پاسخ جوانه‌زنی بذرهای کلزا به تغییرات قدرت بذر و هیدرو-پرایمینگ

قاسم نجفی[۱]، سعید خماری[۲]، احمد جوادی[*۳]

[۱] کارشناسی‌ارشد، علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی

[۲] استادیار، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه محقق اردبیلی

[۳] دانشجوی دکتری، علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵

چکیده

زوال بذر از پدیده‌های شایع در هنگام نگهداری بذور می‌باشد، که موجب کاهش و عدم یکنواختی جوانه‌زنی بذر می‌گردد. در این راستا استفاده از تکنیک هیدروپرایمینگ به‌عنوان تیماری موثر در افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر در بسیاری از گیاهان زراعی مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این پژوهش، جهت مطالعه پاسخ جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ارقام کلزا به تغییرات قدرت بذر تحت تاثیر هیدرو-پرایمینگ آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دو رقم کلزا (اکاپی، اپرا)، سه سطح قدرت (بدون فرسودگی، ٤٨ ساعت فرسودگی و ٩٦ ساعت فرسودگی) و دو سطح پیش تیمار (بدون پرایمینگ و هیدرو-پرایمینگ) بود. نتایج نشان داد که، با افزایش سطوح فرسودگی بذر کلزا، رقم اپرا نسبت به رقم اکاپی کاهش بیشتری از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نشان داد. اعمال تیمار هیدرو-پرایمینگ سبب کاهش اثرات سوء ناشی از فرسودگی بذر از نظر درصد جوانه‌زنی بذر، شاخص وزنی قدرت گیاهچه و فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه شد. اثرات بهبود دهنده پیش تیمار آبی بذر بر درصد جوانه‌زنی و شاخص وزنی قدرت گیاهچه در رقم اکاپی نمود بیش‌تری داشت. کاهش قدرت بذر سبب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه در هر دو رقم کلزا شد، که این روند تغییرات در رقم اکاپی نمود بیش‌تری داشت. از طرفی پیش تیمار آبی بذر سبب بهبود اثرات سوء ناشی از فرسودگی در هر دو رقم کلزا از نظر این صفت شد. به طوری که بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌های حاصل از بذور قوی در شرایط استفاده از پیش تیمار آبی مشاهده شد. در نهایت با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان به اثرات مثبت پرایمینگ، دست کم در ارتباط با ترمیم آسیب‌های ناشی از مراحل اولیه فرسودگی بذر بر تسریع و یکنواختی جوانه‌زنی در ارقام کلزا اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، جوانه‌زنی، قدرت بذر، کلزا

[*] نویسنده مسئول: ahmadjavadi55@gmail.com

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که کشت آن به منظور تولید روغن اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته و سطح زیر کشت آن همه ساله روبه افزایش است. در گذشته اگرچه حبوبات، گندم، برنج و ذرت به عنوان غذاهای اصلی مورد توجه قرار می‌گرفت، اما امروزه دانه‌های روغنی بعد از غلات نقش مهمی در تامین کالری مورد نیاز انسان ایفا می‌کنند (Azizi et al., 2009).

مرحله جوانه‌زنی بذر جهت تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح اهمیت زیادی دارد و تراکم کافی بوته در واحد سطح هنگامی حاصل می‌شود که بذرهای کشت شده به طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند. همچنین این مرحله نیز بر روی عملکرد از نظر کمی و کیفی تاثیر گذار می‌باشد، بنابراین مرحله جوانه‌زنی گیاهچه مرحله حساس و مهمی است که با استقرار مطلوب گیاهچه‌ها در فرایند تولید نقش مهمی را ایفا می‌کند (Joodi and Sharifzadeh, 2009). به‌طورکلی، جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه‌ها به شدت تحت تاثیر کیفیت بذر قرار می‌گیرد. در طی دوره انبارداری بذرها زوال پیدا می‌کنند که این زوال منجر به کاهش کیفیت بذر می‌گردد. با زوال بذر، قدرت بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش نشان می‌دهد (McDonald, 2000; Basra et al., 2003; De Figueiredo et al., 2003). فرسودگی یا کاهش قدرت بذر یکی از مشکلات عمده در تولید محصولات زراعی است. در این راستا، آمار نشان می‌دهد که سالیانه حدود ۲۵ درصد بذرها به علت داشتن کیفیت پایین از بین می‌روند (McDonald and Nelson, 1986). این تلفات به ویژه در کشورهای توسعه نیافته و یا کمتر توسعه یافته که تجهیزات مناسبی برای انبارداری بذور ندارند، به مراتب بیشتر است. اهمیت پیری بذر زمانی بیش‌تر ملموس خواهد شد که بدانیم هر ساله، به علت زوال بذر و خسارت ناشی از شکستن و فساد بذر توسط میکروارگانیسم‌ها در جریان تولید، انبارداری و حمل و نقل، تلفات اقتصادی فراوانی به بار می‌آید (Salunkhe et al., 1985). به‌طورکلی، زوال بذر یک فرایند غیر قابل انعطاف و برگشت ناپذیر است. البته اگرچه در نهایت بذر نیز مانند هر موجود زنده دیگری می‌میرد، به نظر می‌رسد کاهش سرعت زوال به وسیله روش‌های انبار داری مناسب و استفاده از تکنیک‌های نوین در صنعت بذر امکان پذیر باشد. اما این تیمارها فقط شرایط را برای بروز بهینه پتانسیل بذر فراهم می‌سازند و کیفیت فیزولوژیکی پایه بذر را تغییر نمی‌دهند (Delouche and Baskin, 1973). پیش‌تیمار بذر به عنوان یک تکنیک نوین در علوم و تکنولوژی بذر مطرح می‌باشد که می‌تواند به ظهور بهینه پتانسیل بذر کمک نماید. در واقع، پرایمینگ بذر به اعمال تیمارهای رطوبتی قبل از کاشت روی بذر به منظور ارتقاء جوانه‌زنی بذر و استقرار اولیه گیاهچه‌ها اطلاق می‌شود. به‌طورکلی این موارد را می‌توان در یکنواختی جوانه‌زنی بذر، استقرار اولیه گیاهچه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (Ashraf & Foolad, 2005). بذور پرایم شده آمادگی جوانه‌زنی و استقرار را پیش از قرار گرفتن در بستر خود کسب می‌کنند، به طوری که به لحاظ متابولیکی، بیوشیمیایی، ساختار سلولی و... در وضعیت زیستی مناسب‌تری در مقایسه با بذور پرایم نشده قرار می‌گیرند. چندین روش مختلف برای پرایمینگ بذر وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به هیدرو-پرایمینگ اشاره نمود (Eisvand et al., 2011). در این رابطه بر اساس گزارش محققان، به نظر می‌رسد هیدرو-پرایمینگ بذر سبب بهبود قدرت بذر، استقرار گیاهچه و در نتیجه کارایی گیاه زراعی در مزرعه می‌گردد (Casenave and Toselli, 2007). پیش‌تیمار آبی بذر از طریق کاهش مدت زمان لازم برای جذب آب، موجب بهبود جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار سریع گیاهچه‌ها می‌شود (Rowse et al., 2001). از طرفی پیش تیمار آبی امکان نگهداری بذور را در انبار تا زمان کاشت نسبت به بذور تیمار نشده افزایش می‌دهد (Butler and Hay, 2009). سودمندی اثرات پیش‌تیمار آبی در مورد

گندم (Parera and Cantliffe, 1994)، چغندر (Sadeghian and Yavari, 2004)، جو (Abdulrahmani et al., 2007)، عدس (Ghassemi-Golezani et al., 2008) و آفتابگردان (Singh, 1995) نیز نشان داده شده است. هیدرو-پرایمینگ موجب همانند سازی سریع DNA (Bray et al., 1989)، فراهم شدن ATP بیشتر (Mazor et al., 1984) رشد سریع جنین (Dahal et al., 1990)، ترمیم و بازسازی قسمت‌های فرسوده بذور (Saha et al., 1990) و کاهش نشت متابولیت‌ها (Styer and Cantliffe, 1983) می‌شود.

بنابراین، با توجه به حساسیت بذور روغنی به خصوص بذر کلزا به فرسودگی بذر و اثرات بهبود دهنده پرایمینگ بذر بر فرایندهای تاثیر گذار بر فرسودگی بذر، بررسی اثرات هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های ارقام کلزا با سطوح قدرت متفاوت ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

بذر دو رقم کلزا (اکاپی و اپرا) (*Brassica napus* L. var. *oleifera* cv. Okapi & Opera) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی و تکنولوژی بذر دانشکده‌ی علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم کلزا (اکاپی و اپرا)، سه سطح قدرت بذر (بدون فرسودگی، ٤٨ ساعت فرسودگی، ٩٦ ساعت فرسودگی) و دو سطح پرایمینگ بذر (بدون پرایمینگ و هشت ساعت هیدرو-پرایمینگ) بود. در راستای اجرای این پژوهش، بذور فرسوده ارقام کلزا به روش آزمون پیری تسریع شده (Rapid Aging Test) در دمای ٤١±٠/٣ ایجاد گردیدند و هیدرو-پرایمینگ بذر با قرار گیری بذرها بین دولایه کاغذ حوله‌ای مرطوب اعمال شد. به منظور بهینه سازی مدت زمان هیدرو-پرایمینگ در آزمایشات مقدماتی از بین زمان‌های ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠ و ١٢ ساعت مدت زمان ٨ ساعت (زمان تا قبل از خروج ریشه‌چه) برای هیدرو-پرایمینگ بذرهای کلزا انتخاب شد.

در ادامه جهت ضدعفونی سطحی بذور کلزا از محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ١٥ دقیقه استفاده گردید (Javadi et al., 2014). سپس آزمون جوانه‌زنی استاندارد مطابق با استانداردهای ایستا (ISTA, 2014) با چهار تکرار ٥٠ بذری، به مدت ٧ روز در دمای ٢٠ درجه سانتی‌گراد به روش بین کاغذی انجام شد. شمارش تعداد بذور جوانه زده (خروج دو میلی‌متری ریشه‌چه) به طور مرتب و روزانه صورت گرفت و تا پایان روز هفتم از شروع آزمایش ادامه یافت. در پایان آزمایش، درصد جوانه‌زنی استاندارد، طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و شاخص وزنی قدرت در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. میانگین زمان جوانه‌زنی نیز با استفاده از فرمول زیر (Ellis and Roberts, 1981) محاسبه شد:

که در آن: n= تعداد بذور جوانه زده در هر روز، D= تعداد روز از آغاز آزمایش، میانگین زمان جوانه‌زنی $=\frac{\sum Dn}{\sum n}$

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های کلزا با استفاده از روش MacAdam et al. (1992) صورت گرفت. به منظور استخراج آنزیم پراکسیداز، ١٠٠ میلی‌گرم از نمونه گیاهی در ١ میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر فسفات + PVP+ KCl)، در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد (با استفاده از هاون چینی سرد) ساییده شد. خمیر (هموژنای) تهیه شده پس از انتقال به لوله اپندورف در ١٢٠٠٠rpm به‌مدت ١٥دقیقه و دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. جهت ممانعت از تخریب آنزیم تا زمان اندازه‌گیری فعالیت، نمونه‌های سانتریفیوژ شده در دمای ٢٠- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس نمونه‌های عصاره حاوی آنزیم از فریزر خارج و در حمام یخ قرار داده شدند. در ادامه ٣ میلی‌لیتر بافر فسفات ١٠٠ میلی‌مولار، ٥٠ میکرولیتر گوایاکول ٢٠٠ میلی‌مولار و ٤٠ میکرولیتر محلول ٣٠ میلی‌مولار آب اکسیژنه با هم

مخلوط گردید. سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن اضافه شد و بعد از ۵ دقیقه از شروع واکنش در دمای آزمایشگاه، جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. اعداد مربوط به جذب بر عدد ضریب خاموشی تتراگوایاکول ($\mu M^{-1}.cm^{-1}$ ٢٦/٦) تقسیم شدند و فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز براساس میکرومول تتراگوایاکول تولید شده در دقیقه بیان شد. محلول جذب زمینه (Blank) شامل تمام موارد بجز عصاره استخراج شده بود.

پس از اندازه‌گیری صفات و جمع آوری داده، تجزیه‌ی واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD با استفاده از نرم افزارهای آماری SPSS و SAS صورت گرفت و رسم نمودارها توسط برنامه رایانه‌ای EXCEL انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (ANOVA)، بین ارقام کلزا از نظر درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و شاخص وزنی قدرت گیاهچه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. سطوح مختلف قدرت بذر و پرایمینگ اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر کلیه صفات مورد ارزیابی بر جا گذاشتند. اثر متقابل رقم×قدرت بذر از نظر تمامی صفات مورد بررسی به جز طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. برهمکنش رقم×پرایمینگ از لحاظ درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و شاخص وزنی قدرت گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل قدرت بذر×پرایمینگ از لحاظ شاخص وزنی قدرت گیاهچه و فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه در سطح احتمال یک درصد و از نظر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. برهمکنش رقم× قدرت بذر×پرایمینگ از لحاظ وزن خشک ریشه‌چه و فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱).

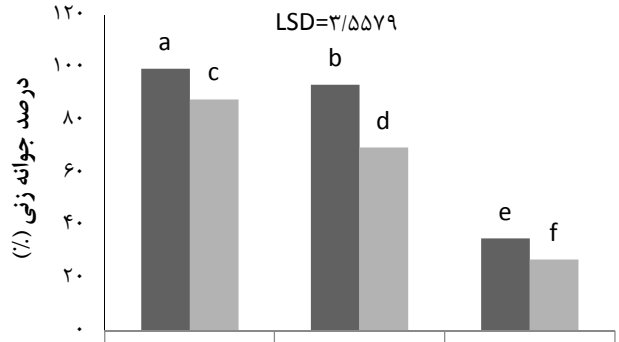
جدول ۱: تجزیه واریانس اثر رقم، قدرت بذر و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی دو رقم کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	میانگین‌زمان جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن‌خشک ریشه‌چه	شاخص وزنی‌قدرت	فعالیت‌آنزیم پراکسیداز
تکرار	۳	۸/۲۲۲^{ns}	۰/۰۷۲^{ns}	۰/۲۵۲^{ns}	۰/۰۸۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۱۵^{ns}
رقم	۱	۱۰۰۸/۳۳۳**	۱/۱۳۷**	۱٤/۷۸۵**	۰/٤٤۰^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۱۲**	۰/۵۷**	۱^{ns}
قدرت بذر	۲	۱۷٦۲۵/۵۸**	۲۲/٤۲۳**	۱۰۹/۰۹۸**	۲۷/٤٦۷**	۰/۷۷٦**	۰/۲۰۵**	۷/۰۷**	۹۷۰۰**
پرایمینگ	۱	٦۱٦/۳۳۳**	۸/۳۰۸**	۲۱/۹۵۱**	۸/۸۲۳**	۰/۰۷٦**	۰/۰۳٦**	۰/۳۸**	۱۲۰۰**
رقم ×قدرت بذر	۲	۱۰۲۸/۰۸۳**	۰/۸۲۸**	۳/۵۲۵**	۰/٤۵۳^{ns}	۰/۰۳٤**	۰/۰۰٦**	۰/۳۲**	۲۲۰**
رقم×پرایمینگ	۱	۱۰۸**	۰/۷۳۲**	۰/۱۹۰^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰٤**	٤۲^{ns}
قدرت بذر×پرایمینگ	۲	٤۲/۵۸۳*	۰/۱۱۸^{ns}	۰/۵۲٤^{ns}	۰/٤۵٦^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۱**	۱۵۰**
رقم × قدرت بذر × پرایمینگ	۲	۱۰/۷۵^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۰/٦۸٤^{ns}	۰/٤۷۰^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۱^{ns}	٦۰*
خطا	۳۳	۱۲/۸۲	۰/۰٦٤	۰/۳۰۸	۰/۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۳	۱٤
ضریب تغییرات		۵/۲۱	٦/۳۹	۸/٤۸	۷/۷	٤/۲۵	۱۰/۲۸	۵/٤۱	۵/٦۹

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

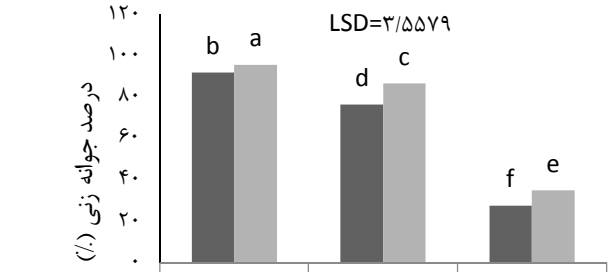
با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، درصد جوانه‌زنی استاندارد بذرهای کلزا تحت تاثیر فرسودگی بذر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت؛ که البته این کاهش در بذرهای رقم اپرا بیش‌تر از رقم اکاپی مشهود بود. از طرفی هیدرو-پرایمینگ بذور سبب تعدیل اثرات منفی ناشی از فرسودگی بذر شد؛ که این اثرات مثبت هیدرو-پرایمینگ بذر در رقم اکاپی نسبت به رقم اپرا نمود بیشتری داشت (شکل ۱، ۲ و ۳).

پژوهشگران متعددی گزارش نمودند که با افزایش سطح فرسودگی بذر درصد جوانه‌زنی استاندارد کاهش می‌یابد (Roozrokh, and Ghasemi Golezani, 1999; Modarresi et al., 2002; Ghorbani et al., 2006; Saha, and Sultana, 2008) در این راستا Hosseini (2000) در بررسی اثر فرسودگی بذر بر درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا اعلام نمود که تفاوت معنی‌داری بین ارقام کلزا در شرایط نرمال و فرسودگی بذر وجود دارد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های Rabiei and Bayat (2010) در مورد کاهش درصد جوانه‌زنی بذر ارقام مختلف کلزا در شرایط فرسودگی بذر و نتایج Halder et al. (1983) در زمینه زوال بذر آفتابگردان مطابقت داشت. یکی از مهم‌ترین اثرات فرسودگی بذر، تخریب و فساد پروتئین‌های سلولی و افزایش هدایت الکتریکی است. هرچه میزان هدایت الکتریکی و نشت پذیری سلولی بیش‌تر باشد درصد جوانه‌زنی نیز کم‌تر خواهد شد (Roozrokh, and Ghasemi Golezani, 1999). که از جمله دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی بذر در اثر خروج مواد درون سلولی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- تعداد زیادی از این مواد نشت‌یافته برای جوانه‌زنی عادی ضروری هستند، ۲- برخی از این ترکیبات تراوش‌یافته برای حفظ پتانسیل اسمزی درونی ضروری می‌باشند، زیرا پتانسیل اسمزی جذب عادی آب و فراهم کردن فشار آماس لازم برای خروج ریشه‌چه را بر عهده دارد، ۳- نشت این مواد به بیرون محیط مناسبی را برای رشد عوامل بیماری‌زا فراهم می‌کند (Akrm ghadry et al., 2008).



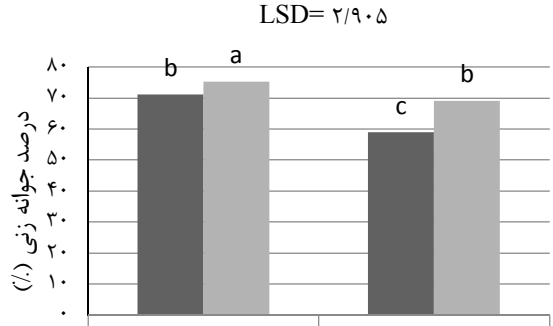
	سطح اول قدرت بذر	سطح دوم قدرت بذر	سطح سوم قدرت بذر
رقم اکاپی	۹۹.۵	۹۳.۲۵	۳۵
رقم اپرا	۸۷.۷۵	۶۹.۵	۲۷

شکل ۱: میانگین درصد جوانه‌زنی بذور دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت بذر



	سطح اول قدرت بذر	سطح دوم قدرت بذر	سطح سوم قدرت بذر
بدون پرایمینگ	۹۱.۷۵	۷۶.۲۵	۲۷.۲۵
هیدرو- پرایمینگ	۹۵.۵	۸۶.۵	۳۴.۷۵

شکل ۲: میانگین درصد جوانه‌زنی تحت تاثیر قدرت بذر و پرایمینگ



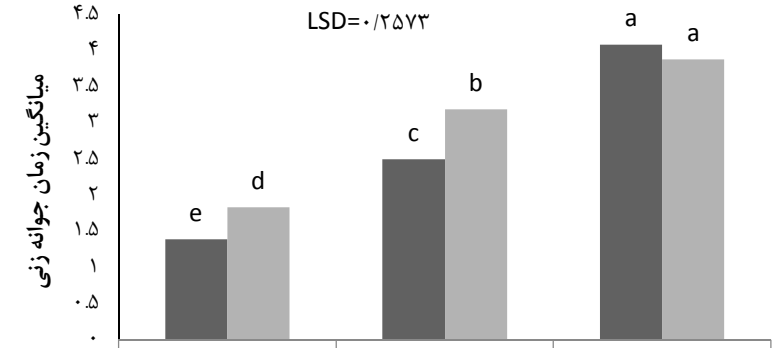
	رقم اکاپی	رقم اپرا
بدون پرایمینگ	۷۱.۱۷	۵۹
هیدرو-پرایمینگ	۷۵.۳۳	۶۹.۱۷

شکل ۳: میانگین درصد جوانه‌زنی دو رقم کلزا تحت تاثیر پرایمینگ

با کاهش قدرت بذر میانگین زمان جوانه‌زنی بذرهای کلزا افزایش یافت و جوانه‌زنی بذرهای کلزا با تاخیر قابل توجهی صورت گرفت. این تاخیر در جوانه‌زنی بذرها در اثر فرسودگی بذر در رقم اپرا بیش‌تر از رقم اکاپی مشاهده شد. از سوی دیگر، اعمال تیمار هیدرو-پرایمینگ سبب کاهش مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای ارقام کلزا گردید (شکل ٤ و ٥).

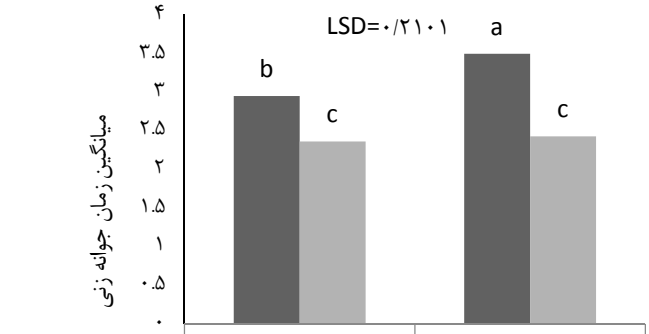
Barasa et al. (2003) و Verma et al. (2003) گزارش نمودند که کاهش قدرت بذر سبب تاخیر در جوانه‌زنی بذور می‌گردد. دلایل متعدد بیوشیمیایی و متابولیکی برای کاهش توان جوانه‌زنی بذرهای فرسوده عنوان شده است که از آن جمله می‌توان به پراکسیداسیون چربی‌ها و خسارت به غشاهای سلولی و همچنین آسیب به فرآیند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیر فعال شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Murthy et al., 2003; Barasa et al., 2003; Lehner et al., 2008). همچنین تاخیر درجوانه‌زنی در اثر فرسودگی بذر احتمالا به دلیل وقفه‌ای است که در شروع فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده شده ایجاد می‌شود. علت وقفه ایجاد شده احتمالا به این خاطر است که بذر برای تعمیر خسارت‌های وارد شده به غشا و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و تعمیر این خسارت‌ها فقط پس از جذب آب توسط بذر امکان

پذیر است. بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرایند جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی است (Berjake and Villers, 1972; Priestly, 1986; Bailly and Benamer, 2000). از طرفی، پژوهشگران متعددی اثر مثبت پیش تیمار آبی بذر را بر کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی در بذور مختلف گزارش نموده‌اند (Harris et al., 1999; Tajbakhsh, 1996; Demir Kaya et al., 2006; Afzal et al., 2008). در بذور پرایم شده پاره‌ای تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی در جهت تسهیل جوانه‌زنی تحقق می‌یابد که به عنوان مثال می‌توان گفت که، در این بذور بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیز کننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مساله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی باشد (Sung and Chiu, 1995).



	سطح اول قدرت بذر	سطح دوم قدرت بذر	سطح سوم قدرت بذر
رقم اکاپی	1.39	2.5	4.08
رقم اپرا	1.83	3.19	3.88

شکل ٤: میانگین زمان جوانه‌زنی بذور دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت بذر



	رقم اکاپی	رقم اپرا
بدون پرایمینگ	2.95	3.5
هیدرو- پرایمینگ	2.36	2.43

شکل ٥: میانگین زمان جوانه‌زنی دو رقم کلزا تحت تاثیر پیش تیمار بذور

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، هیدرو-پرایمینگ بذرهای کلزا سبب افزایش طول ساقه‌چه‌های کلزا گردید. به طوری که ساقه‌چه بدست آمده از بذور هیدرو-پرایم شده حدود ۱/۵ سانتی‌متر طویل‌تر از ساقه‌چه‌های بدست آمده از

بذرهای پرایم نشده بود (جدول ۲). نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج دیگر محققین در بذور مختلف مطابقت داشت (Joodi and Sharifzadeh, 2009; Basra et al., 2006; Eisvand et al., 2011; Nezami et al., 2014).

Sung and Chang (1993) علت افزایش طول کلئوپتیل در بذرهای پرایمینگ شده را افزایش کربوهیدرات‌های آزاد بذور نسبت دادند که موجب افزایش فعالیت متابولیکی و استفاده از ذخایر بذر می‌گردد. از طرفی Kaur et al. (2003) گزارش نمودند که میزان آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز و ساکارز سینتاز در ساقه‌چه بذرهای پیش تیمار شده افزایش می‌یابد که افزایش چنین آنزیم‌هایی می‌تواند از دلایل افزایش طول ساقه‌چه بذرهای هیدرو-پرایم شده باشد.

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بر طول ساقه‌چه

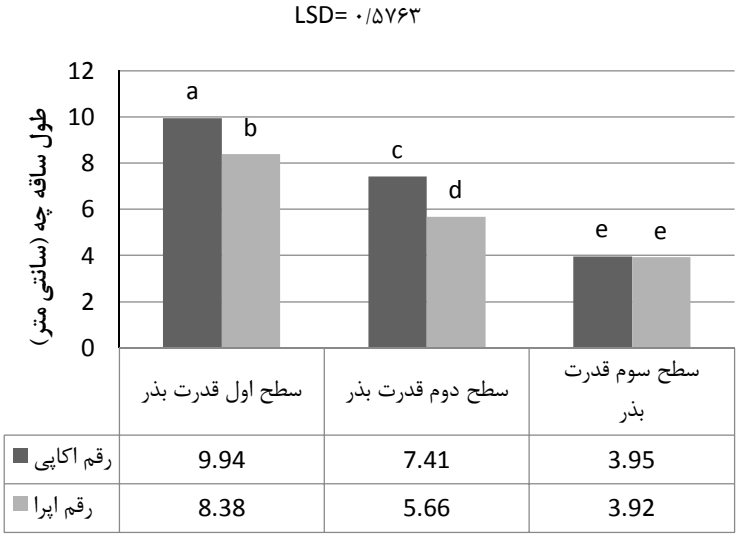
پرایمینگ بذر	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)
بدون پرایمینگ	۵/۸۷b
هیدرو-پرایمینگ	۷/۲۲a
LSD 0.05	۰/۳۳۹۲

طول ساقه‌چه‌های کلزا تحت تاثیر فرسودگی بذر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت، که البته این کاهش در رقم اپرا بیش‌تر از رقم اکاپی ملموس بود. بطوری که کم‌ترین طول ساقه‌چه (۳/۹ سانتی‌متر) به سطح سوم قدرت بذر و بیشترین طول ساقه‌چه (۹/۹ سانتی‌متر) به سطح اول قدرت بذر رقم اکاپی تعلق داشت (شکل ٦). رشد هتروتروفیک گیاهچه‌ها را می‌توان بر اساس دو جزء وزن ذخایر بذر انتقال یافته یا پویا شده و کارایی تبدیل ذخایر بذر انتقال یافته به بافت‌های گیاهچه تقسیم کرد (Soltani et al., 2002; soltani et al., 2006). طبق گزارش‌های مرتبط با فرسودگی بذر میزان فعالیت آلفا و بتا آمیلاز که از آنزیم‌های هیدرولیتیک در فرآیند جوانه‌زنی هستند، کاهش می‌یابد (Mc Donald, 1999)، که کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می‌تواند روی جزء اول رشد هتروتروفیک موثر باشد. از طرفی، در خلال فرسودگی بذر میزان گلوکز افزایش می‌یابد (Krishnan et al., 2003)، که باعث افزایش تنفس در گیاهچه‌ها خواهد شد؛ از سوی دیگر میزان DNA سنتتاز و سنتز پروتئین‌ها نیز در اثر فرسودگی بذرها کاهش می‌یابد (Mc Donald, 1999; Murthy et al., 2003) که مجموعه این فرآیندها می‌توانند بر روی جزء دوم رشد هتروتروفیک موثر باشند. به این ترتیب رشد گیاهچه‌های حاصل از بذور فرسوده شده ممکن است از طریق کاهش پویایی ذخایر بذر و یا کاهش کارآیی تبدیل آن تهدید شود، که مجموعه این فرایندها می‌تواند در کاهش طول ساقه‌چه حاصل از بذور فرسوده نمود پیدا کند.

با کاهش قدرت بذر کلزا طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری را نشان داد. طویل‌ترین ریشه‌چه در گیاهچه‌های رشد یافته از سطح اول قدرت بذر (بدون فرسودگی) و کوتاه‌ترین ریشه‌چه به گیاهچه‌های حاصل از سطح سوم قدرت بذر (۷۲ ساعت فرسودگی) تعلق داشت. هیدرو-پرایمینگ بذرهای کلزا سبب افزایش حدود یک سانتی‌متری طول ریشه‌چه در گیاه‌چه‌های کلزا گردید (جدول ۳).

به‌طورکلی، گیاهان سالم با سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، توانایی بالاتری در مقاومت به شرایط نامساعد نشان می‌دهند و در نتیجه رشد اولیه گیاهچه بیشتر و بازده بالاتری خواهند داشت (Harris et al., 2001). پژوهشگران در مطالعات مختلفی اعلام نمودند که با افزایش میزان فرسودگی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد (McDonald and Nelson, 1986; Makkawi et al., 1999; Cookson, 2001; Eisvand et al., 2011; Basra et al., 2003). فرسودگی با تأثیر گذاری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه باعث کاهش طول گیاهچه می‌گردد که این کاهش رشد در سطح ریشه‌چه بیش‌تر از ساقه‌چه

می‌باشد (Jain et al., 2006). از آنجایی که ریشه‌چه در قسمت انتهایی بذر در محل ورود رطوبت و اکسیژن قرار دارد، بنابراین نسبت به سایر اجزای بذر بیش‌تر تحت تاثیر فرسودگی قرار می‌گیرد (McDonald, 1999).



شکل ٦: میانگین طول ساقه‌چه گیاهچه‌های دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت بذر

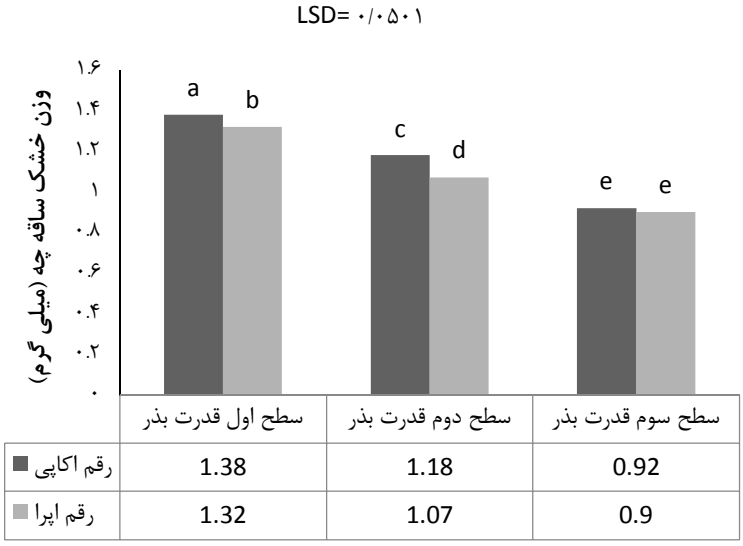
در تایید نتایج این پژوهش مطالعات مختلفی افزایش طول ریشه‌چه بذرهای مختلف تحت تاثیر هیدرو-پرایمینگ را گزارش نمودند (Sanchez et al., 2001; Murungu et al., 2004; Joodi and Sharifzadeh 2009; Eisvand et al., 2011). افزایش طول ریشه‌چه به واسطه پیش تیمار آبی احتمالا به علت افزایش قابلیت گسترش دیواره سلولی جنین (Basra et al., 2003) و تحریک فعالیت‌های متابولیکی داخل جنین می‌باشد برای مثال در هنگام جذب آب همانند سازی DNA، تحریک فعالیت RNA، و در نتیجه پروتئین سازی، ترمیم غشای سلولی و افزایش غلظت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اتیلن صورت گرفته که مجموع این عوامل مقدمات جوانه‌زنی را فراهم می‌آورند و زمانی که بذور پیش تیمار شده تحت شرایط جوانه‌زنی قرار می‌گیرند در مقایسه با شاهد عکس العمل مطلوب‌تری را به نمایش می‌گذارند (Chojnowski and Come, 1997). از سوی دیگر، Samiullah and Khan (1997) عنوان نمودند که پیش تیمار بذور موجب افزایش سیستم ریشه‌ای آنها می‌شود و علت آن را افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک و به دنبال آن افزایش میزان استفاده از ذخایر بیان کردند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی قدرت بذر و پرایمینگ بر طول ریشه‌چه

		طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)
قدرت بذر	سطح اول قدرت بذر	٦/٥٢a
	سطح دوم قدرت بذر	٥/٠١b
	سطح سوم قدرت بذر	٣/٩١c
LSD 0.05		٠/٣٠٨٥
پرایمینگ	بدون پرایمینگ	٤/٧٢b
	هیدرو-پرایمینگ	٥/٥٨a
LSD 0.05		٠/٢٥١٩

میانگین وزن خشک ساقه‌چه‌های ارقام کلزا به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر تغییرات قدرت بذر قرار گرفت. بطوری که با کاهش قدرت بذرهای ارقام کلزا وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت، که این کاهش وزن خشک ناشی از افت قدرت بذر، در ساقه‌چه‌های رقم اپرا بیش‌تر از رقم اکاپی مشاهده شد (شکل ۷). از طرفی بذرهای هیدرو-پرایم شده کلزا گیاهچه‌هایی با وزن خشک ساقه‌چه بالاتری نسبت به بذرهای بدون پرایمینگ تولید نمودند (جدول ٤).

بذور ضعیف تولید ساقه‌چه ضعیف‌تری می‌کنند که از وزن خشک کم‌تری نیز برخوردار می‌باشند (Edje and Burris, 1971; Neto et al., 2001). کاهش وزن خشک ساقه‌چه گیاهچه‌های حاصل از بذور فرسوده شده می‌تواند به علت کاهش میزان پویایی ذخایر بـذر و یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده باشد (Soltani et al., 2006; Soltani et al., 2009). گزارش‌های متعددی مبتنی بر تاثیر مثبت هیدرو-پرایمینگ بر وزن خشک ریشه‌چه در بذور مختلف اعلام شده است (Joodi and Sharifzadeh 2009; Abdulrahmani et al., 2007). اثر افزایشی هیدرو-پرایمینگ بر وزن خشک ساقه‌چه ممکن است به این دلیل باشد که در اثر جوانه‌زنی سریع بذر، ساقه‌چه فرصت بیش‌تری برای رشد و تجمع ماده خشک در دوره معین دارند (Tbatabaei et al., 2014).



شکل ۷: میانگین وزن خشک ساقه‌چه دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت بذر

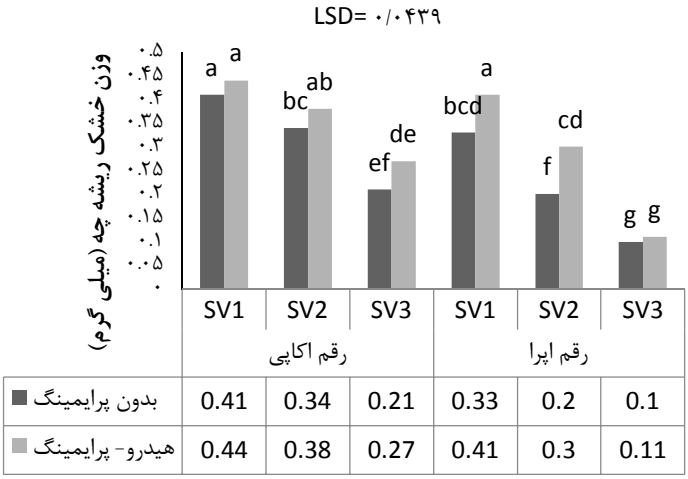
جدول ٤: مقایسه میانگین اثر اصلی پرایمینگ بر وزن خشک ساقه‌چه

پرایمینگ	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم)
بدون پرایمینگ	۱/۰۹b
هیدروپرایمینگ	۱/۱۷a
LSD 0.05	۰/۰۳۰۸

وزن خشک ریشه‌چه در گیاهچه‌های حاصل از بذور ضعیف در هر دو رقم کلزا کاهش قابل توجهی نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذور قوی از خود نشان دادند. این روند نزولی وزن خشک ریشه‌چه‌های کلزا در اثر کاهش قدرت بذر در رقم اپرا نسبت به رقم اکاپی نمود بیش‌تری داشت. اما به کارگیری تکنیک هیدرو-پرایمینگ سبب بهبود نسبی اثرات سوء ناشی از فرسودگی بذر از نظر وزن خشک ریشه‌چه‌های کلزا شد، به طوری که در سطح سوم قدرت

بذر پیش تیمار آبی بذور در رقم اکاپی حدود ۲۲ درصد و در رقم اپرا حدود ۹ درصد، میانگین وزن خشک ریشه‌چه‌ها را افزایش داد (شکل ۸).

نتایج مشابهی توسط دیگر محققان در مورد گیاهان مختلف گزارش شده است (Sung and Chang, 1993; Iqbal et al., 2002; Kapoor et al., 2010; Kapoor et al., 2011). علت احتمالی کاهش وزن خشک ریشه‌چه کلزا ممکن است به دلیل پایین آمدن فعالیت‌های بیوشیمیایی در بذر باشد. چرا که فرسودگی بذر اثر زیان آوری بر آنزیم‌های لازم برای تبدیل مواد ذخیره‌ای جنین به فرم قابل استفاده و در نهایت تولید گیاهچه عادی دارد (Sung and Chang, 1993). چنین ناهنجاری نشان دهنده آسیب شدید به DNA می‌باشد و زمانی که در بخشی از جنین، تقسیم نابجای سلولی رخ می‌دهد منجر به کاهش رشد ریشه‌چه و در نتیجه کاهش وزن خشک ریشه‌چه می‌شود (Radha et al., 2014). از سوی دیگر، پرایمینگ بذر موجب ترمیم برخی آسیب‌های بوجود آمده به واسطه فرسودگی بذر و در نتیجه بهبود کیفیت بذر می‌گردد (Casenave and Toselli, 2007). نتایج پژوهش‌های مختلف در این زمینه نشان داده است که پیش تیمار آبی بذور موجب تغییرات متابولیکی در جوانه‌زنی بذر، از جمله وقایع مربوط به مراحل اولیه جوانه‌زنی بذر (De Castro, 2000)، تضعیف آندوسپرم توسط فعالیت آنزیم‌های هیدرولاز (Groot et al., 1998; Bradford et al., 2000) و تحرک پروتئین‌های ذخیره‌ای می‌شود (Job et al., 2000).



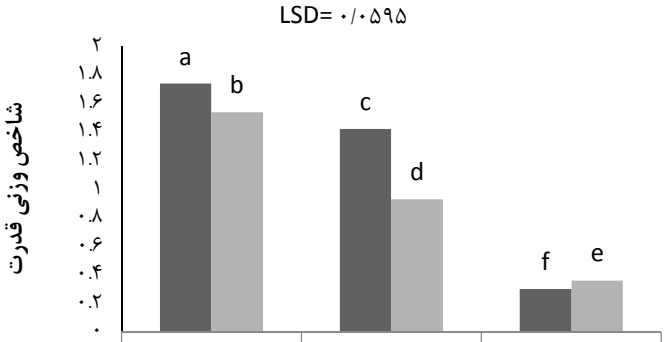
شکل ۸: میانگین وزن خشک ریشه‌چه گیاهچه‌های دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت و پرایمینگ بذور

شاخص وزنی قدرت گیاهچه‌های هر دو رقم کلزا به شدت تحت تاثیر فرسودگی بذر قرار گرفت. بطوری که با افزایش زمان فرسودگی بذرهای ارقام کلزا، شاخص وزنی قدرت گیاهچه کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد، که این افت شاخص وزنی قدرت گیاهچه در رقم اپرا نسبت به رقم اکاپی نمود بیش‌تری داشت (شکل ۹). هیدرو-پرایمینگ بذرهای برخوردار از سطوح مختلف قدرت بذر کلزا از نظر شاخص وزنی قدرت گیاهچه اثرات مثبتی از خود بر جای گذاشت، چراکه در بذرهای هیدرو-پرایم شده شاخص وزنی قدرت گیاهچه بالاتری نسبت به بذرهای بدون پرایمینگ مشاهده شد (شکل ۱۰). از سوی دیگر، میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که، اثرات بهبود دهنده هیدرو-پرایمینگ بذر از نظر این صفت در رقم اکاپی بیش‌تر از رقم اپرا مشهود بود (شکل ۱۱).

Tavakol Afshari et al. (2009) با بررسی تاثیر قدرت بذر بر جوانه‌زنی دو رقم کلزا دریافتند که با افزایش زمان

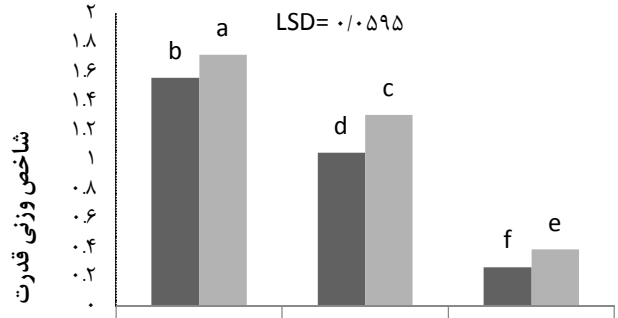
فرسودگی شاخص وزنی قدرت گیاهچه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت که این روند نزولی در بین ارقام از لحاظ آماری متفاوت و معنی دار بود. به طور کلی می‌توان عنوان نمود که، کاهش شاخص وزنی قدرت گیاهچه ناشی از کاهش اجزا آن، یعنی درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه می‌باشد که هر دو جزء در شرایط زوال کاهش می‌یابند. فرسودگی بذر به دلیل تخریب DNA سلول منجر به اختلال در رونویسی، و در نتیجه موجب سنتز ناقص آنزیم‌های ضروری در مراحل اولیه جوانه‌زنی بذر شده که در نهایت سبب کاهش شاخص قدرت گیاهچه‌ها می‌گردد (Kapoor et al., 2010).

Tbatabaei et al. (2014) در پژوهش خود عنوان نمودند که استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر موجب افزایش شاخص وزنی قدرت گیاهچه می‌گردد. لذا به نظر می‌رسد که پیش تیمار آبی بذر برخی از آسیب‌های زیان آور ناشی از فرسودگی را جبران می‌نماید (McDonald, 2000).



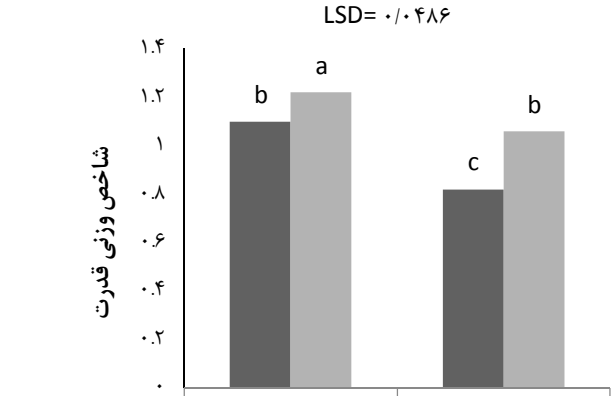
	سطح اول قدرت بذر	سطح دوم قدرت بذر	سطح سوم قدرت بذر
رقم اکاپی	1.74	1.42	0.3
رقم اپرا	1.54	0.93	0.36

شکل ۹: میانگین شاخص وزنی قدرت گیاهچه دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت بذر



	سطح اول قدرت بذر	سطح دوم قدرت بذر	سطح سوم قدرت بذر
بدون پرایمینگ	1.56	1.05	0.27
هیدرو- پرایمینگ	1.72	1.31	0.39

شکل ۱۰: میانگین شاخص وزنی قدرت گیاهچه دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت و پرایمینگ بذر



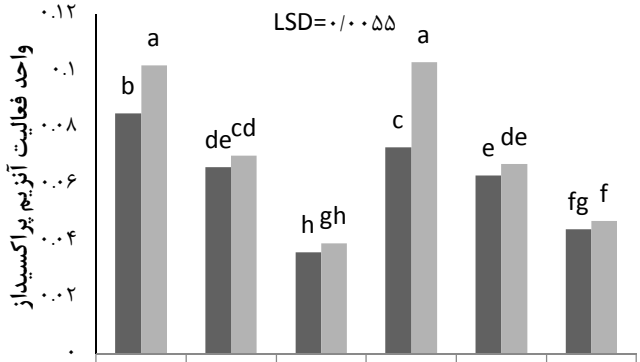
	رقم اکاپی	رقم اپرا
بدون پرایمینگ	1.1	0.82
هیدرو- پرایمینگ	1.22	1.06

شکل ۱۱: میانگین شاخص وزنی قدرت گیاهچه دو رقم کلزا تحت تاثیر پرایمینگ بذر

با افزایش زمان فرسودگی بذر، فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های کلزا کاهش قابل ملاحظه‌ای را از خود نشان داد، که این کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم اپرا بیش‌تر از رقم اکاپی محسوس بود. پیش تیمار آبی موجب بهبود اثرات سوء ناشی از فرسودگی از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌های هر دو رقم کلزا شد. به‌طوری‌که هیدرو-پرایمینگ بذور قوی رقم اکاپی بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را نشان داد و کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر دو رقم کلزا متعلق به گیاهچه‌های حاصل از بذور سطح سوم قدرت در شرایط بدون پیش تیمار بود (شکل ۱۲).

Tavakol Afshari et al. (2009) در مطالعات خود عنوان نمودند که فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های کلزا در اثر فرسودگی بذر کاهش می‌یابد. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در اثر فرسودگی بذر به‌دلایل متعددی مانند آسیب رسیدن به سنتز RNA که در نهایت موجب کاهش تولید پروتئین خواهد شد، کاهش سنتز پروتئین‌ها از جمله آنزیم‌های آنتی اکسیدان، رسوب و غیر فعال شدن آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد (Priestly, 1986; McDonald, 1999; Bsrasa et al., 2003). علاوه بر آن اضافه شدن قندهای احیا شده به پروتئین‌ها که به صورت غیر آنزیمی صورت می‌گیرد و به واکنش میلارد معروف است موجب غیر فعال شدن آنزیم‌های آنتی اکسیدان در شرایط فرسودگی بذر می‌شود (Neto et al., 2001; Murthy et al., 2003). از دیگر دلایلی که برای کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان طی فرآیند فرسودگی بذر ذکر شده است، حمله گونه‌های فعال اکسیژن به آنزیم‌های آنتی اکسیدان است که در شرایط پیری بذر افزایش یافته و موجب تخریب آنزیم‌ها می‌شود (Bailly, 2004). تولید رادیکال‌های آزاد منجر به وارد آمدن خسارت شدید به لیپیدهای دو لایه غشا خصوصا در غشا میتوکندری (Booth and Bai, 1999)، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، DNA، و در نهایت مکانیزم ترمیمی سلول می‌گردد (Wilson and McDonald, 1986). Tavakol Afshari et al. (2009) عنوان نمودند که افزایش ساعت آب‌گیری بذور با قدرت پایین کلزا موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد اما شدت افزایش فعالیت در بذور قوی بیشتر بود. دیگر محققان نیز عنوان نمودند پیش تیمار آبی بذور موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌شود (McDonald, 1999; Wang et al., 2003; Hsu et al., 2003). هیدروپرایمینگ بذور موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های پاک کننده رادیکال‌های آزاد، بی اثر کردن اثرات مربوط به پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش نشت الکترولیت‌ها می‌گردد (McDonald, 2000). آنزیم پراکسیداز تقسیم سلولی را افزایش می‌دهد بنابراین

می‌تواند بعنوان یک عامل کلیدی در افزایش رشد گیاهچه‌ها به حساب آید (Rouhi et al., 2012). به‌طورکلی ترمیم بذرهای فرسوده شده به دلیل پراکسیداسیون لیپیدی، به واسطه تولید آنتی اکسیدان‌ها و بهبود آنزیم‌ها طی آب‌گیری بذر اتفاق می‌افتد (McDonald, 2000).



بدون پرایمینگ	0.085	0.066	0.036	0.073	0.063	0.044
هیدرو-پرایمینگ	0.102	0.07	0.039	0.103	0.067	0.047

شکل ۱۲: میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های دو رقم کلزا تحت تاثیر قدرت و پرایمینگ بذور

نتیجه‌گیری نهایی

با در نظر گرفتن مجموع نتایج به دست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که علاوه بر ژنوتیپ، سطح قدرت و میزان فرسودگی بذور کلزا بر سودمندی پیش تیمار آبی اثر گذار بود؛ به طوری که شاخص‌های جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه در توده‌های بذری شاهد و کم‌تر فرسوده شده در مقایسه با بذور ضعیف‌تر (سطح سوم قدرت) به واسطه هیدرو-پرایمینگ بیش‌تر بهبود یافت. همچنین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های حاصل از بذور فرسوده تحت تاثیر هیدرو-پرایمینگ نسبت به شرایط بدون پرایمینگ افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت. این امر نشان دهنده قابلیت و ظرفیت هیدرو-پرایمینگ، دست کم در مورد ترمیم آسیب‌های ناشی از کاهش قدرت بذر در مراحل اولیه فرسودگی بذر ارقام مختلف کلزا می‌باشد. در پایان، انجام سلسله آزمایش‌های مشابه روی انواع بذور متعلق به گیاهان زراعی مختلف جهت واکاوی بیش‌تر نتایج حاصل از این پژوهش قابل توصیه است.

Reference

Abdolrahmani, B., Ghassemi- Golezani, K., Valizadeh, M., and Feizi Asl, V. 2007. Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordium voulgare* L.). J. Food Agric. Environ., 5: 179-184.

Afzal, I., Basra, S.M.A., Shahid, M., Farooq, M., and Saleem, M. 2008. Priming enhances germination of spring maize (*Zea mays* L.) under cool conditions. Seed Sci. Technol. 36 (2): 497-503.

Akrm ghadry, F., Kamkar, B., Soltan, A. 2008. Seed Science and Technology. University of Mashhad Publishing, 512 p.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment – A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and none-saline conditions. Advan. Agron., 88: 223-271.

Azizi, M., Soltani, A., and Khavari khorasani, S. 2009. Rapeseed (physiology, farming, breeding and biotechnology). University of Mashhad. Iran.

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Sci. Res.,14: 93-107.

Bailly, C., Benamer, A. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annus* L.) seeds as affected by priming. Seed Sci. Res., 10: 35-42.

Basra S.M.A., Afzal, L., Anwar, S., Anwar-ul-haq, M., Shafq, M., and Majeed, K. 2006. Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed Sci. Technol., 28: 36-46.

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. Seed Sci. Technol. 31: 531-540.

Berjake, P., and Villers, T.A. 1972. Aging in plant embryos: acceleration of senescence following artificial aging treatment. New Phytol., 71: 513–518.

Booth, D.T., and Bai, Y. 1999. Imbibition temperature effects on seedling vigor in crops and shrubs. J. Range. Manag., 52: 534- 538.

Bradford, K.J., Chen, F., Cooley, M.B., Dahal, P., Downie, B., Fukunaga, K.K., Gee, O.H., Gurusinghe, S.,Mella, R.A., Nonogaki, H., Wu, C.T., Yang, H., and Yim, K.O. 2000. Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds, pp. 231-251. In: Black, M., Bradford K. J. and Va´zquez-Ramos J. (Eds.). Seed Biology: Advances and Applications. CABI International. Wallingford, UK.

Bray, C.M., Davison, P.A., Ashraf, M., and Taylor R.M. 1989. Biochemical events during osmopriming of leek seed. Ann. App. Biol., 102: 185-193.

Butler, L.H., and Hay, F.R. 2009. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of Digitalis purpurea during storage. Ann. Bot., 103: 1261-70.

Casenave., E.C. and Toselli, M.E 2007. Hydropriming as a pre-treatment for cotton germination under thermal and water stress conditions. Seed Sci. Technol. 35: 88-98.

Chojnowski, F.C. and Come, D. 1997. Physiology and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and drying, storage and aging. Seed sci. Res., 7: 323-331.

Cookson, W.R., Rowarth, and Sedcole, J.S. 2001. Seed vigor in perennial rygrass (*Lolium Perennel* L.) effect and caus. Seed Sci. Technol., 29:255-270.

Dahal, P., Bradford, K.J. and Jones, R.A. 1990. Effects of priming and osperm integrity at reduced water potential. J. Exp. Bot. 41: 1441-1453.

De Castro, R.D., van Lammeren, A.A.M., Groot, S.P.C., Bino, R.J., and Hilhorst, H.W.M. 2000. Cell division and subsequent radicle protrusion in tomato seeds are inhibited by osmotic stress but DNA synthesis and formation of microtubular cytoskeleton are not. Plant Physiol., 122: 327-335.

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

Delouche J.C., and Baskin C.C. 1973. Accelerated ageing techniques for predicting the storability of seed lots. Seed Sci. Technol., 1: 427-452.

Demir Kaya, M., Gamez, A., Cikili, M., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower. Eur. J. Agro. 24: 291-295.

Edje, O.T., and Burris, J.S. 1971. Effects of soybean seed vigor on field performance. *Agron. J.*, 63: 536-538.

Eisvand, H.R., Shahrosv and, S., Zahedi, B., Heidari, S., and Afroughe, Sh. 2011. Effects of hydropriming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid on seed and seedling quality of carrot (*Daucus carota*var. sativus). Iranian J. Plant Physiol., 1: 233-239.

Ellis, R. H., and E. H. Roberts. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Ghassemi-Golezani, K., Aliloo, A.A., Valizadeh, M., and Moghaddam, M. 2008. Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil. J. Food Agric. Environ., 6: 222- 226.

Ghorbani, M.H., Soltani, A. and Amiri, S. 2006. The effect of salinity and seed size on response of wheat germination and seedling growth. J. Agri. Sci. Nat. Res., 14 (6): 60-56.

Groot, S.P.C., Kieliszewska-Rokicha, B., Vermeer, E., and Karssen, C.M. 1988. Gibberellin-induced hydrolysis of endosperm cell walls in gibberellin-deficient tomato seeds prior to radicle protrusion. Planta. 174: 500-504.

Halder, S., Kole, S. and Gupta, K. 1983. On the mechanism of sunflower seed deterioration under two different types of accelerated ageing. Seed Sci. Technol. 11: 331-339.

Harris, D., Joshi, A. Khan, P.A. Gothkar P. and Sodhi. P.S. 1999. On-farm seed priming arid agriculture: Development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory in semi-methods. J. Exp. Agri., 35: 15-29.

Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agri. Sys., 69: 151-164.

Hosseini, F. 2000. The effect of seed deterioration on germination, establishment and yield of five rapeseed varieties in Ahvaz climatic conditions. Master Thesis Agriculture and Natural Resources University of Ahvaz. 285 p.

Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J. and Sung, J.M. 2003. Accelerated aging–enhanced lipid peroxidation in bitter gourd seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. Sci. Hort., 98: 201-12.

International Seed Testing Association. 2014. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, 27, Supplement, 333pp.

Iqbal, N., Shahzad, A., Basra, M. and Rehman, K .2002. Evaluation of Vigor and Oil Quality in Cottonseed during Accelerated Aging. Int. J. Agri. Biol. 4(3): 318-322.

Jain, N., Koopar, R. and Saxena, S. 2006. Effect of accelerated ageing on seeds of radish (*Raphanus sativus* L.). Asian J. Plant Sci., 5: 461-464.

Javadi, A., Khomari, S. and Sofalian, O. 2014. Seed vigour and boron and calcium nutrition influence oilseed rape germinability and seedling growth under salt stress. J plant nutri. 53(3), 357-368.

Job, D., Capron, I., Job, C., Dacher, F., Corbineau, F. and Côme, D. 2000. Identification of germination-specific protein markers and their use in seed priming technology, pp. 449-459. In: Black M., Bradford K. J. and Va´zquez-Ramos J. (Eds.). Seed Biology: Advances and Applications. CAB International. Wallingford, UK.

Joodi, M. and Sharifzadeh, F. 2009. Investigation of hydropriming effects on barley cultivars. Desert. 11(1): 99-109.

Kapoor, N., Mohd. A.A., Siddiqui, A., Kumar, H. and Amir, A. 2011. Physiological and Biochemical Changes During Seed Deterioration in Aged Seeds of Rice (*Oryza sativa* L.). American J. Plant Physiol., 6: 28-35.

Kapoor, N., Arya, A., Siddiqui, M.A., kumar, H., and Amir, A. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum L.*) under accelerated aging. Asian J. Plant Sci., 9 (3): 158-162.

Kaur, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 2003. Priming of chickpea seeds with water and mannitol overcomes the effect of salt stress on seedling growth. Inter Chickpea and Pigeonpea Newsletter. 10: 18-20.

Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M. and Moharir, A.V. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Sci. Technol. 31: 541-550.

Lehner, A., Mamadou, N., Poels, P., Come, D., Bailly, C. and Corbineau, F. 2008. Change in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during aging in wheat grains., J. Cereal Sci., 47 (3): 555-565.

MacAdam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E. 1992. Peroxidase Activity in the Leaf Elongation Zone of Tall Fescue. Plant Physiol., 99:872-878.

Makkawi. M., El Bala, M., Bishaw, Z. and Van Gastel, A.J.G. 1999. The relationship between seed vigor tests and field emergence in lentil (Lens culinaris Medikus). Seed Sci. Tech., 27: 657–668.

Mazor, L., Perl, M., and Negbi, M. 1984. Changes in some ATP dependent activities in seed during treatment with polyethyleneglycol and during redrying process. J. Exp. Bot. 35: 1119-1127.

Mc Donald, M.B. 2000. Seed priming. In Seed Technology and its Biological Basis" (M. Black and J. D. Bweley. Eds.). Sheffield Academic press Ltd., Sheffieid. pp. 287-325

Mc Donald M.B. and Nelson C.J., eds. 1986. Physiology of Seed Deterioration. Crop Science Society of America, Madison, WI.

Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed sci. technol. 27: 177-237.

Modarresi, R., Rucker, M., and Tekrony, D.M. 2002. Accelerated aging test for comparing wheat seed vigor., Seed Sci. Technol., 30: 683–687.

Murthy, U.N., Kumar, P.P., and Sun, W.Q. 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. J. Exp. Botan., 54(384): 1057-1067.

Murungu, F.S., Chiduza, C., Nyamugafat, P., Clark, L.J., Whalley, W.R., and Finch-Savage, W.E. 2004. Effects of 'on-farm seed priming' on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crops Res. 89: 49-57.

Neto, N.B.M., Custodio, C.C. and Takaki, M. 2001. Evaluation of naturally and artificially aged seed of phaseolus vulgaris L. seed Sci. Technol., 29: 137-149.

Nezami, A., khazaei, H.R., mirhashemi, S.M. and Hasanzade aval, F. 2014. The effect of seed priming on germination and seedling growth of maize. J. seed sci. technol. Iran. 2 (1): 45-39.

Parera, C.A. and Cantliffe, D.J. 1994. Presowing seed priming. J. Hort. Rev., 16: 119-141.

Priestly, D.A. 1986. Seed aging: Implication for seed storage and persistence in the soil. Cornell University Press. Ithaca, NY.

Rabiei, B. and Bayat, M. 2010. Investigation of seed germination and seedling growth indices canola varieties by using seed vigor. Iran Crop Sci., 40(2): 140-93.

Radha, B.N., Channakeshava, B.C., Bhanuprakash, k., Pandurange, K.T., Ramachandrappa, B.K. and Munirajappa, R. 2014. DNA Damage During Seed Ageing. J. Agric. V. Sci. PP: 34-39.

Roozrokh, M., and Ghasemi Golezani, K. 1999. The effect of seed deterioration on emergence and yield of five cultivar of rapeseed in Ahvaz climate conditions. Master Thesis Agriculture and Natural Resources University of Ahvaz. 258 p.

Rouhi, H.R., Aboutalebian, M.A., Moosavi, S.A., Karimi, F.A.o, Karimi, F., Saman, M., and Samadi, M. 2012. Change in several antioxidant enzymes activity of Berseem clover (*Trifoliumalexandrinum* L.) by priming. Int. J. Agri. Sci., 2(3): 237-243.

Rowse, H.R., Mckee, J.M.T. and Finch-Savage, W.E. 2001. Memberance priming: a method for small samples of high value seeds. Seed Sci. Technol., 29: 587-597.

Sadeghian, S.Y., Yavari, N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugarbeet., J. Agro. Crop Sci., 190:138–144.

Saha R., Mandal, A.K., Basu, R.N. 1990. Physiology of seed invigoration treatments in soybean (*Glycine max* L.). Seed Sci. Technol., 18: 269-276.

Saha, R.R., Sultana, W. 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. Bangladesh J. Bot., 37: 21-26.

Salunkhe D.K., Chavan J.K., Kadam S.S. 1985. Post harvest Biotechnology of Cereals. CRC Press. Boca Raton, Fla.

Samiullah, A.F., and Khan, D. 1997. Improving performance of *Brassica junacoa* by seed treatment with pyridoxine. N. Z. J. Crop Hort. Sci., 25: 43-47.

Sanchez, J.A., Munoz, B.C., and Fresneda, J. 2001. Combine effect of hadening hydration dehydration and heat shock treatment on the germination of tomato, pepper and cucumber. Seed Sci. Technol., 29:691-697.

Singh, B.G. 1995. Effect of hydration-dehydration seed treatments on vigor and yield of sunflower. Indian J. Plant Physiol., 38: 66–68.

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chicpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol., 30: 51-60.

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Exp. Bot. 55: 195-200.

Soltani, A., Kamkar, F, Galeshi, S., and Akram-ghaderi, F. 2009. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. J. Agri. Sci. Nat. Res. 15 (1): 196-193.

Styer, R.C., and Cantliffe. D.J. 1983. Evidence of repair processes in onion seed during storage at high seed moisture contents., J. Exp. Bot,. 34: 277-282.

Sung, F.J. and Chang, Y.H., 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Sci. Technol., 21: 97-105.

Sung, J.M., and Chiu, C.C. 1995. Lipid-peroxidation and peroxide scavenging enzymes of naturally aged soybean. Plant Sci., 110: 45-52.

Tajbakhsh, D. 1996. Seed: recognition, certification and control. Press Ahrar Tabriz, 179 p.

Tavakol Afshari, R.S. Rashidi, S. and Alizadeh, H. 2009. Effects of seed aging on germinationcharacteristics and on catalase and peroxidase activities in two canola cultivars (*Brassica napus* L.).Iranian J. Field Crop Sci., 40: 125-133.

Tbatabaei, F.S., Gharine, M.H., Fathi, G.A. and Sayadat, S.A.A. 2014. Effect of osmo and hydro priming on germination, seedling establishment and Wheat cultivars grain yield in the weather of Khuzestan. Journal of seed science and technology of Iran.

Verma, S.S., Verma, V. and Tomer, R.P.S. 2003. Studies on seed quality parameters in deterioration seeds in Brassica. Seed Sci. Technol., 31: 389-396.

Wang, H.Y., Chen, C.L., and Sung, J.M. 2003. Both warm water soaking and matriconditioning treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at suboptimal temperature. Seed Sci. Technol., 31: 47-56.

Wilson D.O. and McDonald M.B. 1986. The lipid peroxidation model of seed ageing. Seed Sci. Technol., 14: 269- 300.