

تأثیر پیری تسریع شده بر صفات جوانه‌زنی بذر خردل وحشی (*Sinapsis arvensis* L.) در شرایط تنش شوری

میعاد حاجی محمودی^۱، عبدالمهدی بخشنده^۲، سید امیر موسوی^۳، سید عطاءالله سیادت^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۴. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰)

چکیده

فرسودگی و تنش شوری از مهمترین چالش‌های تولید یک گیاهچه سالم محسوب می‌شوند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فرسودگی بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذرهای خردل وحشی تحت شرایط تنش شوری انجام پذیرفت. تیمارهای آزمایشی شامل پیری تسریع شده (صفر، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) و تنش شوری (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و پیری تسریع شده معنی‌دار بود. با افزایش تنش شوری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت بذرکاهش معنی‌داری یافت. پیری تسریع شده موجب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان پروتئین بذر خردل شد. در بذرهای پیر نشده میزان پروتئین ۱/۳ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین بود که در اثر ۹۶ ساعت پیری تسریع شده میزان پروتئین با کاهش ۹۲ درصدی به ۰/۱ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین رسید. فعالیت کاتالاز در اثر پیری تسریع شده کاهش یافت، اما فعالیت آنزیم پراکسیداز در اثر پیری تسریع شده ۶۰ درصد افزایش یافت. در بذرهای پیری تسریع شده یافته میزان فعالیت این آنزیم ۰/۴ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه بود که در اثر پیری تسریع شده ۹۶ ساعت میزان پراکسیداز به ۰/۱۱ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین افزایش یافت. در مقدار اسیدهای چرب روغن بذر پس از پیری تسریع شده تغییراتی مشاهده شد. از بین همه ترکیبات درصد بهنیتک اسید (C22:0) و یورسیک اسید (C22:1) در شرایط شاهد به ترتیب ۰/۶۵۶ و ۳۸/۵۳۴ درصد و در اثر پیری تسریع شده ۷۲ ساعت به ۰/۷۵۱ و ۴۰/۱۸۶ درصد افزایش یافت.

کلمات کلیدی: اسید چرب، پیری، تنش، سرعت جوانه‌زنی

Quantification of seed aging on seed germination properties of Wild mustard (*Sinapsis arvensis*) under Salinity Stress

M. HajiMahmoodi¹, A.M. Bakhshandeh², S.A. Moosavi³, S.A. Siadat⁴

1. Master student of seed science and technology, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
 2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
 3. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
 4. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
- (Received: Nov. 11, 2019 – Accepted: Apr. 08, 2020)

Abstract

Aging and salinity stress are main challenges towards of producing a healthy seedling. This research was conducted to investigate the effects of seed aging on the seed germination properties of Wild mustard under salinity stress condition. Experimental treatments were five levels of seed aging (0, 24, 48, 72 and 96 h) and different levels of salinity stress (0, 100, 200, 300, 400 and 500 mmol). Results showed that the interaction effects of aging and salinity stress was significant. Seed germination, germination rate and seed vigor were declined at high salinity concentrations. Catalase activity and total seed protein content were decrease due to the aging. Seed protein content (1.4 mg/g fw) declined about 92% and reach to 0.1 mg/g fw after 96h of aging. Catalase activity was decrease due to aging while in contrast, peroxidase activity was higher from 0.04 to 0.11 u/ mg protein after 96 h of aging. It was observed that all fatty acids of wild mustard seed oil were changed at higher aging durations. Behenic acid (C22:0) and Erusic acid (C22:1) were 0.656 and 38.543% in noaged seeds and they increased to 0.751 and 40.186%, respectively.

Keywords: Fatty acid, Aging, Stress, Germination rate

(Kayaçetin et al., 2018).

فرایند پیری تسریع شده بذر توسط شبکه‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از زمان رسیدگی فیزیولوژیک آغاز می‌شود (Harrington and Kozłowski, 1972; Walters et al. 2010). در نتیجه آسیب‌هایی که بذرها در فرایند پیری تسریع شده می‌بینند، به تدریج بنیه و قابلیت جوانه‌زنی آن کاهش می‌یابد که در ابتدا به صورت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ظاهر شده و و نهایتاً به مرگ بذر می‌انجامد (Ouzouline et al. 2009; Balešević-Tubić et al. 2011). پیری یا پیری تسریع شده بذر در بانک بذر خاک و یا در انبار تحت تاثیر مجموعه‌ای از عوامل ژنتیکی، شرایط تولید بر روی گیاه مادری و همچنین محیط نگهداری شامل دما و رطوبت نسبی قرار می‌گیرد (Bewley and Black, 1994; Coolbear, 2020). سرعت پیری تسریع شده بذر با مدت زمان قرار گرفتن آن در معرض رطوبت و دمای بالا همبستگی مثبت دارد و هر چه رطوبت نسبی محیط و دما بیشتر باشد، سرعت پیری تسریع شده بذر نیز افزایش خواهد یافت (Hill et al. 2008; Fenner, 2012).

تحقیقات انجام شده بر روی بذر کلزا نشان داد که با افزایش دما و مدت زمان پیری تسریع شده، به دلیل کاهش توان آنتی‌اکسیدانته و افزایش فرایندهای پراکسیداسیون اسیدهای چرب، بنیه بذر و پس از آن قوه نامیه بطور معنی‌داری کاهش یافت (Zhang et al. 2006; Ghassemi-golezani et al. 2010). گزارش شده که پیری بذر می‌تواند در بسیاری از بذرهای گیاهی باعث تغییرات آنزیمی متفاوتی شود. آنزیم‌ها پروتئین‌هایی هستند نقش‌های کاتابولیکی و سنتزی مواد و متابولیت‌ها را در بذرها بر عهده دارند (Bell and Bell, 1988; Broun, 1998). بسیاری از آنزیم‌های مهم بذرها در اثر فرایند پیری تسریع شده بذر تغییر فعالیت داده و در نتیجه آن بسیاری از فرایندهای حیاتی در بذر دچار اختلال

مقدمه

گیاهان زراعی متعلق به خانواده براسیکاسه (*Brassica*) از نظر تأمین روغن مورد نیاز انسان جایگاه سوم را به خود اختصاص داده‌اند و از نظر اقتصادی بسیار با اهمیت هستند. در کنار اهمیت اقتصادی خانواده براسیکاسه، وجود گیاهان اصلاح نشده امروزه بسیاری از گیاهانی که جزء علف‌های هرز شناخته می‌شده‌اند به دلیل امکان استفاده از آن‌ها در صنایع مختلف داروئی و انرژی‌های تجدید پذیر دارای ارزش و اهمیت دو چندان شده‌اند. بسیاری از علف‌های هرز، دارای ذخایر ارزشمندی از چربی و پروتئین در بذرهای خود هستند که به دلیل اینکه در گذشته برای مصرف انسان و دام قابل استفاده نبودند، همواره سعی در از بین بردن آن‌ها در سیستم‌های زراعی می‌شد. خردل وحشی با نام علمی (*Sinapsis arvensis* L.)، از تیره شب‌بو گیاهی است یکساله و ساقه افراشته که در فصل زمستان در مزارع گیاهان زراعی مانند جو، گندم و کلزا دیده می‌شود و به وسیله‌ی بذر تکثیر می‌شود (Luzuriaga et al. 2006). این گیاه در برخی از مناطق به عنوان علف هرز سمج مزارع کلزا شناخته می‌شود که می‌تواند خسارات مالی زیادی ایجاد کند (Warwick et al. 2000). اخیراً با توجه به پتانسیل بالای تولید بذر و هم‌میتور میزان قابل توجه روغن دانه خردل وحشی، استفاده از روغن بذر این گیاه به عنوان یک منبع تأمین کننده ماده خام برای تولید سوخت زیستی بیودیزل مورد توجه قرار گرفته است (Eryilmaz et al. 2015; Kayaçetin et al. 2016). استفاده از گیاهانی که محصول آن‌ها استفاده خوراکی ندارد، در سیستم‌های انرژی‌های تجدید پذیر بسیار مطلوب خواهد بود (Rajaeifar et al. 2016). گیاه خردل وحشی یکی از منابع ژنتیکی با ارزش برای کارهای اصلاحی مانند نر عقیمی سیتوپلاسمی، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها، بهبود مقاومت به سرما و تنش خشکی در گیاهان خانواده براسیکاسه محسوب می‌شود (Bing et al., 1996; Bing et al., 1996).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به منظور بررسی و ارزیابی اثرات پیری تسریع شده و تنش شوری بر روی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گیاه خردل وحشی به صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل، سطوح پیری تسریع شده و تنش شوری بود. روش آزمون پیری تسریع شده بر اساس روش پیشنهادی ایستا (ISTA, 2013)، در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد انجام شد (Delouche and Baskin, 1973). ظروف استفاده شده در تیمار پیری تسریع شده تسریع شده دارای ابعاد (۱۰ × ۱۵ × ۲۰ سانتی‌متر) بودند که توسط ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر از نظر رطوبت نسبی اشباع کامل گردید. بذرهای به‌گونه‌ای در ظروف مخصوص قرار داده شده که در معرض برخورد با آب نباشند. بذرهای خردل وحشی از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری گردید. مدت زمان تیمار پیری تسریع شده به ترتیب (صفر، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در نظر گرفته شد) رطوبت درون ظرف‌ها تا حد اشباع بالا رفته و به منظور جلوگیری از هدر رفت رطوبت، ظروف با پارافیلیم مهر و موم شد. سطوح تنش شوری شامل پنج سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی مولار) بود و بذرهای پیری شده در معرض سطوح مختلف تنش شوری (عامل دوم) در هنگام جوانه‌زنی قرار گرفتند. تنش شوری با استفاده از نمک NaCl ساخت شرکت مرک آلمان ایجاد گردید.

برای انجام آزمون جوانه‌زنی استاندارد به شیوه روی کاغذ (TP)، بذرهای درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی ۲ لایه کاغذ واتمن شماره یک قرار گرفته و سپس پتری دیش‌ها به ژرمناتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس شرایط تاریکی منتقل شدند (ISTA, 2013).

خواهد شد (Cutler, 2005; McDonald, 2006). در طی فرایند پیری تسریع شده بذر، تولید رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد و بذرهای برای مقابله با این رادیکال‌های مخرب، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانتی خود را فعال می‌سازند (Ventura et al. 2012; Parmoon et al. 2013). در کنار فعالیت آنتی‌اکسیدانتی مشاهده شده که به دلیل تخریب سیستم تولید پروتئین بذر در اثر پیری تسریع شده، میزان پروتئین کل محلول بذر نیز کاهش می‌یابد (Gidrol et al. 1988; Qin et al. 2011). یکی از اصلی‌ترین خساراتی که بذرهای در طی فرایند پیری تسریع شده متحمل می‌شوند، پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشاء است (Balešević-Tubić et al. 2011; Jovičić et al. 2019).

شور شدن اراضی قابل کشت یکی از اصلی‌ترین چالش‌های پیش روی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (Rengasamy, 2002). تحقیقات نشان داده که جوانه‌زنی یکی از حساسترین مراحل رشد گیاه به تنش شوری محسوب می‌شود (Ibrahim, 2016). حساس بودن بذرهای به تنش شوری می‌تواند به دلیل تنش اسمزی ثانویه حاصل از فشار اسمزی و یا به دلیل اثر سمیت یونی ناشی از برهم خوردن تعادل یونی در بذرهای باشد (Dodd and Donovan, 1999; Tobe et al. 2004).

تنش شوری می‌تواند به خودی خود باعث کم شدن درصد جوانه‌زنی و رشد گیاه شود، اما آیا کیفیت بذر در میزان مقاومت گیاه خردل وحشی تا چه دامنه‌ای اثر نامطلوبی بر میزان مقاومت آن به تنش شوری ایجاد نمی‌کند؟ برای پاسخ به این پرسش آزمایشی به شرح زیر طراحی و اجرا گردید. هدف از پژوهش حاضر درک اساسی از سازوکارهای تنش پیری تسریع شده و شوری بذر خردل وحشی طی پیری تسریع شده در دامنه زمانی مختلف و ارتباط آن با فرآیند جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالاز و پراکسیداز) و پروفایل اسید چرب روغن بذر آن است.

تعیین مقدار پروتئین محلول

برای اندازه‌گیری پروتئین محلول، ۱۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی تهیه شده از تیمارهای مربوطه را به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی لیتری منتقل و ۹۹۰ میکرولیتر از معرف برادفورد به آن اضافه گردید و در نهایت میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر و بر حسب میکروگرم بر گرم بذر قرائت شد (Bradford, 1976).

اندازه‌گیری آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز از عصاره آنزیمی بذر که برای اندازه‌گیری پروتئین محلول استخراج شده، استفاده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT, EC. 1.11.1.6) به روش (Aebi, 1984) در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار (pH=7) به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، آب اکسیژنه ۷۰ میلی مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، آب مقطر استریل به میزان ۵۰۰ میکرو لیتر و عصاره آنزیمی به میزان ۳۰ میکرو لیتر بود. از مخلوط واکنش بدون عصاره آنزیمی به عنوان شاهد اسپکتروفوتومتر استفاده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX, EC 1.11.1.7) به روش (Hemeda and Klein, 1990) در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار (pH=7) به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، گایاکول (Guaiacol) ۱۰ میلی مولار محلول در آب دو بار تقطیر به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، آب اکسیژنه ۷۰ میلی مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی -مولار (pH=7) به میزان ۳۴ میکرو لیتر، آب دو بار تقطیر استریل شده به میزان ۴۶۷ میکرو لیتر و عصاره آنزیمی به میزان ۲۰ میکرو لیتر بود. فعالیت ویژه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به ازای واحد در میلی گرم پروتئین گزارش شد.

شمارش بذره‌های جوانه‌زده، روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به هنگام شمارش، بذوری جوانه‌زده تلقی شد که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی متر و یا بیش تر بود (Agrawal, 2004). درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد. در این رابطه‌ها N_i : تعداد بذره‌های سبز کرده در طی d روز، D_i : تعداد روزها از ابتدای سبز کردن، N : تعداد کل بذرها، T_i : تعداد روزها پس از آزمایش.

رابطه (۱) درصد جوانه‌زنی (Ikić et al. 2012):

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذره‌های جوانه زده}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times 100$$

رابطه (۲) سرعت جوانه‌زنی (Ellis and Roberts, 1981):

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{N_i}{T_i}$$

N_i : تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز، T_i : تعداد

روزها پس از آزمایش

رابطه (۳) شاخص سرعت جوانه‌زنی (Esechie, 1994):

$$GRI = G1/1 + G2/2 + \dots + Gx/x$$

G : درصد بذره‌های جوانه زده در هر روز

در روز هفتم پس از شمارش بذره‌های جوانه‌زده، از هر ظرف پتری دیش ۱۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه آن‌ها با استفاده از خط کش مدرج اندازه‌گیری شد (Agrawal, 2004).

اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

در انتهای آزمایش، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه خردل وحشی با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی متر بدست آمد. شاخص بنیه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Liu et al. 2016).

= شاخص بنیه گیاهچه (طولی)

$$\frac{\text{میانگین طول گیاهچه (cm)} \times \text{جوانه‌زنی استاندارد (\%)}}{100}$$

تعیین پروفایل اسیدهای چرب

به منظور آنالیز اسیدهای چرب، از سیستم کروماتوگرافی گازی^۱ مدل Agilent 6890 (ساخت کشور آمریکا) با ستون HP-5MS به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه دمایی ستون به این نحوه تنظیم شد که دمای ابتدایی آن ۵۰ درجه سلسیوس و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه با گرادین حرارتی ۳ درجه سلسیوس در هر دقیقه صورت گرفت. سپس افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سلسیوس با گرادین حرارتی ۱۵ درجه سلسیوس در هر دقیقه و پس از آن افزایش دما به ۳۰۰ درجه سلسیوس با سه دقیقه توقف در این دما صورت گرفت. دمای اتاقک تزریق ۲۹۰ درجه سلسیوس و از گاز هلیم با درصد خلوص ۹۹/۹۹۹ به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۸ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد. برای مقایسه ترکیب اسیدهای چرب بر اساس تک کروماتوگرام^۲ ابتدا از نمونه‌های بذری نمونه ترکیب^۳ شده تهیه و سپس تزریق به دستگاه صورت گرفت. جهت تشخیص ترکیب اسیدهای چرب روغن بذر توسط سیستم کروماتوگرافی گازی جرمی^۴ (GC/MS) آنالیز گردید (Metcalf et al. 1966). برای شناسایی اسیدهای چرب، زمان بازداری هر یک از پیک‌ها با زمان بازداری استاندارد متیل استر تهیه شده از شرکت آلدریچ تحت شرایط آزمایشی یکسان مقایسه شده و نوع هر پیک معین شد و درصد هر یک از اسیدهای چرب محاسبه گردید.

آنالیز آماری داده‌ها

تست نرمال بودن داده‌ها و انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و Sigmaplot رسم گردید.

نتایج و بحث

فرآیندهای پیری تسریع شده بذر به دلیل وجود آب است که فعال می‌شوند واکنش‌های شیمیایی، سرعت واکنش‌های شیمیایی همه و همه با وجود آب تسریع می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی پیری تسریع شده و تنش شوری و اثر متقابل آن‌ها در کلیه صفات بررسی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پیری تسریع شده در بذرهای خردل نشان داد که با افزایش تنش شوری درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت. در بذرهای پیری تسریع شده نیافته در سطح بدون تنش شوری بیشترین جوانه‌زنی ۷۷ درصد رخ داد و تا سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار مقدار جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری نیافت. اما در شوری ۲۰۰ میلی مولار جوانه‌زنی به ۵۵ درصد و در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار به ۴۱ درصد کاهش یافت سپس در شوری ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی مولار جوانه‌زنی رخ نداد (شکل ۱).

در بذرهای پیری تسریع شده یافته به مدت ۲۴ ساعت بدون تنش شوری درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار مشاهده شد و جوانه‌زنی به ۶۵ درصد کاهش یافت اما در سطح شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار پیری تسریع شده ۲۴ ساعت باعث افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد و سپس در شوری ۳۰۰ میلی مولار جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش یافت. در پیری تسریع شده ۴۸ ساعت مشاهده شد که در همه‌ی سطح‌های شوری نسبت به شاهد و پیری تسریع شده ۲۴ ساعت کاهش معنی‌داری ایجاد شد و در شوری بالاتر از ۲۰۰ میلی مولار جوانه‌زنی به صفر رسید.

1 Gas Chromatography

2 Single chromatogram

3 Pooled sampling

4 Gas chromatography-mass spectrometry

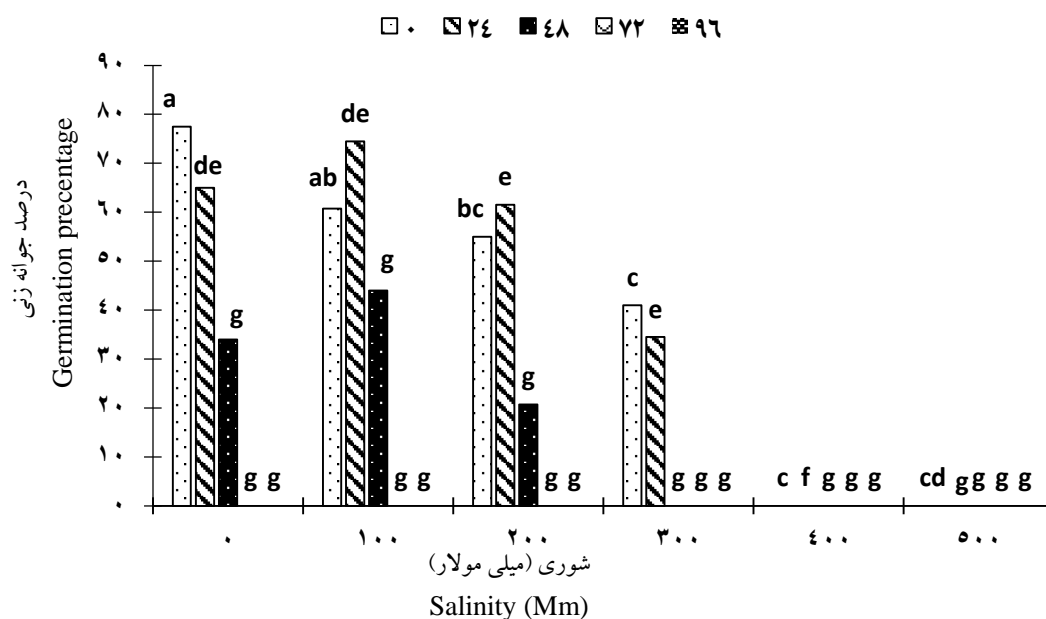
جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری و پیری تسریع شده بر شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 1- Analysis of variance (MS) of wildmustard seed germination characteristics under accelerated aging conditions and salinity stress

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square			
		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	شاخص قدرت Vigor
تنش شوری Salinity Stress	4	**2/460	0/274**	1345/905**	88582**
پیری تسریع شده Accelerated Aging	5	**0/702	0/168**	810/047**	59082/2**
شوری × پیری تسریع شده Accelerated Aging × Salinity	20	**0/268	0/035**	205/809**	19479/9**
خطا Error	90	0/00071	0/00018	0/368	300/3
ضریب تغییرات (%) Coefficient of Variation	-	11/419	12/771	9/402	23/035

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, *, ** not significant difference and significant difference at 5% and 1%, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل پیری تسریع شده و تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی گیاه خردل وحشی

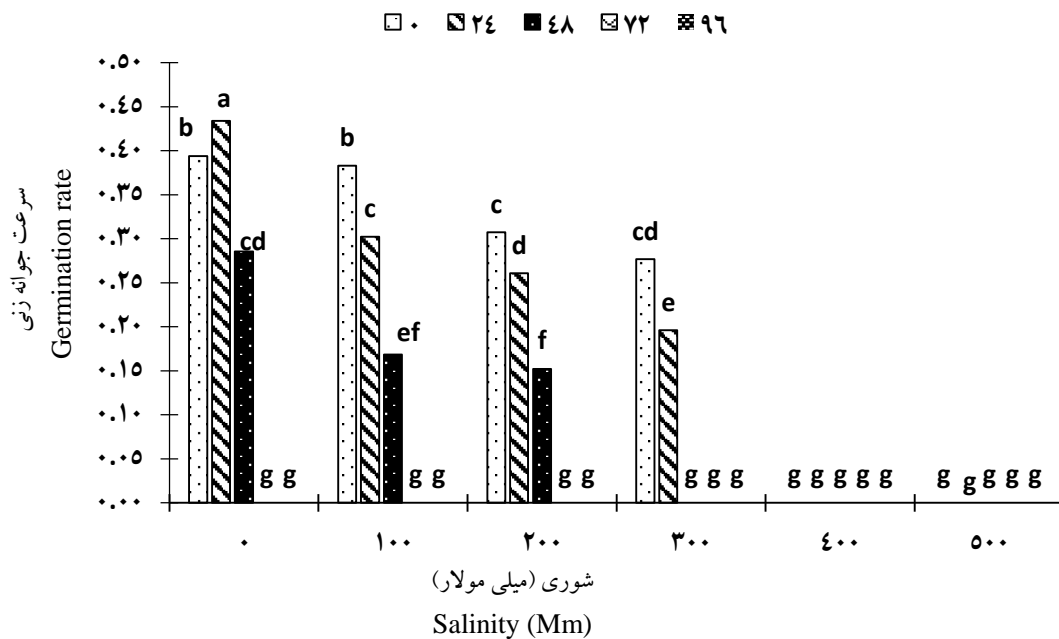
Figure 1- Mean comparisons of accelerated aging conditions and salinity stress interaction effects on seed germination percentage of wild mustard

گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) انجام گرفت مشخص ساخت که درصد جوانه‌زنی این گیاه تا سطح شوری ۲۸

در شدت پیری تسریع شده ۷۲ و ۹۶ جوانه‌زنی در تمامی سطوح شوری به صفر رسید. نتایج پژوهشی که بر روی

کاهش معنی‌داری یافت به طوری که در تنش شوری ۳۰۰ میلی مولار به ۰/۲۷ جوانه در روز رسید و در بذوری که به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت پیری تسریع شده یافته‌اند نیز با افزایش تنش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. و در شدت پیری تسریع شده ۷۲ و ۹۶ ساعت سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید. با افزایش مدت زمان پیری تسریع شده سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ۲).

دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شاهد (آب مقطر) نداشت ولی در سطح شوری ۳۵ دسی زیمنس بر متر به ۱۹ درصد کاهش یافت (Kafi and Rahimi, 2010). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پیری تسریع شده نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت. در بذور پیری تسریع شده نیافته بیشترین سرعت جوانه‌زنی در سطح بدون تنش معادل ۰/۳۹ جوانه در روز و با افزایش تنش شوری سرعت جوانه‌زنی

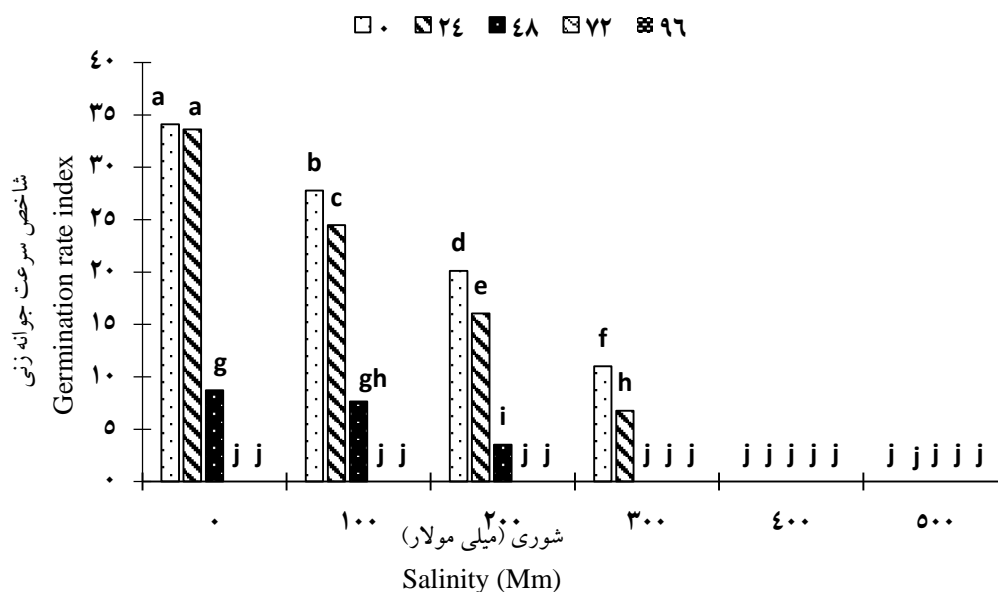


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پیری تسریع شده و تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی گیاه خردل وحشی

Figure 2- Mean comparisons of aging and salinity interaction effects on germination rate of Wild Mustard

(et al. 2006). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پیری تسریع شده نشان داد که با افزایش تنش شوری و مدت زمان پیری تسریع شده شاخص سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری که در بذورهای پیری تسریع شده نیافته بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی مربوط به سطح بدون تنش شوری با ۳۴/۰۹ درصد بر روز و با افزایش تنش شوری تا ۳۰۰ میلی مولار به ۱۰/۹۹ درصد بر روز رسید (شکل ۳).

علت کاهش سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها (Günes et al. 1996; Kim et al. 2016) و کاهش پتانسیل آبی گیاه دانست. در نتیجه کاهش پتانسیل آبی، گیاه قادر به جذب آب نبوده و با کمبود آب مواجه می‌شود (Sosa et al. 2005; Koyro. 2006). از طرفی افزایش غلظت یون‌ها موجب ایجاد سمیت یونی شده و درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Jamil et al. 2006; Kaya



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پیری تسریع شده و تنش شوری بر شاخص سرعت جوانه‌زنی گیاه خردل وحشی
Figure 3- Mean comparisons of aging and salinity interaction effects on germination rate index of Wild Mustard

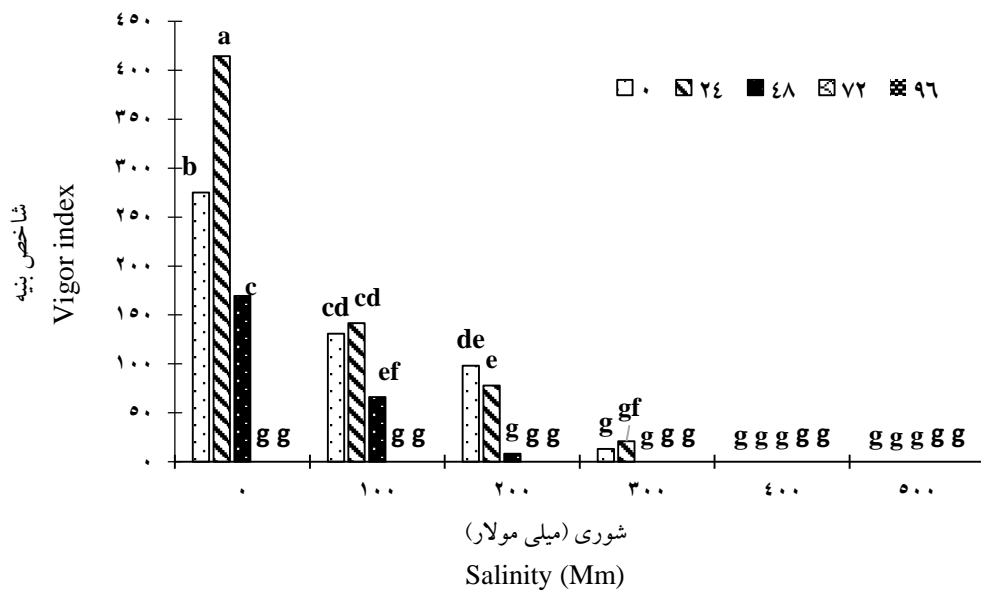
مدت ۲۴ ساعت بینه بذر نسبت به شاهد بدون پیری تسریع شده ۵۰ درصد افزایش معنی داری یافت که این نشان‌دهنده‌ی این که پیری تسریع شده ۲۴ ساعت باعث گردیده که ژن‌های مربوط به جوانه‌زنی در گیاه خردل فعال شود سپس با اعمال تنش شوری بینه بذر کاهش یافت. سپس در پیری تسریع شده ۴۸ ساعت بینه بذر نسبت به شاهد عدم پیری تسریع شده و پیری تسریع شده ۲۴ ساعت به ترتیب ۳۸ درصد و ۵۹ درصد کاهش معنی دار یافت. در پیری تسریع شده ۷۲ و ۹۶ ساعت در تمامی سطوح تنش شوری بینه بذر به صفر رسید (شکل ۴). نتایج آزمایشی نشان داده که تنش شوری باعث افزایش متابولیسم پرولین و همچنین کاهش بینه بذر در گیاه *Catharanthus roseus* می‌شود (Jaleel et al. 2007). استفاده از تیمار پیری تسریع شده در مطالعه کیفیت بذر ژنوتیپ‌های خانواده براسیکاسیه (*Brassicasea*)، نشان داد که گیاه *B.alba* بیشترین میزان مقاومت به تنش پیری تسریع شده را در بین تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده داشت. همچنین مشخص گردید که تغییرات آنزیم مالون

در بذرهایی که به مدت ۲۴ ساعت پیری تسریع شده یافته‌اند در سطح بدون تنش کاهش معنی داری با شاهد مشاهده نشد و شاخص سرعت جوانه به ۳۳/۶۲ تغییر یافت و از سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار به بعد کاهش معنی دار ایجاد شد و در تنش شوری بالاتر از ۳۰۰ میلی مولار شاخص سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید. همچنین مشاهده شد در شدت پیری تسریع شده ۴۸ ساعت بذور تا سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار کاهش معنی داری نسبت به شاهد نشان داده و به ۳/۵۲ درصد بر روز رسید و در سطح بالاتر از ۲۰۰ میلی مولار شاخص سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پیری تسریع شده در گیاه خردل نشان داد که با افزایش تنش شوری بینه کاهش معنی دار می‌یابد. در بذرهایی پیری تسریع شده نیافته بیشترین بینه بذر در سطح بدون تنش شوری برابر با ۲۷۵/۲۲ و در اثر اعمال تنش شوری ۱۰۰ میلی مولار ۵۲ درصد کاهش معنی دار یافت و با افزایش تنش شوری به ۲۰۰ میلی مولار بینه بذر ۶۴ درصد نسبت به سطح بدون تنش کاهش یافت. در بذرهایی پیری تسریع شده یافته به

شوری بذرهای خارمریم (*Silybum marianum*) به شدت کاسته می‌شود. علت کاهش کیفیت جوانه‌زنی تغییر در میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز گزارش شده است (Sedghi et al. 2010; Parmoon et al. 2015).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پیری تسریع شده بر فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و میزان پروتئین گیاه خردل معنی دار بود (جدول ۲).

دی آلدئید با کاهش بینه بذر نیز همبستگی بسیار بالایی در بذرهای این خانواده گیاهی دارد و با افزایش زمان تیمار پیری تسریع شده به ۴۸ ساعت، درصد و سرعت جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت (Mira et al. 2011). مشخص شده که افزایش پیری تسریع شده بذر باعث افزایش حساسیت آن به تنش‌های محیطی می‌شود. برای مثال، با افزایش سطوح پیری تسریع شده بذر توسط آزمون پیری تسریع شده، از میزان مقاومت در برابر تنش



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پیری تسریع شده و تنش شوری بر شاخص بینه گیاه خردل وحشی

Figure 4- Mean comparisons of aging and salinity interaction effects on seed vigor index of Wild Mustard

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و میزان پروتئین بدور خردل وحشی تحت تأثیر پیری تسریع شده

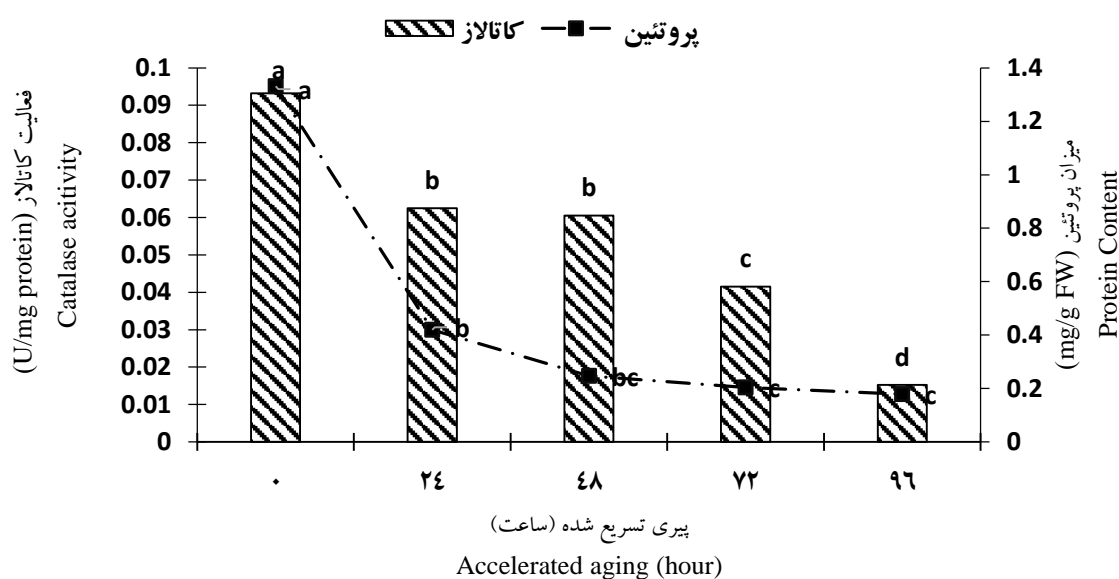
Table 2- Analysis of variance for the effects of salinity and aging on antioxidant enzymes and protein of Wild mustard

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی degree of freedom	میانگین مربعات Mean Square		
		فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity	پروتئین محلول Soluble protein
Treatment تیمار	4	0/003311**	0/003729**	0/949056**
Error خطا	15	0/000042	0/000077	0/006796
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation	-	2/48494	2/35791	3/68577

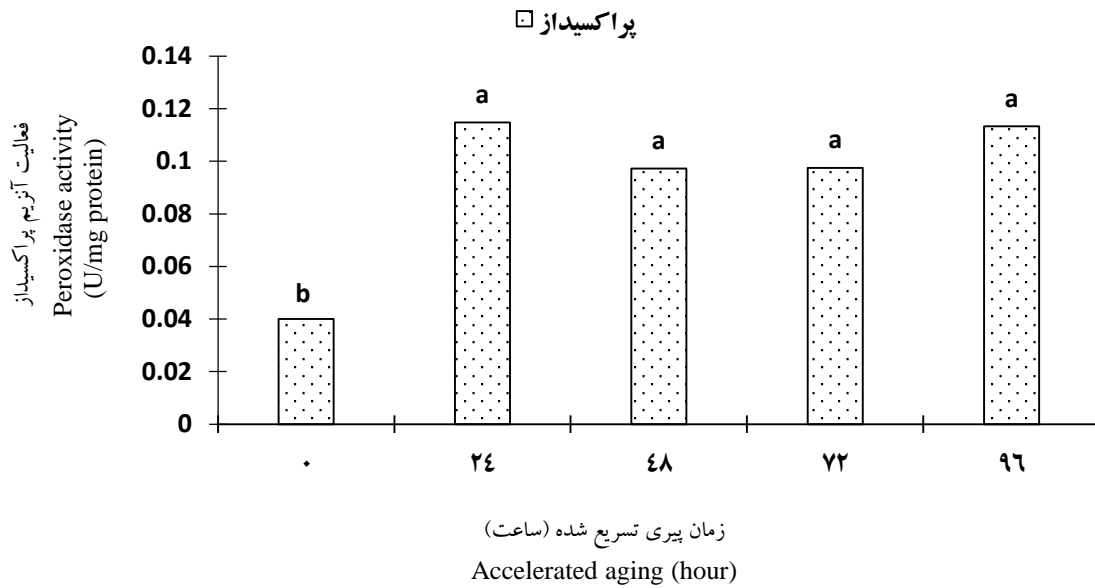
ns, *, ** not significant difference and significant difference at 5% and 1%, respectively

تبدیل می‌شوند به طوری که بذرهای قوی طی پیری تسریع شده باقی می‌مانند و می‌توانند ذخایر باقی مانده را با کارایی بیشتری تبدیل کنند. اما افزایش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده تخلیه بذر به حدی نیست که بتواند کاهش تحرک ذخایر بذر را پوشش دهد. همچنین طی پیری تسریع شده بذر میزان گلوکز افزایش می‌یابد، اما میزان پروتئین بذرهای گندم طی پیری تسریع شده کاهش می‌یابد (McDonald, 1999; Walters *et al.* 2010). آنزیم پراکسیداز مانند آنزیم کاتالاز باعث تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شود ولی برخلاف آنزیم کاتالاز این آنزیم با اکسیداسیون یک پیش ماده مانند ترکیبات فنولیک یا آنتی اکسیدانت‌های دیگر باعث تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شود (Rajjou and Debeaujon, 2008; Kibinza *et al.* 2011). آزمون پیری تسریع شده بر روی بذر ذرت نشان داد که پیری تسریع شده باعث کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شد (Siadat *et al.* 2012). در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که افزایش مدت زمان پیری تسریع شده موجب تغییرات ویژه‌ای در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌شود (Rejeendran *et al.* 2018).

روند تغییرات فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان داد که پیری تسریع شده موجب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان پروتئین بذر خردل شد. شیب تغییرات پروتئین بیشتر از کاتالاز و پراکسیداز بود به طوری که در شرایط شاهد میزان پروتئین ۱/۳ واحد استاندارد در میلی گرم پروتئین بر دقیقه بود که در اثر ۹۶ ساعت پیری تسریع شده میزان پروتئین با کاهش ۹۲ درصدی به ۰/۱ واحد استاندارد در میلی گرم پروتئین رسید. تغییرات کاتالاز نیز در اثر پیری تسریع شده در حدود ۸۸ درصد مشاهده شد (شکل ۵). اما فعالیت آنزیم پراکسیداز در اثر پیری تسریع شده ۶۰ درصد افزایش یافت به طوری که در شرایط شاهد میزان فعالیت این آنزیم ۰/۰۴ واحد استاندارد در میلی گرم پروتئین بر دقیقه بود که در اثر پیری تسریع شده ۹۶ ساعت میزان پراکسیداز به ۰/۱۱ واحد استاندارد در میلی گرم پروتئین افزایش یافت (شکل ۶). (Soltani *et al.* 2009; Moncaleano-Escandon *et al.* 2013) نیز به این نتیجه رسیدند که با پیری تسریع شده بذر هر چند که ذخایر بذر به صورت غیرقابل تحرک در می‌آید، ولی همان ذخایر باقی مانده با کارایی بیشتری



شکل ۵- میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای پروتئین بذر خردل وحشی تحت تأثیر پیری تسریع شده و تنش شوری
Figure 5- Effects of aging and salinity on Catalase activity and seed protein content of Wild mustard seeds



شکل ۶- میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بذر خردل وحشی تحت تأثیر پیری تسریع شده و تنش شوری
Figure 5- Effects of aging and salinity on Peroxidase activity of Wild mustard seeds

پیری تسریع شده روند افزایشی نشان دادند، ولی در ۹۶ ساعت مجدداً مقدار آن‌ها کاهش پیدا کرد. در بذره‌های روغنی، اولین گام مصرف اندوخته غذایی، توسط آنزیم لپاز انجام می‌شود که در اثر فعالیت این آنزیم پیوندهای استری شکسته شده و اسیدهای چرب و گلیسرول آزاد می‌شود. در ادامه مسیر اسیدهای چرب توسط فرایند اکسیداسیون تجزیه و به مصرف گیاه می‌رسند (Stewart and Bewley, 1980; Ouzouline *et al.* 2009; Moosavi *et al.* 2018). بر این اساس هرگونه تغییری در کیفیت اسیدهای چرب موجود در بذر قادر است بر کیفیت جوانه‌زنی اثر گذار باشد. نتایج بدست آمده در این پژوهش به خوبی همبستگی کیفیت اسیدهای چرب موجود در بذر خردل وحشی را با کیفیت جوانه‌زنی و همینطور خسارت پیری تسریع شده بذر نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل همبستگی

درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش پیری تسریع شده با صفات اندازه‌گیری شده نظیر کاتالاز و اسیدهای چرب لینولنیک اسید و اکوسنوئیک اسید همبستگی مثبت و

پروفایل اسید چرب

نتایج پروفایل اسیدهای چرب (جدول ۳) نشان می‌دهد در بین اسیدهای چرب شناسایی شده در روغن خردل وحشی، درصد همه‌ی ترکیبات در اثر پیری تسریع شده کاهش یافت. که از بین همه‌ی ترکیبات درصد اروسیک اسید (C22:0) و یورسیک اسید (C22:1) در شرایط شاهد به ترتیب ۰/۶۵۶ و ۳۸/۵۳۴ و در اثر پیری تسریع شده ۷۲ ساعت به ترتیب ۰/۷۵۱ و ۴۰/۱۸۶ درصد کاهش یافت. سپس در پیری تسریع شده ۹۶ ساعت مجدداً کاهش یافت. در طی پژوهشی بر روی روغن بذره‌های سیاهدانه (*Nigella sativa*) مشخص گردید که در اثر پیری تسریع شده درصد تمام ترکیبات به جز اولئیک (C18:1) و لینولنیک (C18:3) در اثر پیری تسریع شده افزایش پیدا کرد (Savaedy *et al.* 2018). درصد مریستیک (C14:0)، پالمیتولیک (C16:1) و آراشیدیک (C20:0) در بذر شاهد به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۲۲ و ۰/۲۰ درصد بوده که در اثر پیری تسریع شده به ۰/۴۵، ۰/۳۲ و ۰/۲۵ درصد رسید. درصد تغییرات استئاریک (C18:0) و لینولنیک (C18:3) در شرایط شاهد ۳ و ۲/۶۵ درصد بود که تا ۷۲ ساعت

می‌باشد. و تغییرات افزایشی و کاهش‌ی کاتالاز با صفات پروتئین و لینولنیک اسید، اولئیک اسید و پالمیتیک اسید همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد و تغییرات آنزیم پراکسیداز با یورسیک اسید که باعث عطر و طعم بد روغن خردل می‌شود همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد (جدول ۴).

معنی دار نشان داد. و نقش اندوخته‌ای غذایی برای جنین گیاه خردل وحشی دارند بنابراین با افزایش زمان پیری تسریع شده این اندوخته‌ها کم می‌شوند. اما برخی از اسیدهای چرب نقش حفاظتی و یا شاید نقش‌های دیگری داشته‌اند بنابراین با جوانه‌زنی همبستگی مثبت نشان ندادند. اما بررسی صفات فیزیولوژیکی نشان می‌دهد که کاتالاز اصلی‌ترین آنزیم در همبستگی با سایر صفات جوانه‌زنی

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب در روغن بذرهای پیری تسریع شده یافته خردل وحشی

Table 3- Fatty acids profile of oil seed of wild mustard

اسید چرب Fatty acid	تیمار پیری تسریع شد (ساعت) Accelerated aging (hour)				
	0	24	48	72	96
C16:0 پالمیتیک اسید Palmitic acid	3.622	3.452	3.573	3.429	3.359
C16:1 پالمیتوئیک اسید Palmitoleic acid	0.084	0.064	0.089	0.11	0.055
C18:0 استئاریک اسید Stearic acid	1.406	1.365	1.419	1.479	1.376
C18:1(n-9)C اولئیک اسید Oleic acid	12.222	11.753	11.953	11.734	11.748
C18:2(n-6)C لینولنیک اسید Linoleic acid	15.195	14.776	14.818	14.545	14.757
C18:3 n3 لینولنیک اسید γ -Linolenic acid	16.551	16.377	16.21	16.124	16.207
C20:0 آراکیدیک اسید Arachidic acid	1.234	1.242	1.276	1.236	1.298
C20:1 گندوئیک اسید Gondoic acid	8.426	8.393	8.372	8.321	8.36
C22:0 بهنیک اسید Behenic acid	0.656	0.691	0.644	0.751	0.719
C22:1 اروسیک اسید Erucic acid	38.534	39.819	39.508	40.186	39.972
C22:4 n6 DTA آدرنیک اسید Nervonic acid	2.03	2.068	2.139	2.086	2.149

جدول ۴- تجزیه همبستگی اسیدهای چرب موجود در روغن با درصد جوانه‌زنی بذر خردل وحشی

Table 4- Correlation analysis of fatty acids and seed germination in Wild mustard

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	
x1	Pearson Correlation	1	.331	.094	.940*	.798	.676	-.428	.695	-.807	-.906*	-.826	.932*	.788	.773	.773
	Sig. (2-tailed)		.586	.881	.017	.106	.211	.472	.193	.099	.034	.084	.021	.113	.125	.125
x2	Pearson Correlation	.331	1	.955*	.163	-.220	-.269	-.542	-.401	.140	-.006	-.248	.235	.033	-.134	-.134
	Sig. (2-tailed)	.586		.012	.793	.723	.661	.345	.503	.823	.993	.687	.703	.958	.830	.830
x3	Pearson Correlation	.094	.955*	1	-.015	-.388	-.467	-.373	-.610	.367	.184	-.112	-.036	-.137	-.412	-.412
	Sig. (2-tailed)	.881	.012		.981	.519	.428	.536	.275	.543	.767	.858	.954	.827	.491	.491
x4	Pearson Correlation	.940*	.163	-.015	1	.918*	.749	-.289	.756	-.749	-.980**	-.928*	.844	.884*	.693	.693
	Sig. (2-tailed)	.017	.793	.981		.028	.145	.637	.139	.145	.003	.023	.072	.047	.195	.195
x5	Pearson Correlation	.798	-.220	-.388	.918*	1	.902*	-.179	.929*	-.751	-.974**	-.850	.782	.911*	.778	.778
	Sig. (2-tailed)	.106	.723	.519	.028		.036	.773	.022	.143	.005	.068	.118	.032	.121	.121
x6	Pearson Correlation	.676	-.269	-.467	.749	.902*	1	-.451	.953*	-.586	-.861	-.768	.819	.923*	.883*	.883*
	Sig. (2-tailed)	.211	.661	.428	.145	.036		.446	.012	.299	.061	.129	.090	.025	.047	.047
x7	Pearson Correlation	-.428	-.542	-.373	-.289	-.179	-.451	1	-.221	-.040	.305	.491	-.642	-.532	-.482	-.482
	Sig. (2-tailed)	.472	.345	.536	.637	.773	.446		.721	.949	.618	.401	.243	.357	.411	.411
x8	Pearson Correlation	.695	-.401	-.610	.756	.929*	.953*	-.221	1	-.770	-.866	-.664	.785	.825	.909*	.909*
	Sig. (2-tailed)	.193	.503	.275	.139	.022	.012	.721		.128	.057	.221	.115	.086	.033	.033
x9	Pearson Correlation	-.807	.140	.367	-.749	-.751	-.586	-.040	-.770	1	.762	.466	-.723	-.513	-.778	-.778
	Sig. (2-tailed)	.099	.823	.543	.145	.143	.299	.949	.128		.134	.429	.167	.377	.121	.121
x10	Pearson Correlation	-.906*	-.006	.184	-.980**	-.974**	-.861	.305	-.866	.762	1	.917*	-.866	-.932*	-.783	-.783
	Sig. (2-tailed)	.034	.993	.767	.003	.005	.061	.618	.057	.134		.028	.057	.021	.117	.117
x11	Pearson Correlation	-.540	-.244	-.066	-.511	-.517	-.761	.909*	-.550	.135	.576	.707	-.761	-.800	-.668	-.668
	Sig. (2-tailed)	.347	.693	.916	.379	.373	.135	.033	.337	.829	.309	.182	.135	.104	.218	.218
x12	Pearson Correlation	-.826	-.248	-.112	-.928*	-.850	-.768	.491	-.664	.466	.917*	1	-.793	-.954*	-.592	-.592
	Sig. (2-tailed)	.084	.687	.858	.023	.068	.129	.401	.221	.429	.028		.109	.012	.293	.293
x13	Pearson Correlation	.932*	.235	-.036	.844	.782	.819	-.642	.785	-.723	-.866	-.793	1	.847	.914*	.914*
	Sig. (2-tailed)	.021	.703	.954	.072	.118	.090	.243	.115	.167	.057	.109		.070	.030	.030
x14	Pearson Correlation	.788	.033	-.137	.884*	.911*	.923*	-.532	.825	-.513	-.932*	-.954*	.847	1	.753	.753
	Sig. (2-tailed)	.113	.958	.827	.047	.032	.025	.357	.086	.377	.021	.012	.070		.142	.142
x15	Pearson Correlation	.773	-.134	-.412	.693	.778	.883*	-.482	.909*	-.778	-.783	-.592	.914*	.753	1	1
	Sig. (2-tailed)	.125	.830	.491	.195	.121	.047	.411	.033	.121	.117	.293	.030	.142		

x1 پالمیتیک اسید (Palmitic acid)، x2 پالمیتولئیک اسید (Palmitoleic acid)، x3 استئاریک اسید (Stearic acid)، x4 اولئیک اسید (Oleic acid)، x5 لینولئیک اسید (Linoleic acid)، x6 لینولئیک اسید، x7 آراکیدیک اسید (y- Linolenic acid)، x8 ایکوسنوئیک اسید (Arachidic acid)، x9 بهنیک اسید (Behenic acid)، x10 اروسیک اسید (Erucic acid)، x11 نرونیک اسید (Nervonic acid)، x12 پراکسیداز (Peroxidase)، x13 کاتالاز (Catalase)، x14 پروتئین (Protein)، x15 درصد جوانه‌زنی (Seed Germination Percentage)

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ درصد

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۰/۰۱ درصد

Correlation is not significant at the 0.01 level (2-tailed).

بدون ستاره، از نظر آماری فاقد اثر معنی‌دار

Reference

منابع

- Aebi, H. 1984.** Catalase in vitro. Pp 121–126. *In* O. K. Nathan, and P. C. Sidney (eds.). Catalase in vitro. In Methods in enzymology. Academic Press, New York.
- Agrawal, R. L. 2004.** Seed Technology. New Delhi Oxford & IBH, New Delhi.
- Balešević-Tubić, S., M. Tatić, V. Dorđević, Z. Nikolić, J. Subić, and V. Dukić. 2011.** Changes in soybean seeds as affected by accelerated and natural aging. *Rom. Biotechnol. Lett.* 16:6740–6747.
- Bell, J. E., and E. T. Bell. 1988.** Proteins and enzymes. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Bewley, J. D., and M. Black. 1994.** Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Press. New York, USA.
- Bing, D. J., R. K. Downey, and G. F. W. Rakow. 1996.** Assessment of transgene escape from Brassica rapa (*B. campestris*) into *B. nigra* or *Sinapis arvensis*. *Plant Breed.* 115: 1–4.
- Bradford, M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248–254.
- Broun, P., J. Shanklin, E. Whittle, and Ch. Somerville. 1998.** Catalytic Plasticity of Fatty Acid Modification Enzymes Underlying Chemical Diversity of Plant Lipids. *Science.* 282(5392): 1315–1317.
- Coolbear, P. 2020.** Mechanisms of Seed Deterioration. Pp 223–277. *In* A. S. Basra (ed.). Seed Quality. CRC Press, New York.
- Cutler, R. G. 2005.** Oxidative stress and aging: catalase is a longevity determinant enzyme. *Rejuvenation Res.* 8:138–140. Mary Ann Liebert, Inc. 2 Madison Avenue Larchmont, NY 10538 USA.
- Delouche, J. C., and C. C. Baskin. 1973.** Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1: 427–452.
- Dodd, G. L., and L. A. Donovan. 1999.** Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *Am. J. Bot.* 86: 1146–1153.
- Ellis, R. H., and E. H. Roberts. 1981.** An investigation into the possible effects of ripeness and repeated threshing on barley seed longevity under six different storage environments. *Ann. Bot.* 48: 93–96.
- Eryilmaz, T., M. K. Yesilyurt, A. Taner, and S. A. Celik. 2015.** Prediction of kinematic viscosities of biodiesels derived from edible and non-edible vegetable oils by using artificial neural networks. *Arab. J. Sci. Eng.* 40: 3745–3758.
- Esechie, H. A. 1994.** Interaction of salinity and temperature on the germination of sorghum. *J. Agron. Crop Sci.* 172: 194–199.
- Fenner, M. W. 2012.** Seed ecology. Chapman and Hall, New York, USA.
- Ghassemi-golezani, K., S. Khomari, B. Dalil, and A. Hosseinzadeh-mahootchy. 2010.** Effects of seed aging on field performance of winter oilseed rape. *J. Food, Agric. Environ.* 8: 175–178.
- Gidrol, X., A. NOUBHANI, B. Mocquot, A. Fournier, and A. Pradet. 1988.** Effect of accelerated aging on protein synthesis in two legume seeds. *Plant Physiol. Biochem.* 26:281–288.
- Gomes, A. R., and T. A. P. Rocha-Santos. 2018.** Enzyme Assays. Pp 271–277. *In* C. Poole, A. Townshend, and M. B. T.-E. of A. S., and E. Miró (eds.) Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. Elsevier, Oxford.
- Günes, A., A. Inal, and M. Alpaslan. 1996.** Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19: 389–396.
- Harrington, J. F., and T. T. Kozlowski. 1972.** Seed storage and longevity. *Seed Biol.* 3:145–245. Academic Press, New York.
- Hemeda, H. M., and B. P. Klein. 1990.** Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. *J. Food Sci.* 55: 184–185.
- Hill, H., K. J. Bradford, J. Cunningham, and A. G. Taylor. 2008.** Primed lettuce seeds exhibit increased sensitivity to moisture during aging. *Acta Hort.* 782: 135–141.
- Ibrahim, E. A. 2016.** Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J. Plant Physiol.* 192: 38–46.

- Ikić, I., M. Maričević, S. Tomasović, J. Gunjača, Z. Šatović, and H. Šarčević. 2012.** The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. *Euphytica* 188: 25–34.
- ISTA. 2013.** International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- Jaleel, C. A., R. Gopi, B. Sankar, P. Manivannan, A. Kishorekumar, R. Sridharan, and R. Panneerselvam. 2007.** Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. *South Afr. J. Bot.* 73: 190–195.
- Jamil, M., L. Deog Bae, J. Kwang Yong, M. Ashraf, L. Sheong Chun, and R. Eui Shik. 2006.** Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *J. Cent. Eur. Agric.* 7: 273–282.
- Jovičić, D., B. M. Popović, A. M. Jeromela, Z. Nikolić, M. Ignjatov, and D. Milošević. 2019.** The Interaction Between Salinity Stress and Seed Ageing During Germination of Brassica Napus Seeds . *Seed Sci. Technol.* 47: 47–52.
- Kafi, M., and Z. Rahimi. 2010.** Investigate the effects of different salinity levels on seed germination properties of Pursalane (*Portulaca oleracea* L.). *Iranian J. F. Crop. Res.* 8: 615–621. (In Persian, with English Abstract)
- Kaya, M. D., G. Okçu, M. Atak, Y. Çıkkılı, and Ö. Kolsarıcı. 2006.** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 24: 291–295.
- Kayaçetin, F., B. Efeoğlu, and B. Alizadeh. 2018.** Effect of NaCl and PEG-Induced osmotic stress on germination and seedling growth properties in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derg.* 28: 62–68.
- Kayaçetin, F., H. Öğüt, H. Oğuz, İ. Subaşı, and H. Deveci. 2016.** Determination of the effect of row spacing, and fall and spring sowing on composition of fatty acid and biodiesel fuel characteristics of mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Ciência e Técnica Vitivinícola J.* 21: 54–69.
- Kibinza, S., J. Bazin, C. Bailly, J. M. Farrant, F. Corbineau, and H. El-Maarouf-Bouteau. 2011.** Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Sci.* 181: 309–315.
- Kim, B., R. Kwak, H. J. Kwon, V. S. Pham, M. Kim, B. Al-Anzi, G. Lim, and J. Han. 2016.** Purification of high salinity brine by multi-stage ion concentration polarization desalination. *Sci. Rep.* 6: 31850. <https://doi.org/10.1038/srep31850>.
- Koyro, H.-W. 2006.** Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environ. Exp. Bot.* 56: 136–146.
- Liu, J., Q. Wang, Đ. Karagić, X. Liu, J. Cui, J. Gui, M. Gu, and W. Gao. 2016.** Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. *Sci. Rep.* 6: 22403. <https://doi.org/10.1038/srep22403>.
- Luzuriaga, A. L., A. Escudero, and F. Pérez-García. 2006.** Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed Res.* 46: 163–174.
- McDonald, M. B. 2006.** Physiological causes of seed deterioration in storage. *In* M. Bennett (ed.). Symposium of Seed Storage for Temperate and Tropical Regions, Crop Science Society of American Annual Meeting, Indianapolis, USA
- McDonald, M. B. 1999.** Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177–237. International Seed Testing Association, Wageningen?
- Metcalf, L. D., A. A. Schmitz, and J. R. Pelka. 1966.** Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 38: 514–515.
- Mira, S., E. Estrelles, M. E. González-Benito, and F. Corbineau. 2011.** Biochemical changes induced in seeds of Brassicaceae wild species during ageing. *Acta Physiol. Plant.* 33: 1803–1809.
- Moncaleano-Escandon, J., B. C. F. Silva, S. R. S. Silva, J. A. A. Granja, M. C. J. L. Alves, and M. F. Pompelli. 2013.** Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. *Ind. Crops Prod.* 44:684–690.
- Moosavi, S. A., S. A. Siadat, A. Poshtdar, and F. Direkvand. 2018.** Ultrasonic Assisted Seed Priming to Alleviate Aging Damages to Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seeds. *Not Sci Biol* 10: 275–281.

- Ouzouline, M., N. Tahani, C. Demandre, E. El Amrani, G. Benhassaine-Kesri, and H. Serghini Caid. 2009.** Effects of accelerated aging upon the lipid composition of seeds from two soft wheat varieties from Morocco. *Grasas y. Aceites*. 60: 367–374.
- Parmoon, G., A. Ebadi, S. Jahanbakhsh, and M. Davari. 2013.** The effect of seed priming and accelerated aging on germination and physiochemical changes in milk thistle (*Silybum marianum*). *Not. Sci. Biol.* 5: 1–8.
- Parmoon, G., A. Ebadi, S. Janbakhsh, and S. A. Moosav. 2015.** Effects of seed priming on catalase activity and storage reservoirs of aged milk thistle seeds (*Silybum marianum* (L.) gaertn). *Tarim Bilim. Derg.* 21: 363–372.
- Qin, P., Z. Kong, X. Liao, and Y. Liu. 2011.** Effects of Accelerated Aging on Physiological and Biochemical Characteristics of Waxy and Non-waxy Wheat Seeds. *J. Northeast Agric. Univ. (English ed.)*. 18: 7–12.
- Rajaeifar, M. A., A. Akram, B. Ghobadian, S. Rafiee, R. Heijungs, and M. Tabatabaei. 2016.** Environmental impact assessment of olive pomace oil biodiesel production and consumption: A comparative lifecycle assessment. *Energy*. 106: 87–102.
- Rajjou, L., and I. Debeaujon. 2008.** Seed longevity : Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *C.R. Biol.* 331: 796–805.
- Rejeendran, H. V, S. Lakshmi, and S. Ambika. 2018.** Changes of enzymes activities in botanical treated aged seed of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. CO3 seeds. *Legum. Res. An Int. J.* 41: 73-78.
- Rengasamy, P. 2002.** Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. *Aust. J. Exp. Agric.* 42: 351–361.
- Roy, B. A., and M. L. Stanton. 1999.** Asymmetry of wild mustard, *Sinapis arvensis* (Brassicaceae), in response to severe physiological stresses. *J. Evol. Biol.* 12: 440–449.
- Savaedy, Z., A. Bakhshande, S. A. Siadat, A. Lotfi Jalalabadi, and S. A. Moosavi. 2018.** Study the Effects of Seed Priming to Alleviate the Controlled Deterioration Damage on Fennel Flower seed (*Nigella sativa* L.). Master Thesis. *Agir. Sci. and Nat. Res. University of Khuzestan. Iran.* (In Persian, with English Abstract)
- Sedghi, M., A. Nemati, B. Amanpour-Balaneji, and A. Gholipouri. 2010.** Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybum marianum*) under salinity stress. *World Appl. Sci. J.* 11: 604–609.
- Siadat, S. A., A. Moosavi, and M. S. Zadeh. 2012.** Effects of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different ageing treatment. *Res. J. Seed Sci.* 5.
- Soltani, E., S. Galeshi, B. Kamkar, and F. Akramghaderi. 2009.** The Effect of Seed Aging on the Seedling Growth as Affected by. *Res. J. Environ. Sci.* 3: 184–192.
- Sosa, L., A. Llanes, H. Reinoso, M. Reginato, and V. Luna. 2005.** Osmotic and specific ion effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Ann. Bot.* 96: 261–267.
- Stewart, R. R., and J. D. Bewley. 1980.** Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiol.* 65: 245–248.
- Tobe, K., X. Li, and K. Omasa. 2004.** Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae). *Seed Sci. Res.* 14: 345–353.
- Ventura, L., M. Donà, A. Macovei, D. Carbonera, A. Buttafava, A. Mondoni, G. Rossi, and A. Balestrazzi. 2012.** Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. *Plant Physiol. Biochem.* 60: 196–206.
- Walters, C., D. Ballesteros, and V. A. Vertucci. 2010.** Structural mechanics of seed deterioration: Standing the test of time. *Plant Sci.* 179: 565–573.
- Warwick, S. I., H. J. Beckie, A. G. Thomas, and T. McDonald. 2000.** The biology of Canadian weeds. 8. *Sinapis arvensis*. L. (updated). *Can. J. Plant Sci.* 80: 939–961.
- Zhang, X. K., G. T. Yang, L. Chen, J. M. Yin, Z. L. Tang, and J. N. Li. 2006.** Physiological differences between yellow-seeded and black-seeded rapeseed (*Brassica napus* L.) with different testa characteristics during artificial ageing. *Seed Sci. Technol.* 34: 373–381.