید. 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 بینه گیاهچه با سرعت جوانه‌زنی ($r=0.99^{**}$) و درصد جوانه‌زنی ($r=0.99^{**}$) نشان‌دهنده این موضوع است. (Balouchi et al., 2014)؛ در هر زمان با افزایش دمای زوال، مقدار بینه بذر ارقام کلزا و گلرنگ به صورت معنی‌داری کاهش یافت. هم‌چنین، با افزایش زمان در هر دما نیز کاهش معنی‌داری در بینه بذر مشاهده گردید؛ به طوری که کمترین مقدار بینه بذر در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۴۴ ساعت به دست آمد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم کاتالاز بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۵) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در رطوبت ۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. همان‌طور که مشاهده می‌شود کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز

در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در همه رطوبت‌ها بود. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باعث افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (Alscher et al., 2002). در شرایط معمول برای جلوگیری از آسیب رادیکال‌های آزاد، سیستم دفاعی پاد اکسایشی در گیاهان وجود دارد. این سیستم‌ها شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نظیر کاتالاز، ترکیبات پاد اکسایشی نظیر آسکوربات و گلو تاتیون هستند. در شرایط تنش اکسیداتیو موازنه بین تولید رادیکال‌های آزاد و این سیستم‌های دفاعی مختل می‌شود، در نتیجه میزان رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد (Alscher et al., 2002). Kibinza (2006) گزارش کردند که در بذرهای آفتابگردان، زوال طی انبارداری به کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز منجر شد. Xia et al. (2015) در تحقیقی با نگهداری بذور جو دوسر در محتوای رطوبت بذر ۴، ۱۰ و ۱۶ درصد و محتوای رطوبت نسبی ۱۰، ۵۳ و ۸۰ درصد برای صفر، ۱۶، ۲۴، ۳۲ و ۴۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بیان کردند که با افزایش محتوای رطوبت بذر و زمان نگهداری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز کاهش یافت.

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

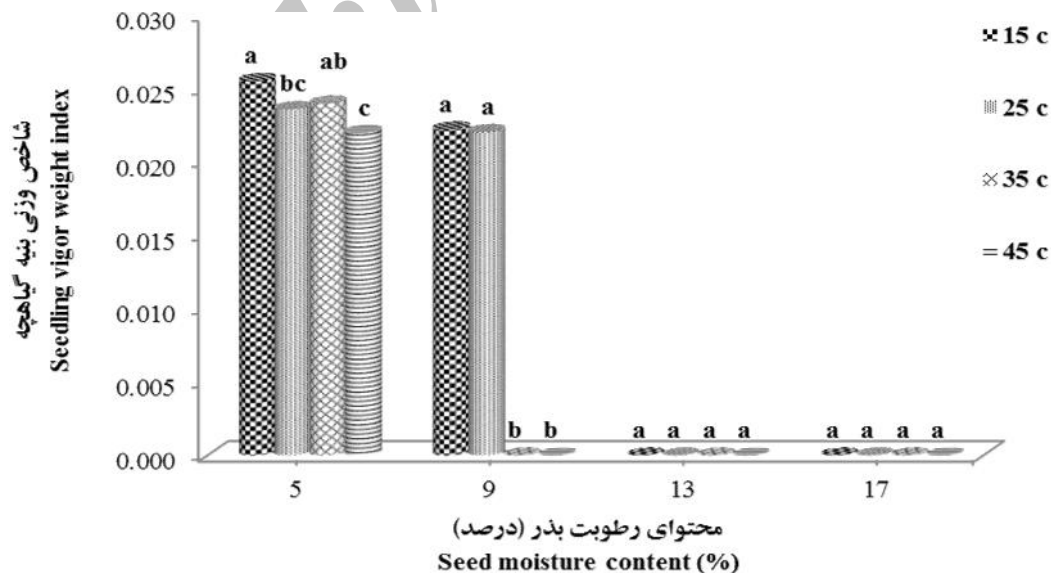
نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۶) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت این آنزیم کاهش می‌یابد. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در رطوبت‌های ۵ و ۱۳ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد رخ داده بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند در حالی که کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز در محتوای رطوبتی ۱۷ درصد در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد رخ داده بود. در تمامی تیمارهای رطوبتی بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد رخ داده بود. (Ansari et al., 2013) و Demir Kaya et al. (2010) گزارش کردند که با افزایش در زوال بذر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی کاهش می‌یابد. در طی

نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز کاهش یافت. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در محتوای رطوبت ۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی گراد بود و کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز در محتوای رطوبت ۱۷ درصد و دمای ۴۵ درجه سانتی گراد رخ داده بود. در تمامی تیمارهای رطوبتی، در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد بیشترین فعالیت این آنزیم و در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد کمترین فعالیت این آنزیم مشاهده شد. نتایج دیگر محققان نیز نشان داد که با افزایش در دوره زوال فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز کاهش یافت. لذا چنین نتیجه گیری شد که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در مرحله جوانه‌زنی بذر بعد از زوال اثرگذار بوده و بذره‌ای با فعالیت آنزیمی بالاتر دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری بودند. هم‌چنین می‌توان تغییرات در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی خصوصاً کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را مهم‌ترین رخداد در بذره‌ای زوال یافته دانست (Mehravari *et al.*, 2015؛ Ansari *et al.*, 2013).

زوال بذر گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد و این امر سبب تخریب در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی شده و در نتیجه فعالیت این آنزیم‌ها کاهش می‌یابد. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در طی زوال به دلایل متعددی مانند آسیب رسیدن به سنتز RNA و هم‌چنین حمله گونه‌های فعال اکسیژن به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی است که در شرایط زوال افزایش یافته و موجب تخریب آنزیم‌ها می‌شود، می‌باشد (Bailey, 2004). Cakmak *et al.* (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.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

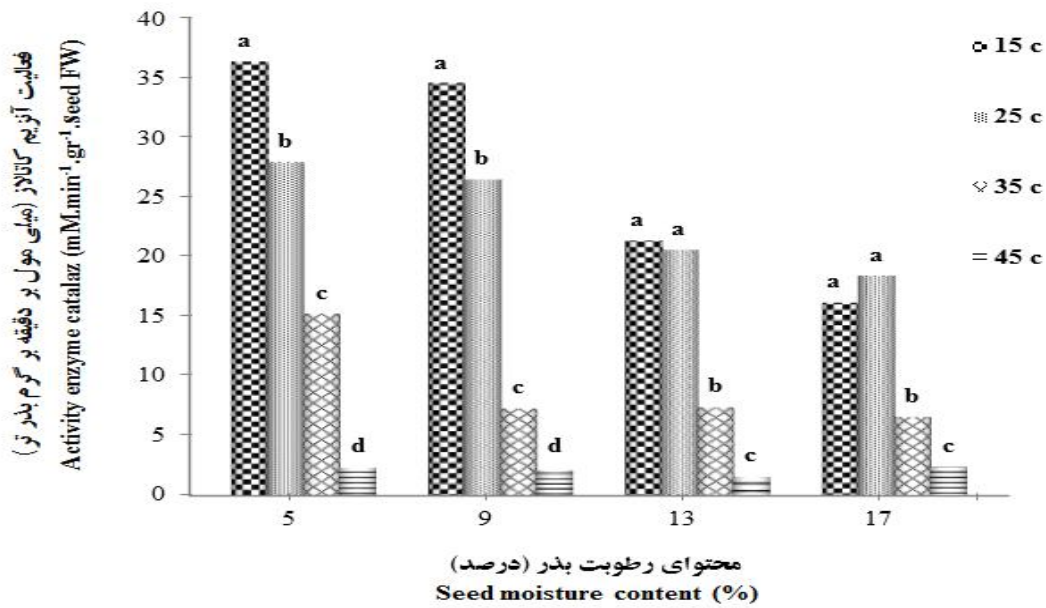
نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بذره‌های کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۴- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه بذور کتان روغنی (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد

Figure 4. Effect of temperature and seed moisture content on Seedling vigor weight index of oil flax (Norman var.)

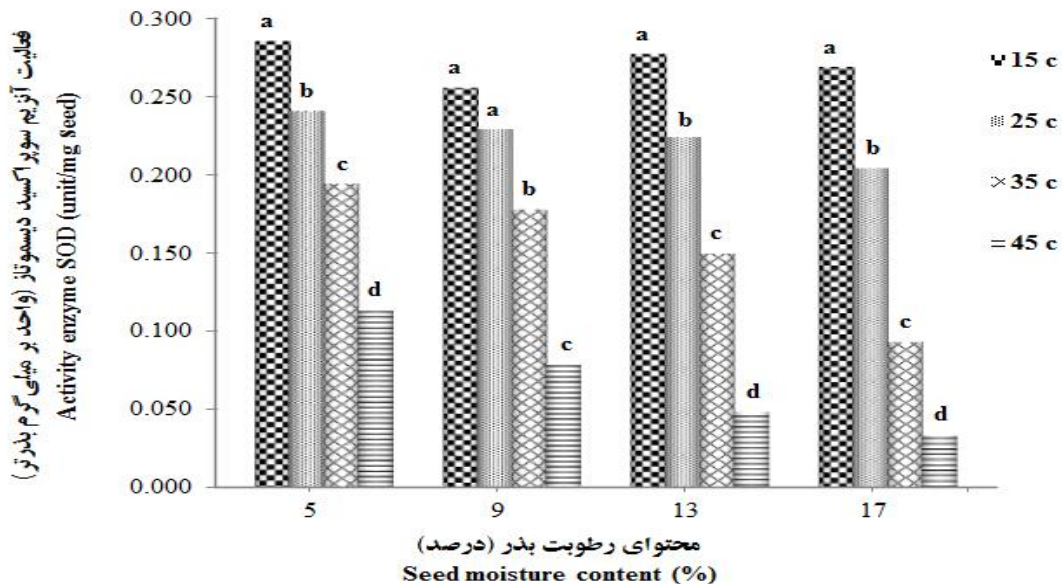
Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۵- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی مول بر دقیقه بر گرم بذر تر) (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 5. Effect of temperature and seed moisture content on activity enzyme catalaz (mM.min⁻¹.gr⁻¹. seed FW) of oil flax (Norman var.)

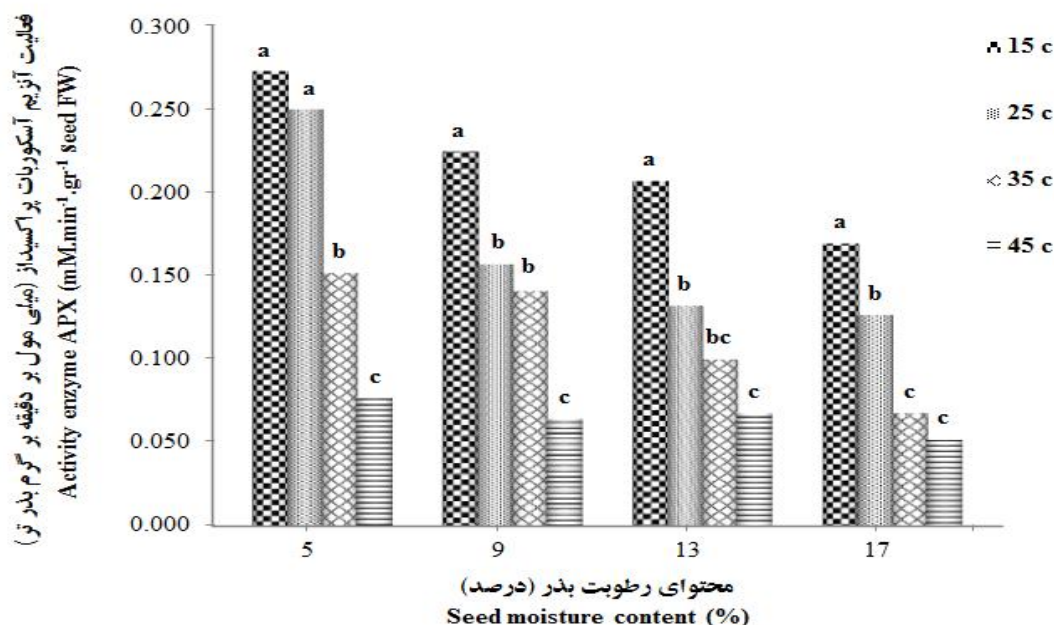
Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۶- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی گرم بذر تر) (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 6. Effect of temperature and seed moisture content on activity enzyme SOD (unit/mg seed) of oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۷- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (میلی مول بر دقیقه بر گرم بذر تر) (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 7. Effect of temperature and seed moisture content on activity enzyme APX (mM.min⁻¹.gr⁻¹seed FW) of oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test

بر روی بذور نخود نشان دادند که با کاهش میزان پروتئین محلول طی زوال، درصد جوانه زنی، طول گیاهچه و بیه بذر نیز کاهش یافت. نتایج دیگر تحقیقات نشان داد که با افزایش در زوال بذر پروتئین کل کاهش یافت (Demir kaya *et al.*, 2010).

نشت الکترولیت ها

اندازه گیری میزان هدایت الکتریکی بذور می تواند یکی از پارامترهای تعیین کننده قدرت بذر باشد. نتایج مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر میزان هدایت الکتریکی بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۹) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، میزان نشت مواد روندی افزایشی داشت. این افزایش در دماها و رطوبت های مختلف متفاوت بود؛ در محتوای رطوبتی ۵ درصد میزان نشت مواد از بذر نسبت به بقیه سطوح رطوبتی در کمترین میزان خود بود. در این سطح رطوبتی

مقدار پروتئین محلول

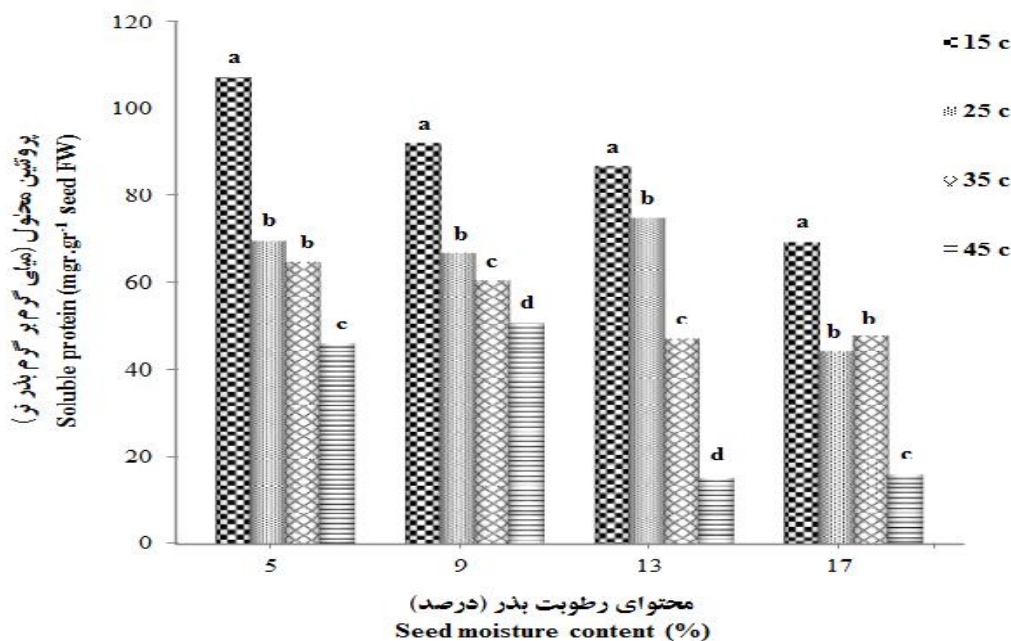
مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر مقدار پروتئین محلول بذرهای کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۸) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، مقدار پروتئین محلول به علت غیر طبیعی شدن و تجزیه ساختار و یا کاهش میزان هورمون جیبرلین آزاد شده در جنین که محرک تولید آنزیم های هیدرولیز کننده در بذر هستند، کاهش یافت. در رطوبت ۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، بیشترین مقدار پروتئین محلول (۱۰۷/۵ میلی گرم بر گرم بذر) مشاهده شد این در حالی بود که در رطوبت ۱۷ درصد و دمای ۴۵ درجه سانتی گراد، کمترین مقدار پروتئین محلول (۱۶/۲ میلی گرم بر گرم بذر) مشاهده شده بود. به طور کلی در تمامی تیمارهای رطوبتی، دمای ۱۵ درجه سانتی گراد بیشترین و دمای ۴۵ درجه سانتی گراد کمترین مقدار پروتئین را داشت. (Kapoor *et al.* 2010)

سلولی به هم خورده و غشاها سلامت خود را از دست می دهند و در نتیجه میزان نشت الکترولیت ها از سلول افزایش می یابد. مدت زمان لازم برای جوانه زنی افزایش می یابد و به دنبال آن سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی کاهش می یابد (Goel and Sheoran, 2003).

درصد روغن

مقایسه میانگین اثر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد روغن بذرها ی کتان روغنی (رقم نورمن) در شکل (۱۰) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و محتوای رطوبت بذر، درصد روغن کاهش یافت که این کاهش در دماها و رطوبت های مختلف متفاوت بود. در رطوبت ۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، بیشترین درصد روغن (۱۷/۵ درصد) مشاهده شد، این در حالی بود که در رطوبت ۱۷ درصد و دمای ۴۵ درجه سانتی گراد، کمترین درصد روغن (۱/۷ درصد) مشاهده شد.

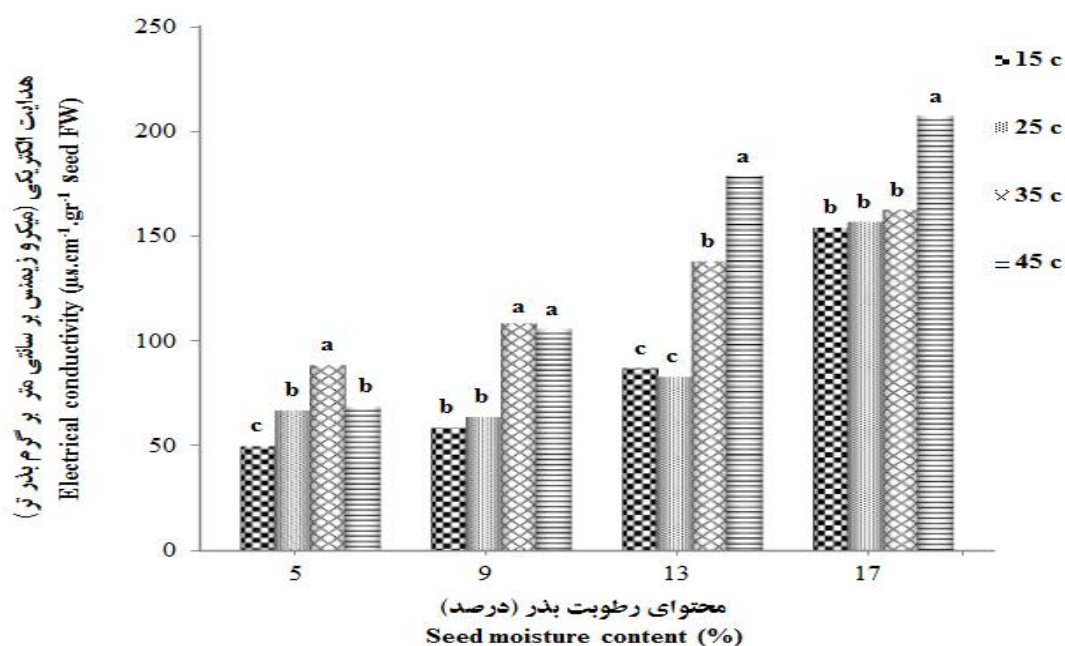
در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد بیشترین میزان نشت نسبت به سایر دماهای این سطح مشاهده شد. این در حالی بود که در محتوای رطوبتی ۱۷ درصد و در همه دماهای این سطح، بیشترین میزان نشت مواد مشاهده شد. با افزایش طول عمر و زوال بذر نشت مواد از غشاء بیشتر شده و این افزایش و نشت مواد سبب افزایش در میزان نشت الکترولیت های اندازه گیری شده می شود که به دلیل خسارت به دیواره و غشاء لیپیدی بذر بوده و این عوامل از دلایل اصلی در کاهش کیفیت بذر در شرایط انبارداری می باشد (Mohammadi *et al.*, 2011). در طی فرآیند جوانه زنی درحالی که محتوای رطوبتی بذر افزایش می یابد گونه های فعال اکسیژن بر اثر فعالیت تنفسی در میتوکندری یا فعالیت گلی اکسی زوم ها تولید می شوند. افزایش تولید و آزاد شدن گونه های فعال اکسیژن موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و پروتئین های غشاء شده و به دنبال آن ساختار غشایی



شکل ۸- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر مقدار پروتئین محلول (میلی گرم بر گرم بذر تر) بذور کتان روغنی (رقم نورمن) حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 8. Effect temperature and seed moisture content on soluble protein (mgr.gr⁻¹ seed FW) oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test

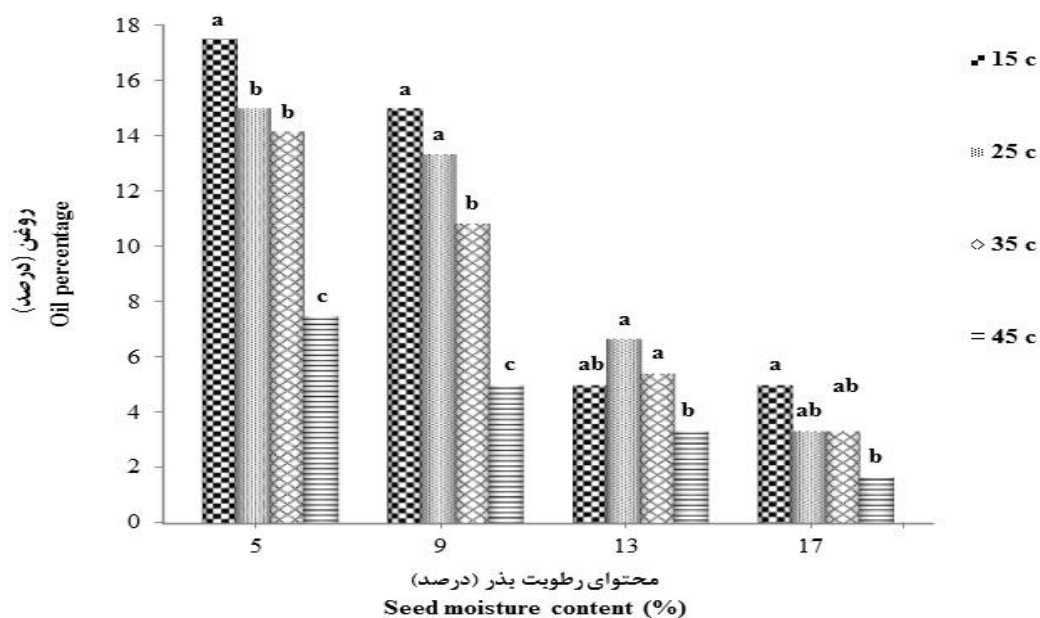


شکل ۹- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر میزان هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم بذر تر) بذور کتان روغنی (رقم نورمن)

حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 9. Effect temperature and seed moisture content on electrical conductivity ($\mu\text{s.cm}^{-1}.\text{gr}^{-1}$ seed FW) oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test



شکل ۱۰- تأثیر دما و محتوای رطوبت بذر بر درصد روغن بذور کتان روغنی (رقم نورمن)

حروف مختلف در هر سطح از محتوای رطوبت بذر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد

Figure 10. Effect temperature and seed moisture content on oil percentage oil flax (Norman var.)

Followed by similar letter(s), in each seed moisture content, are not significantly different at 5% probability level, by using of LSD test

این آنزیم‌ها می‌شود. در ضمن با توجه به همبستگی بین صفات می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بذوری که محتوای روغن بالاتری دارند در شرایط دما و رطوبت بالا به دلیل تنفس شدیدتر و اکسایش چربی، سریع‌تر زوال یافته و به‌طور کلی به شرایط انبارداری حساس‌تر هستند. اما در عین حال این بذور دارای بنیه بهتر و درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری در شرایط انبارداری مطلوب می‌باشند که این به دلیل داشتن میزان پروتئین محلول و روغن بالاتر در این شرایط بوده و انرژی و قدرت لازم را برای جوانه‌زنی بهتر آن‌ها را فراهم می‌نماید. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر این است که بهترین شرایط نگهداری بذر کتان دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ درصد می‌باشد. البته باید هزینه‌های کاهش دما و رطوبت را نیز در نظر گرفت و در صورت عدم توجیح اقتصادی بذور را در دمای اتاق (۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت اولیه بذر ۷ درصد نگهداری نمود. در ضمن می‌توان پیشنهاد نمود که در ادامه این تحقیقات در صورت امکان از سطوح تیماری پایین‌تر استفاده شود.

سپاس‌گزاری

این مقاله از طرح پژوهشی نویسنده با شماره ۱۱۰۳-۹۴د/۸۹ 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.

References

- 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. P. 829.
- Alivand, R., Tavakkol Afshari, R., and Sharifzadh, F. (2013). Investigation germination process of deterioration canola seed (*Brassica napus*). *Journal of Field Crop Science*, 44(1): 63-83. [In Farsi]
- 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.

به‌طور کلی در تمامی تیمارهای رطوبتی، دمای ۴۵ 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. نتایج همبستگی صفات نشان داد که بین درصد روغن بذر با میزان پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بذر همبستگی مثبت و قوی ($r=0.8^{**}$) وجود دارد هم‌چنین این همبستگی با درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر نیز مشاهده می‌گردد. اما با میزان هدایت الکتریکی و نشت الکترولیت‌های بذر همبستگی منفی وجود دارد. از این رابطه می‌توان استنباط کرد که بذور با محتوای روغن و پروتئین محلول بالا درصد جوانه‌زنی بیشتری دارند اما زوال‌پذیری بیشتری نیز دارند و باید در زمان انبارداری آن‌ها به شرایط محیطی انبار بسیار دقت نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که زوال بذر سبب کاهش بنیه بذر می‌شود و این موضوع از طریق کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی خود را نشان داد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به‌عنوان یکی از دلایل فیزیولوژیکی مهم مورد بررسی قرار گرفت. 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

- Ansari, O., Sharif-Zadeh, F., Moradi, A., Azadi, M.S., and Younesi, E. (2013). Heat shock treatment can improve some seed germination indexes and enzyme activity in primed seeds with gibberellin of Mountain Rye (*Secale montanum*) under accelerated aging conditions. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 155(3): 21-30.
- Bailly, C. (2004). Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*, 14: 93-107.
- Balouchi, H.R., Bagheri, F., Kayednezami, R., Movahhedi Dehnavi, M., and Yadavi, A. (2014). Effect of seed aging on germination and seedling growth indices in three cultivars of *Brassica napus* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 26(4): 397-411. [In Farsi]
- Balouchi, H.R., Kayednezami, R., and Bagheri, F. 2015. Effect of seed deterioration stress on germination and seedling growth indices in three cultivars of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Production*, 38(1): 27-40. [In Farsi]
- Barsa, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., and Cheema, M.A. (2003). Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. *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.
- Demir Kaya, M.K., Dietz, J., and Sivriteoe, H.O. (2010). Changes in antioxidant enzymes during ageing of onion seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1): 49-52.
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H.R. (2014). Biochemical changes during ageing in medicinal pumpkin: lipid peroxidation and membrane damage. *Iranian Journal of Plant Biology*, 6(20): 97-113. [In Farsi]
- 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. and Sheoran, I.S. (2003). Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125: 189-198.
- Goel, A., Goel, A.K., and Sheoran, I.S. (2003). Changes in oxidatives stress enzymes during artificial aging in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seed. *Plant Physiology*, 160: 1093-1100.

- Gupta, S.D. (2011). Reactive oxygen species and antioxidants in higher plant. CRC Press, New York, pp: 1-189.
- Hampton, J.G. (1995). Methods of viability and vigour testing a critical and appraisal. A.S. Basra (Eds.), 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. P. 117.
- ISTA. (2010). International seed testing association. ISTA Handbook On Seedling Evaluation In International Rules For Seed Testing, Zurich. P. 130.
- 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.
- Kar, M. and Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase and polyphenl oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Biologists, 57: 315-319.
- Khajehpour, M. (2004). Production of industrial plants. 1st Ed., Jihad-e-Daneshgahi Isfahan Press. Isfahan, Iran, ISBN: 961-6122-63-9. P. 335. [In Farsi]
- Kibinza, A., Vinel, D., Come, D., Bailly, C., and Corbineau, F. (2006). Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. Physiologia Plantarum, 128: 496-506.
- Mehrarvar, M., Sateai, A., Hamidi, A., Ahmadi, M., and Salehi, M. (2015). Accelerated aging effect on lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity of two soybean cultivars. Iranian Journal of Seed Sciences and Technology, 3(1): 17-30. [In Farsi]
- 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(1): 65-70.
- Nakano, Y. and Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology, 22(5): 867-880.
- Oomah, B.D., Mazza, G., and Przyblski, R. (1995). Comparison of flaxseed meal lipids extracted with different solvents. Agriculture and Agric-Food Canada, 29: 654-658.
- Rastegar, Z., Sedghi, M., and Khomari, S. (2011). Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae, 3(3): 126-129.
- 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.

Soltani, A., and Maddah, V. (2010). Simple, applied programs for education and research in agronomy. Niak Press. P. 80. [In Farsi]

Verma, S.S., Verma, U., and Tomer, R.P.S. (2003). Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in brassica (*Brassica campestris*). Seed Science and Technology, 31: 389-396.

Xia, F., Chen, L., Sun, Y., and Mao, P. (2015). Relationships between ultrastructure of embryo cells and biochemical variations during ageing of oat (*Avena sativa* L.) seeds with different moisture content. Acta Physiologiae Plantarum, 37(4): 88-99.

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 Al-induced PCD in peanut root tips. Plant Physiology and Biochemistry, 75: 105-113.

Archive of SID

Effect of Seed Deterioration on Physiological and Biochemical Traits of Oil Flax (*Linum usitatissimum* L. Norman var.) Seed

H. Balouchi^{1*} and R. Ostadian Bidgoly²

- 1- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran (balouchi@yu.ac.ir)
- 2- M.Sc. Student of Seed Science and Technology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

Received: 25 April, 2016

Accepted: 4 January, 2017

Abstract

Background and Objectives

Seed deterioration is a natural phenomenon that occurs in all seeds and leads to gradual decline of seed viability during storage. However, the rate of seeds age depends upon their physiological status, genetic constitution and storage conditions. The lipid peroxidation through the production of free radical plays an important role in the loss of seed viability during seed storage.

Material and Methods

In order to investigate the effect of deterioration on germination indices and enzymes activity of the flax oil seed, a factorial experiment was conducted based on a Completely Randomized Design with four replications in the seed laboratory of Yasouj University in 2015. The factors included 4 levels of temperature (15, 25, 35 and 45°C) and moisture content (5, 9, 13 and 17%). With relation intended seed moisture, Hampton and Teckrony (1995) was calculated. After determining the moisture content of the seeds in envelopes of aluminum foil was placed, then the amount of water the need added and to ensure that the packaging and moisture exchange with the outside world for 24 hours at 15 °C were identical to the seed moisture and then for 6 months in storage conditions at temperatures of 15, 25, 35 and 45°C were kept.

Results

Analysis of variance showed that the single effects including temperature and seed moisture content experimental treatments for traits including germination percentage, germination rate, seedling vigor index (weight), activity enzymes antioxidant catalase, superoxide dismutase and ascorbate peroxidase, soluble proteins, electrical conductivity and oil percentage were significant (P 0.01). Also, the interaction temperature and seed moisture content of all treatments except for enzyme, activity of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase were significant (P 0.01) but were significant (P 0.05) for the activity of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase. The results showed that with increasing temperature and moisture content, all the physiological and biochemical traits, except for electrical conductivity, decreased. The decrease in germination was also associated with a decrease in the activity of antioxidant catalase, superoxide dismutase and ascorbate peroxidase and as a result the antioxidant system was not sufficient to protect seeds against free radical damage. With the increase in reactive oxygen species, lipids peroxidation increased, probably due to the destruction of cell membranes, increased electrical conductivity seed the negative correlation between the electrical conductivity and the activity of the enzymes antioxidant indicator of the issue.

Discussions

Thus, oil flax seed deterioration was closely related to decrease in the activities of free radical detoxifying enzymes and increased lipid peroxidation. In general, the best flax seed storage condition is at 15°C and 5 percent moisture content.

Keywords: Antioxidant, Germination, Deterioration, Electrical conductivity.