علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره چهارم/ ۱۴۰۰ (۴۲۸ - ۴۱۳)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5289

اثر رطوبت بذر و مدت زمان انبارداری بر تنش اکسیداتیو در بذرهای جو

زهرا مرادیان[۱]، سعیده ملکی فراهانی[۲*]، علیرضا رضازاده[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۷

چکیده

انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای انبارداری می‌تواند از هزینه‌های هنگفت انبارداری بکاهد. به‌منظور بررسی تنوع پتانسیل انبارداری ژنوتیپ‌های جو آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی و سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل هشت ژنوتیپ بومی جو به‌همراه دو رقم، عامل دوم رطوبت بذر در سه سطح ۷، ۱۴ و ۱۸ درصد و عامل سوم مدت زمان پیرکردن بذر (سه روز، یک هفته، چهار هفته) بود. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت بذر از درصد جوانه‌زنی بذرها کاسته شد، به‌طوری‌که وقتی رطوبت به ۱۸ درصد رسید، فقط ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ پس از یک هفته پیری جوانه زدند و در طی یک ماه ذخیره‌سازی با رطوبت بذر ۱۸ درصد، هیچ جوانه‌ای مشاهده نشد. در این آزمون بعد از گذشت یک ماه ذخیره‌سازی در بذرهای با رطوبت ۱۸درصد محتوای کل فنلی و میزان مالون‌دی‌آلدئید کاهش یافت و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ ۸ (۷۲۷۴۷) طی سه روز انبارداری با رطوبت بذر ۱۸ درصد بیش‌ترین محتوای فنل و درصد جوانه‌زنی (۳۳/۷۸) را دارا بود. از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ با منشاء چین و ۷ و ۸ با منشاء ایران برای مقابله با شرایط نامساعد رطوبت و دمای بالای انبار، سطح آنتی‌اکسیدانت خود را بالا برده و از بنیه و درصد جوانه‌زنی بالایی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: **پیری، ژنوتیپ، فنل، جوانه‌زنی، محتوای رطوبت بذر، ذخیره‌سازی**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. zahra.moradian23@gmail.com
۲- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. maleki@shahed.ac.ir
۳- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. rezazadeh@shahed.ac.ir
*نویسنده مسئول: maleki@shahed.ac.ir

مقدمه

به‌منظور کاهش فاصله ذخیره‌سازی، از آزمون پیری با تقلید از فرآیندهای زوال بذر استفاده می‌شود. روش‌های معمول پیری اعمال سطوح رطوبت بذر بالاتر، درجه حرارت و فشار اکسیژن بالا می‌باشد. شرکت‌های بین‌المللی تولید بذر و نیز مجموعه‌های بانک بذر در اوایل قرن بیستم پایه‌گذاری شدند. اصلاح‌گران بذر که بر روی کیفیت بذر کار می‌کنند، باید از مکانیسم‌های طول عمر بذر آگاهی داشته باشند (Negal *et al*., 2016).

بذرها در حالت بلوغ بیش‌ترین طول عمر را دارا هستند. اثر عوامل نامساعد محیطی مانند تنش‌های زیستی و غیرزیستی در طی دوره رشد و نمو، بلوغ گیاه و نیز برداشت و بوجاری گیاه نمایان می‌شود. زوال بذر یک ویژگی ناخواسته در کشاورزی است و متاسفانه همه ساله بخش زیادی از بذرهای تولیدشده طی انبارداری نامناسب از بین می‌رود (Li *et al*., 2007; Kapoor *et al*., 2011). بر اساس برآوردها، سالیانه حدود ۲۵ درصد بذر یا بخش قابل توجهی از درآمد حاصل از آن به‌دلیل کیفیت پایین از دست می‌رود (Benech Arnold and Sanchez, 2004). سرعت زوال بستگی زیادی به شرایط محیطی ذخیره‌سازی شامل دما، اتمسفر و رطوبت نسبی در تقابل با ژنوتیپ دارد. بررسی زوال بذرهای ارتودوکس در شرایط نرمال و طولانی مدت به‌عنوان ذخیره‌سازی بهینه، می‌تواند باعث بقای بیش‌تر بذرها بدون این‌که تاثیری روی جوانه‌زنی بذرها داشته باشد (Negal *et al*., 2016). به‌منظور بررسی دقیق‌تر زوال بذر آزمایشاتی با روش‌های استاندارد (Hay *et al*., 2008) صورت گرفته است. به‌طور اساسی افزایش دما به بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس و افزایش سطح رطوبت باعث تبدیل حالت سخت شیشه‌ای بذر به حالت نیمه‌سخت و تاثیرات شاخص روی فعالیت‌های شیمیایی می‌شود. این روش‌ها به‌طور وسیعی برای بررسی سطوح اکولوژی، مولکولی، بیوشیمیایی و ژنتیکی به کار برده می‌شود. با این حال، فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک پیری کنترل‌شده بذرها در حالت نیمه‌سخت می‌تواند باعث تغییر pH و آنتی‌اکسیدان گلوتاتیون در ذخیره‌سازی صنعتی در دمای اتاق و یا سرد و یا ذخیره‌سازی خشک در بانک ژن شود. بنابراین، زمینه‌های ژنتیکی طول عمر بذرها با قراردادن بذر در شرایط پیری و نسبتا مرطوب آزمایشگاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Negal *et al*., 2016). جهت درک بهتر فرآیندهای فرسودگی لازم است مکانیسم‌های تنظیم‌کننده میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان بررسی گردد. پیری بذر باعث تجمع گونه‌های آسیب‌رسان فعال اکسیژن، که منجر به پراکسیداسیون لیپید، تخریب ساختار RNA و پروتئین، و تغییر ساختار DNA در طول ذخیره‌سازی می‌شود (Fangshan *et al*., 2015). سرعت زوال در میان گونه‌های گیاهی بذر متفاوت است، اما رطوبت بالا و دمای بالا این فرایند را تسریع می‌کند (Kibinza *et al*., 2011). تغییر روند سطح اکسیداسیون و میزان رادیکال‌های اکسیداتیو از جمله وقایع مهم و مشترک تنش‌های محیطی و فرآیند پیری کنترل‌شده محسوب می‌شود. مشاهدات انجام‌شده در گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که تنش اکسیداتیو همزمان با افزایش سن بذر با کاهش اثربخشی سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانت سلولی، رادیکال‌های آزادی که باعث پیری می‌شود را افزایش می‌دهد (Kibinza *et al*., 2011). به‌طور کلی ترکیبات فعال بیوشیمیایی نقش مهمی در کاهش فرسودگی بذر دارند (Tabatabai, 2014). صدمات وارده در سطح بیوشیمیایی باعث تغییر وضعیت فیزیولوژیک بذر می‌شود و میزان خسارت به شرایط ذخیره بذر بستگی دارد (Ghaderifar *et al*., 2013). ارقام مختلف از طریق فعال‌کردن سیستم آنتی‌اکسیدانت باعث کاهش پراکسیداسیون سلولی می‌شود. به‌طور معمول بذرها برای زنده‌ماندن در یک شرایط مناسب، از زمان برداشت تا کاشت مجدد در انبار ذخیره می‌شوند، هرچه زمان نگهداری بذر با توجه به هدف نگهداری بیش‌تر باشد، هزینه آن بیش‌تر و درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. انتخاب ارقام مقاوم به شرایط نامساعد محیطی نیز می‌تواند مشکلات کاهش بقای بذر را حل کند و از هزینه اضافی جهت پایین نگه‌داشتن دما جلوگیری کند. هدف از این تحقیق بررسی روند پراکسیداسیون سلولی و محتوای فنل بذر جو طی پیری کنترل‌شده است به گونه‌ای که بتوان بهترین شرایط رطوبتی را برای نگهداری بذر آن پیش‌بینی کرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع درون‌گونه‌ای به لحاظ تحمل به شرایط انبارداری، هشت ژنوتیپ جو (

Hordeum vulgare L.) به‌همراه دو رقم به‌رخ و نصرت آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل هشت ژنوتیپ بومی جو به‌همراه دو رقم به‌رخ و نصرت در سه سطح رطوبت (۷، ۱۴، ۱۸ درصد) و سه مدت زمان (سه روز، یک هفته، چهار هفته) تحت تاثیر پیری کنترل شده قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توده‌های بومی جو دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران شامل نمونه‌های خارجی و داخلی بودند و دو رقم به‌رخ و نصرت که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. Barley genotypes tested in this study

شماره Number	شماره بانک ژن Number gene bank	منشا Origin
1	71411	انگلستان England
2	71938	پاکستان Pakistan
3	72439	چین China
4	72439	چین China
5	72655	ایران Iran
6	72689	ایران Iran
7	72482	ایران Iran
8	72747	ایران Iran
9		به‌رخ Behrokh
10		نصرت Nosrat

تعیین محتوای رطوبت بذر

محتوای رطوبت ژنوتیپ‌ها طبق استاندارد ایستا تعیین شد. تقریبا ۴/۵ گرم بذر درون ظرف نمونه در دو تکرار قرار داده و وزن شد، سپس به آون با دمای ۱۳۳- ۱۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت یک ساعت منتقل شد. سپس در دستگاه دسیکاتور به‌مدت۳۰ دقیقه قرار گرفت و بعد از وزن دوباره محتوای رطوبتی آن تعیین شد (ISTA, 2013).

آزمون پیری کنترل‌شده

بعد از تعیین رطوبت اولیه بذرها طبق استاندارد ایستا (ISTA., 2013) رطوبت بذرها با استفاده از آب دیونیزه و طبق فرمول ISTA به ۱۴ و ۱۸ درصد افزایش یافت. برای ایجاد رطوبت‌های موردنظر از رابطه یک استفاده شد.

$$W2 = W1(A-B)/(100-A) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

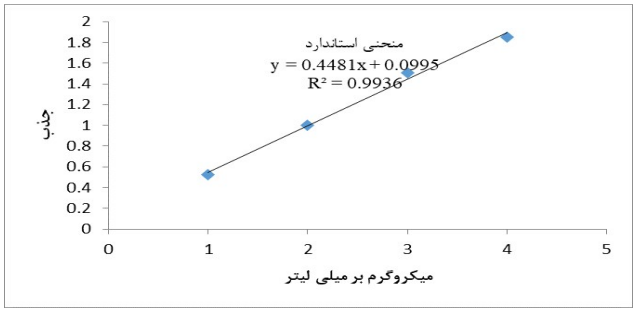
B درصد رطوبت اولیه بذر، A درصد رطوبت مورد نظر، W1 جرم اولیه توده بذر (g) و W2 جرم آب مقطر (g) می‌باشد (Alyvand, 2013). ۴۰۰ عدد بذر را درون پاکت‌های فویل آلومینیوم (12×217cm) قرار داده و سپس مقدار آب مورد نیاز به آن اضافه، برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون درب آن‌ها را بسته و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا بذرها هم رطوبت گردند. بعد از این‌که بذرها به رطوبت ۱۴ و ۱۸ درصد رسیدند، به‌مدت سه روز، یک هفته و چهار هفته در آون در دمای ۴۳ درجه سلسیوس قرار گرفتند.

آزمون جوانه‌زنی

پس از پیرنمودن بذرها از طریق روش پیری کنترل-شده آزمون جوانه‌زنی و رشد گیاهچه انجام شد. در این آزمون درصد، سرعت، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. به‌همین منظور ۲۵ عدد بذر ضدعفونی-شده از هر تیمار پیری روی کاغذ واتمن با فواصل مناسب قرار گرفت. سپس پتری‌دیش‌ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس انتقال یافت. با شروع جوانه‌زنی در هر روز در ساعت مشخصی بذور جوانه‌زده شمارش شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر در نظر گرفته شد. درصد و سرعت جوانه‌زنی توسط برنامه جرمین محاسبه شد (Soltani and Maddah, 2010). بعد از اتمام مدت زمان جوانه‌زنی نمونه‌ها از ژرمیناتور خارج و صفات مربوط به رشد گیاهچه اندازه‌گیری شد.

استخراج و سنجش محتوای کل فنلی به‌عنوان آنتی-اکسیدان غیر آنزیمی

محتوی کل فنل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتیو یک اندازه‌گیری شد. به نیم میلی‌لیتر از هر عصاره (۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) نرمال ۲/۵ میلی‌لیتر واکنشگر فولین سیوکالتیو ۰/۲نرمال اضافه شده، پس از ۵ دقیقه ۲ میلی‌لیتر از محلول ۷/۵ گرم بر لیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. جذب مخلوط ۹۰ دقیقه بعد در طول موج ۷۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در مقابل بلانک قرائت شد. اسید گالیک به‌عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون به‌کار رفت (شکل ۱). میزان تام فنولیک بر اساس میزان معادل "میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره" گزارش گردید آزمایش‌ها ۳ بار تکرار و میانگین آن‌ها گزارش شد.



شکل ۱- کالیبراسیون رسم‌شده از غلظت‌های متفاوت فنل در گستره غلظتی ۵۰۰-۱۰ میکروگرم بر لیتر در شرایط آزمایشگاهی (PH=۹ در دمای محیط ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۹ دقیقه)

Figure 1. Calibration of different concentrations of phenol in the concentration range of 10-500 µg / L in vitro (pH 9 = 25 ° C, 9 min)

پراکسیداسیون لیپید

میزان پراکسیداسیون لیپید به‌صورت محتوای مالون-دی‌آلدئید توسط واکنش با تیو بار بیوتریک اسید (TBA) اندازه‌گیری شد. ۰/۱ گرم از بذر در محلول تری-کلرواستیک (TCA) اسید یک درصد، کاملا همونیژه شده سپس مخلوط سانتریفیوژ شد. محلول شناور آن جمع‌آوری شد. به محلول شناور محلول ۵ درصد تیوباربیوتریک اسید (TBA) اضافه شد و به حمام آب گرم در دمای ۹۵ درجه سلسیوس منتقل گردید، پس از سردشدن مخلوط، میزان جذب مخلوط توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis مدل Lambda 25، کشور سازنده Perkin Elmer قرائت شد و سپس محتوای مالون‌دی‌آلدئید از رابطه دو محاسبه گردید (Heath and Paker, 1968).

Y=Ax+B (رابطه ۲)

Y: جذب نوری استاندارد

A: شیب خط (مثال در رابطه نمودار بالا این عدد برابر با ۰/۱۹۸۲ می‌باشد)

X: غلظت MDA (مثال در فرمول نمودار بالا این عدد برابر با ۰/۰۴۳۳ می‌باشد)

B: عرض از مبدا

با توجه به فاکتور بالا محتوای مالون‌دی‌آلدئید با رابطه سه محاسبه می‌شود.

MDA={(OD Sample- B)/(Amg or ml)} *4* k (رابطه ۳)

4: نسبت حجم نمونه (۲۰۰ میکرولیتر) به حجم محلول کار، K: ضریب رقت برای نمونه‌ها می‌باشد (میزان رقت برای نمونه‌های رقیق نشده ۱ می‌باشد)

Mg or ml: مقدار بافت یا سرم اولیه که برداشت شده است (مثال ۱۰ میلی‌گرم، ۰/۰۱۰ میلی‌لیتر)

OD: جذب نوری نمونه‌ها

MDA: مالون‌دی‌آلدئید

محاسبات آماری

داده‌های جوانه‌زنی با برنامه جرمین مورد پردازش قرار گرفتند. سپس داده‌های آزمایش‌ها توسط نرم‌افزارهای آماری SAS (نسخه ۹/۱/۳) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی طبق نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش درصد رطوبت بذر از ۷ به ۱۸ درصد، جوانه‌زنی ژنوتیپ-

های ۳ و ۴ نسبت به بذرهای شاهد پیرنشده در مدت ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ۱ بذرهای با رطوبت ۷ درصد توانستند قوه نامیه خود را در طی یک ماه حفظ کنند. با افزایش رطوبت بذر از ۷ به ۱۴ درصد در مدت زمان سه روز پیری قوه نامیه بذرها فقط در ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و دو رقم به‌رخ و نصرت حفظ شد. در این تحقیق با افزایش رطوبت بذر به ۱۸ درصد، درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد در ژنوتیپ‌های ۳، ۴ و ۸ کاهش معنی‌داری نشان داد. در رطوبت ۱۸ درصد ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ تا یک هفته به جوانه‌زنی خود ادامه دادند و بعد از آن جوانه‌زنی آن‌ها متوقف شد. میزان جوانه‌زنی در بذرهای پیر با فعالیت زمان سه روز پیری کاهش یافت. (جدول ۳). در همه واکنش‌گرها مثل گونه‌های فعال اکسیژن و لیپید پراکسیداسیون ارتباط دارد (Bailly *et al*., 2000). کاهش درصد جوانه‌زنی طی زوال بذر در گیاهان مختلف گزارش شده است (Basra *et al*., 2003, Freitas *et al*., 2006). درصد جوانه‌زنی در بذور ماش با رطوبت‌های اولیه ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ درصد و دماهای نگهداری ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷ سلسیوس برای یک دوره ۱۸ ماه انبار کاهش یافت (Pradidwong, 2004) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ، مدت زمان پیرکردن و رطوبت بذر برشاخص‌های جوانه‌زنی، محتوای کل فنلی و پراکسیداسیون لیپید

Table 2. Analysis of variance of the effect of genotype, aging duration and seed moisture content on germination indices, total phenolic content and lipid peroxidation

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentaqge	سرعت جوانه زنی Germination rate	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی Mean germination time	طول گیاهچه Seedling length	پراکسیداسیون لیپید Lipid peroxidation	محتوای کل فنلی Total phenolic content
ژنوتیپ (G) Genotype	9	676.97**	0.002**	713.08**	91.66**	50.45**	6.65**
زمان (AD) Aging duration	3	88524.97**	0.04**	739.73**	2122.13**	43.002**	5.12**
رطوبت بذر (SM) Seed moisture content	2	183200.48**	0.05**	4031.75**	1451.90**	115.60**	33.15**
G× AD	27	615.61**	0.0006**	469.28**	19.14**	1.96**	0.58**
G×SM	18	12.53**	0.0005**	1059.62**	10.87**	3.98**	1.06**
AD×SM	6	50.22**	0.004**	1251.94**	201.90**	53.11**	4.04**
AD×SM×G	54	559.25**	0.0005**	405.77**	9.18**	1.31**	0.30**
خطا Error	240	54.5	0.00001	0.47	1.01	0.39	0/007
ضریب تغییرات (CV%)		4.38	13.88	6.62	15.92	16.65	6.53

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**, significant at α= 5% level prob. at Duncan test

سرعت جوانه‌زنی

طبق نتایج تجزیه واریانس سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی در رطوبت ۱۴ درصد در مدت زمان سه روز در ژنوتیپ‌های ۳، ۷، رقم نصرت افزایش یافت (جدول۳). با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی به چهار هفته سرعت جوانه‌زنی در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ۳ و ۸ که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند، کاهش یافت. کاهش سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌هایی که به‌مدت یک هفته ذخیره شدند و دارای رطوبت ۷ درصد بودند، در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ۳ و ۷ دارای شیب بیش‌تری بود. کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی بعد از گذشت یک ماه مربوط به ژنوتیپ ۲ بود. ژنوتیپ‌های ۶، رقم نصرت و به‌رخ به لحاظ سرعت جوانه‌زنی در مرتبه بعد از ژنوتیپ ۲ به‌ترتیب قرار گرفتند. با افزایش رطوبت بذر به ۱۴درصد زوال بذر افزایش یافت و تنها ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷، ۸ و دو رقم به‌رخ و نصرت قادر به حفظ قدرت خود در مدت سه روز پیری بودند و بقیه ژنوتیپ‌ها توان خود را در جوانه‌زدن در طی یک ماه ذخیره‌سازی از دست دادند. کاهش سرعت جوانه‌زنی با افزایش محتوی رطوبت بذر به ۱۸ درصد شیب بیش‌تری داشت. در رطوبت ۱۸ درصد و ذخیرسازی سه روز بیش-ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به ژنوتیپ ۸ و ژنوتیپ ۴ و ۳ به‌ترتیب در مرتبه بعد از ژنوتیپ ۸ قرار گرفتند. با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی به یک ماه سرعت جوانه-زنی در رطوبت ۱۸ درصد به صفر رسید و ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ در طی یک هفته پیری سرعت جوانه‌زنی پایینی از خود نشان دادند.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف مورد بررسی تحت تاثیر ژنوتیپ، مدت زمان و درصد رطوبت بذر

Table 3. Mean comparison the interaction effect of genotype, ageing duration and seed moisture content on germination characteristics (Mean with the same letters in each column have no statistical difference in the level of five percent, according to Duncan test

ژنوتیپ (شماره بانک ژن)Genotype	مدت زمان پیری Aging duration	رطوبت Seed Moisture Content	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (1/ hour)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی Mean germination time(hour)	طول گیاهچه Seedling length(cm)	محتوای کل فنلی Total phenolic content(mg galicacid . g wd)	پراکسیداسیون لیپید Lipid peroxidation(Mol /gr wd)
1(71411)	شاهد (Control)	%۷	97.^{abc}	0.066^{bh}	12.62^{uv}	11.99^{c-e}	1.34^{o-t}	3.25^{p-z}
2(71938)			100^{a}	0.062d-k	12^{v}	13.69^{b}	1.07^{u-w}	3.37^{o-z}
3(72439)			100^{a}	0.07^{a-f}	12^{v}	15.31^{a}	1.36^{n-s}	2.37^{w-z}
4(72439)			100^{a}	0.066^{bh}	12^{v}	14.6^{ab}	1.43^{n-r}	3.09^{q-z}
5(72655)			98.^{ab}	0.066^{bh}	12.74^{uv}	12.15^{c-e}	1.53^{n-p}	7.73^{bc}
6(72689)			94.^{abc}	0.067^{bh}	12.44^{v}	10.10^{fg}	1.42^{n-r}	3.62^{m-v}
7(72482)			100^{a}	0.0711^{a-f}	12^{v}	14.6^{ab}	1.42^{n-r}	3.43^{o-y}
8(72747)			100^{a}	0.071^{a-f}	12.63^{uv}	14.41^{ab}	2.81^{b}	2.74^{t-z}
رقم به رخ			97.^{abc}	0.067^{bh}	13.33^{s-v}	12.73^{c}	0.79^{y-z}	2.89^{t-z}
رقم نصرت			97.^{abc}	0.067^{bh}	12.67^{uv}	11.64^{e-f}	0.81^{x-z}	3.71^{m-u}
1(71411)	سه روز (Three days)		100^{a}	0.066^{bh}	14.36^{p-s}	11.96^{e-f}	1.49^{n-p}	3.79^{m-v}
2(71938)			96.^{abc}	0.057^{e-m}	16^{n-o}	9.76^{hj}	1.89^{k-l}	3.77^{m-v}
3(72439)			100^{a}	0.05^{l-q}	13^{uv}	13.88^{b}	2^{g-k}	2.88^{t-z}
4(72439)			100^{a}	0.07^{a-f}	13.99^{r-u}	12.5^{cd}	1.98^{h-k}	3.82^{k-u}
5(72655)			100^{a}	0.063^{c-j}	13.11^{t-v}	6.36^{mn}	2.53^{c-e}	7.94^{b-c}
6(72689)			100^{a}	0.066^{bh}	15.48^{n-q}	9.16^{ij}	1.4^{n-r}	6.14^{d-f}
7(72482)			100^{a}	0.063^{c-j}	13^{uv}	14.25^{b}	2.80^{b}	5.13^{e-j}
8(72747)			100^{a}	0.07^{a-f}	12.44^{v}	12.53^{cd}	2.83^{b}	3.23^{q-z}
رقم به رخ			100^{a}	0.072^{a-f}	15.6^{n-q}	9^{j}	1.91^{j-l}	4.35^{j-q}
رقم نصرت			100^{a}	0.06^{e-l}	15.4^{n-q}	9.03^{j}	1.51^{n-p}	3.46^{i-o}
1(71411)	یک هفته (One week)		100^{a}	0.05^{l-q}	23.8^{g}	10^{hi}	1.47^{n-p}	4.50^{i-o}
2(71938)			100^{a}	0.04^{q-r}	21.5^{ij}	11.8^{e-f}	1.23^{q-u}	4.84^{g-m}
3(72439)			100^{a}	0.07^{a-f}	12.3^{v}	12.04^{c-e}	2^{g-k}	2.91^{t-z}
4(72439)			97.^{abc}	0.05^{q}	15.8^{n-p}	11.8^{e-f}	1.37^{n-s}	4.77^{h-m}
5(72655)			96.^{abc}	0.05^{q}	16.18^{n-o}	5.6^{n-p}	2.33^{e-f}	8.57^{ab}
6(72689)			100^{a}	0.04^{q-r}	٦ 20.08^{jk}	6.77^{m}	2.15^{f-i}	8.88^{ab}
7(72482)			97^{abc}	0.06^{e-l}	14.6^{p-s}	14.50^{ab}	2.71^{b-c}	5.54^{e-i}

8(72747)			100 a	0.063 c-j	14 r-u	9.7 ij	2.55 c-g	3.91 j-l
رقم به رخ			100 a	0.05 q	18 m	8.08 l	1.75 m-o	5.61 e-i
رقم نصرت			92. bc	0.041 p-r	19.48 l	9.13 j	1.98 h-k	3.50 n-x
1(71411)			90. c	0.045 o-r	22.6 hi	7.78 l	1.46 n-q	5.11 e-j
2(71938)			96.1 abc	0.02 t-v	27.6 e	5.43 op	1.21 r-u	4.88 g-m
3(72439)			100 a	0.06 e-l	14.47 q-s	9.49 ij	2.21 fg	3.18 q-z
4(72439)	چهار هفته		100 a	0.05 q	15.36 n-q	9.6 ij	1.45 n-q	4.78 h-n
5(72655)			100 a	0.04 q-r	22.1 i	3.83 q	2.41 de	9.33 a
6(72689)	(Four		100 a	0.03 s-t	25.6 f	4.03 q	0.89 w-z	8.54 ab
7(72482)	weeks)		100 a	0.05 q	16.43 n	11.53 ef	2.10 e-j	6.89 cd
8(72747)			100 a	0.06 e-l	14 r-u	8.19 kl	2.81 b	4.21 j-o
رقم به رخ			100 a	0.03 s-t	24. 32 g	5.96 no	1.46 n-p	6.21 de
رقم نصرت			97. abc	0.03 s-t	23.66 g	7.8 l	1.31 p-t	2.90 d-h
1(71411)			97. abc	0.066 bh	12.62	11.99 c-e	1.34 o-t	3.25 p-z
2(71938)			100 a	0.066 bh	12 v	13.69 b	1.07 u-w	3.37 o-z
3(72439)			100 a	0.07 a-f	12 v	15.31 a	1.36 n-s	2.37 w-z
4(72439)	شاهد		100 a	0.066 bh	12 v	14.6 ab	1.43 n-r	3.09 q-z
5(72655)			98. ab	0.066 bh	21.74 uv	12.15 c-e	1.53 n-p	7.73 bc
6(72689)			66. abc	0.067 bh	12.44 v	10.10 fg	1.42 n-r	3.62 m-v
7(72482)			100 a	0.067 bh	12 v	14.6 ab	1.42 n-r	3.43 o-y
8(72747)	(Control)		100 a	0.071 a-f	12.63 uv	14.41 ab	2.81 b	2.74 t-z
رقم به رخ			33. abc	0.067 bh	13.33 s-v	12.73 c	0.79 y-z	2/89 t-z
رقم نصرت			97. abc	0.067 bh	12.67 uv	11.64 ef	0.81 x-z	3.71 m-u
1(71411)		%۱۴	0.001 j	0.0001 x	0.0001 x	0.0001 x	1.53 n-p	4.22 j-o
2(71938)			0.001 j	0.0001 x	0.0001 x	0.0001 x	1.95 i-l	4.36 j-o
3(72439)			71.66 d	0.059	14 r-v	11.41 e-g	2.18 f-h	3.66 m-u
4(72439)	سه روز		23.33 h	0.055 b-n	15 o-r	10.59 gh	2/0 g-k	4 m
5(72655)			0.001 j	0.0001 x	0.0001 x	0.0001 x	0.38 o-t	9 . 42 a
6(72689)			0.001 j	0.0001 x	0.0001 x	0.0001 x	2.47 de	5 f-l
7(72482)	(Three days)		100 a	0.08 a	20 jk	14 b	2.86 b	4.81 j-o
8(72747)			35 g	0.019 u-w	13 uv	9.33 ij	3.23 a	3.82 m-u
رقم به رخ			58.33 f	0.048 m-r	15.86 n-q	5.73 op	1.57 m-o	4 j-o
رقم نصرت			95 abc	0.071 a-f	13.26 s-v	7.83 l	1.44 n-q	5 f-l
1(71411)	یک هفته		0.001 j	0.0001 x	0.0001 x	0.0001 x	1.59 min	2.22 x-z

2(71938)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.0^{g-k}	2.5^{z}
3(72439)	(One week)		0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.0^{g-k}	1.88^{z}
4(72439)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.56^{m-o}	2^{z}
5(72655)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.39^{z}	4.33^{j-o}
6(72689)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.62^{z}	2.85^{z}
7(72482)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.58^{cd}	2.14^{z}
8(72747)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.56^{cd}	2^{z}
رقم به رخ			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.48^{n-p}	2.12^{z}
رقم نصرت			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.91^{w-z}	1.92^{z}
1(71411)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.46^{d-h}	2^{z}
2(71938)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.37^{n-s}	2.2^{z}
3(72439)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.58^{mn}	1.6^{z}
4(72439)	چهارهفته		0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.43^{n-r}	1.13^{z}
5(72655)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.29^{z}	3.5^{p-z}
6(72689)	(Four		0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.35^{z}	2.13^{z}
7(72482)	weeks)		0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.44^{e}	2^{z}
8(72747)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	2.19^{j-n}	1.2^{z}
رقم به رخ			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.05^{u-w}	2^{z}
رقم نصرت			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.71^{z}	1.82^{z}
1(71411)			97.33^{abc}	0/066^{bh}	12.62^{uv}	11.99^{c-e}	1.34^{z}	3.25^{p-z}
2(71938)			100^{a}	0/066^{bh}	12^{v}	13.69^{b}	1.07^{uw}	3.37^{o-z}
3(72439)			100^{a}	0/07^{a-f}	12^{v}	15.31^{a}	1.36^{n-s}	2.37^{w-z}
4(72439)	شاهد		100^{a}	0/066^{bh}	12^{v}	14.6^{ab}	1.43^{n-r}	3.09^{q-z}
5(72655)			98.66^{ab}	0/066^{bh}	12.74^{uv}	12.15^{c-e}	1.53^{n-p}	7.73^{bc}
6(72689)			94.66abc	0/067^{bh}	12.44^{v}	10.10^{fg}	1.42^{n-r}	3.62^{m-v}
7(72482)	(Control)		100^{a}	0/0711^{a-f}	12^{v}	14.6^{ab}	1.42^{n-r}	3.43^{o-y}
8(72747)			100^{a}	0/0713^{a-e}	12.63^{uv}	14.41^{ab}	2.81^{b}	2.74^{t-z}
رقم به رخ		٪۱۸	97.33abc	0/067^{bh}	13.33^{s-v}	12.73^{c}	0.79^{y-z}	2.89^{t-z}
رقم نصرت			97.33abc	0/067^{bh}	12.67^{uv}	11.64^{e-f}	0.81^{x-z}	3.71^{m-u}
1(71411)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.48^{z}	5^{l-r}
2(71938)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.0^{o-x}	5.12^{e-j}
3(72439)	سه روز		0.001^{j}	0/016^{uvw}	88.6^{a}	11.03^{c-e}	1.17^{n-u}	3.5^{n-w}
4(72439)			3.33^{j}	0/033^{rs}	72^{c}	7.52^{l}	1.0^{o-x}	4^{j-q}
5(72655)			0.001^{j}	0.0001^{x}	16.8^{g}	0.0001^{x}	0.58^{z}	6^{g}
6(72689)	(Three days)		0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.35^{n-t}	7.12^{cd}
7(72482)			0.001^{j}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	0.0001^{x}	1.03^{o-x}	6.12^{d-i}

8(72747)		33.78 ^{d}	0/05 $^{l-q}$	29.6 ^{d}	7.8 ^{l}	1.03 $^{n-x}$	3.85 $^{k-u}$
رقم به رخ		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	1.92 $^{j-l}$	4.56 $^{i-p}$
رقم نصرت		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.22 ^{z}	5 $^{f-l}$
1(71411)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.58 ^{z}	2 ^{z}
2(71938)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.55 ^{z}	1.85 ^{z}
3(72439)		40 ^{g}	0.01 ^{vwx}	98.5 ^{a}	6.4 ^{mn}	1.14 $^{t-v}$	1.33 ^{z}
4(72439)		11.66 ^{i}	0.026 $^{t-v}$	80 ^{b}	5.6 $^{n-p}$	1.08 $^{u-w}$	1.46 ^{z}
5(72655)	یک هفته	0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.06 ^{z}	4.21 $^{j-s}$
6(72689)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.24 ^{z}	3 $^{q-z}$
7(72482)	(One week)	0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.94 $^{v-y}$	2.5 $^{v-z}$
8(72747)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.5 ^{z}	2.33 $^{w-z}$
رقم به رخ		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.05 ^{z}	2 ^{z}
رقم نصرت		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.06 ^{z}	3 $^{q-z}$
1(71411)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.21 ^{z}	1.33 ^{z}
2(71938)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.24 ^{z}	1 ^{z}
3(72439)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.48 ^{z}	1 ^{z}
4(72439)	چهارهفته	0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.58 ^{z}	1.12 ^{z}
5(72655)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.06 ^{z}	2.13 ^{z}
6(72689)		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.06 ^{z}	2.5
7(72482)	(Four	0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.42 ^{z}	1.74 ^{z}
8(72747)	weeks)	0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.35 ^{z}	1.76 ^{z}
رقم به رخ		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.03 ^{z}	1.11 ^{z}
رقم نصرت		0.001 ^{j}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.0001 ^{x}	0.07 ^{z}	2.23 $^{x-z}$

زوال بذر نه تنها سبب کاهش قوه نامیه می‌شود، بلکه موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌گردد. سایر محققان در بررسی روند جوانه‌زنی بذر کلزا (*Brassica napus*) و پیش‌بینی زوال بذر طی شرایط متفاوت انبارداری تایید کردند با افزایش زمان انبارداری و رطوبت بذر سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (Alyvand *et al*., 2013). محققان در تایید این موضوع اظهار نظر نمودند که کیفیت بالای بذر از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی می‌باشد و شامل حفظ سرعت جوانه‌زنی بالا و محتوای ثابت بعد از انبارداری می‌باشد و با افزایش دما و زمان زوال بذر سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Balochi *et al*., 2013).

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد با افزایش زمان انبارداری میانگین مدت زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. متوسط زمان جوانه‌زنی بالاتر بیانگر بنیه بذر کم‌تر است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ۳، ۷ و ۸ که در رطوبت ۷ درصد و ذخیره‌سازی یک ماه سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشتند، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در آن‌ها پایین بود. ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۵، ۷ و ۸ در رطوبت ۷ درصد و ذخیره‌سازی سه روز بیش‌ترین نتایج (میانگین مدت زمان جوانه‌زنی پایین) را در پی داشتند. ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۶، و رقم به‌رخ و نصرت کم‌ترین نتایج (میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بالا) را نشان دادند. با گذشت زمان بعد از انبارداری، قابلیت حیات بذر کاهش می‌یابد، با این وجود، گرچه میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷ و ۸ پس از طی دوره طولانی انبارداری کاهش یافت، احتمال داده می‌شود، نشاندهنده کیفیت بالاتر توده بذر باشد. وقتی رطوبت ژنوتیپ‌ها در مدت زمان سه روز پیری به ۱۸ درصد رسید جوانه‌زنی همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ۳، ۴و ۸ به صفر رسید. سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ ۸ نسبت به ژنوتیپ ۴ بالا و ژنوتیپ ۳ در مرتبه بعد از نظر بالابودن سرعت جوانه‌زنی قرار داشت و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در رطوبت ۱۸ درصد در این سه ژنوتیپ به ترتیب کاهش یافت. زمانی که ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبت بالا و مدت طولانی پیری قرار گرفتند، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

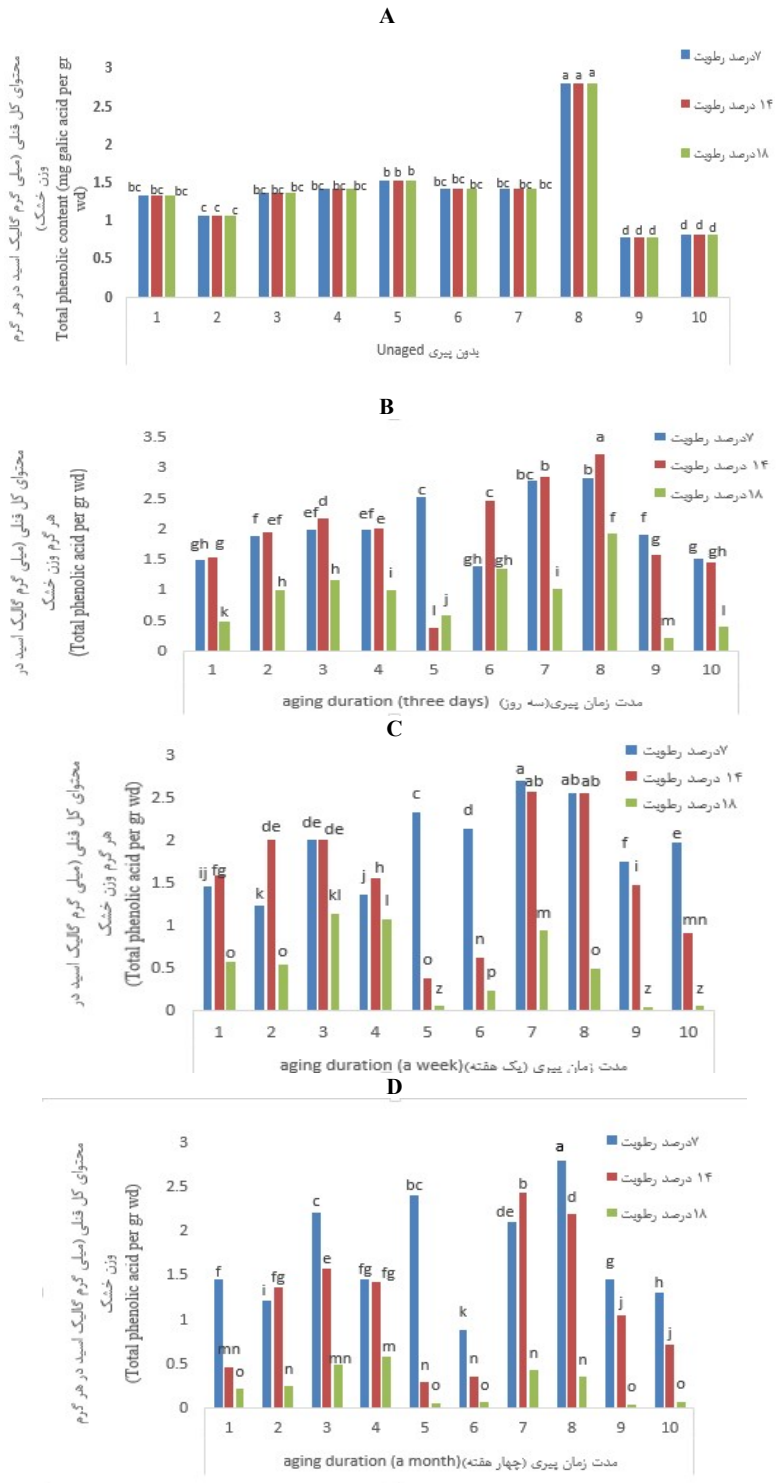
طول گیاهچه

طول گیاهچه مطابق جدول تجزیه واریانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد طول گیاهچه در ژنوتیپ۷ تا مدت یک هفته ذخیره‌سازی در رطوبت ۷ درصد بالا بود. تغییرات طول گیاهچه در ژنوتیپ‌های۳ و۴ با افزایش دوره ذخیره‌سازی مشابه بود و بعد گذشت مدت زمان یک ماه پیری طول گیاهچه آن‌ها به ۹/۵ سانتی‌متر رسید که از نظر بالابودن طول گیاهچه پس از اعمال پیری به‌مدت یک ماه در مرتبه بعد از ژنوتیپ ۷ قرار گرفتند (جدول ۳). طول گیاهچه به مقدار ۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۵ و۶ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۶ نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد، کاهش طول گیاهچه در این دو ژنوتیپ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها بیش‌تر بود. ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷، ۸، رقم به‌رخ و نصرت با رطوبت ۱۴ درصد، به‌مدت سه روز به‌خوبی قوه نامیه خود را حفظ کردند و به‌خوبی به رشد گیاهچه خود ادامه دادند. به‌طوری که طول گیاهچه در ژنوتیپ ۷ به ۱۴ سانتی‌متر در مدت سه روز پیری با رطوبت ۱۴ درصد رسید. ژنوتیپ ۳ و ۴ توانستند قدرت خود را در رطوبت ۱۴درصد در دوره سه روز پیری حفظ کردند و با افزایش زمان فرسودگی توانایی تولید گیاهچه را به‌طور کامل از دست دادند. در رطوبت بالا بذرها سریع‌تر زوال یافته و کاهش قدرت حیات بذر منجر به کاهش رشد گیاهچه، افزایش احتمال نمو گیاهچه‌های غیر طبیعی و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد و در صورت زوال شدید هیچ بذری جوانه نمی‌زند. سایر محققان در گیاهان مختلف گزارش کردند که با افزایش دوره پیری به‌طور معنی‌داری از طول گیاهچه و بنیه بذر کاسته می‌شود (Ansari *et al*., 2013).

محتوای کل فنلی

نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن محتوای کل فنل در سطح احتمال یک درصد بود (جدول۲).

مقایسه میانگین مشخص کرد قبل از پیری تفاوت قابل توجهی بین ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۳، ۴ ،۵، ۶ از نظر محتوای کل فنلی با ژنوتیپ ۸، رقم به‌رخ و نصرت وجود داشت. (شکل ۲ A). در زمان سه روز ذخیره‌سازی این ترکیبات در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ۹ و ۵ افزایش یافت، البته این افزایش در دو ژنوتیپ ۶ و ۸ بیش‌تر بود (شکل۲ B).



شکل۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ، رطوبت بذر و مدت زمان پیری (پیر نشده (A)، سه روز پیری (B)، یک هفته پیری (C)، چهارهفته پیری (D)) بر محتوای کل فنلی (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند)

Figure 2. Mean comparison the effect of genotype and seed moisture content and ageing duration (un aged (A), three days (B), one week (C) and four weeks (D)) on total phenolic content of barley (Mean with the same letters in each column have no statistical difference in the level of 5% probability, according to Duncan test

با افزایش زمان انبارداری در مدت یک هفته محتوای کل فنلی در ژنوتیپ‌های با محتوی رطوبت ۷ درصد به‌جز ژنوتیپ ۴ نسبت به شاهد روند افزایشی نشان داد (شکل۲ C). ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴ و ۸ در مدت یک ماه ذخیره سازی از نظر محتوای فنل تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل۲ D). با افزایش رطوبت بذر به ۱۴ درصد محتوای کل فنل در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ۵ و ۶ در مدت ذخیره‌سازی به‌مدت یک هفته افزایش یافت. محتوای فنل در ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷ و ۸ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در طول دوره یک‌ماهه ذخیره‌سازی رطوبت ۱۸ درصد بالا بود. آنتی‌اکسیدانت‌ها به راحتی در نور، رطوبت و دمای بالا نابود می‌شوند (Do *et al*., 2015).

این تحقیق هم نشان داد با افزایش رطوبت از میزان محتوای کل فنلی کاسته شد. ژنوتیپ‌های۳، ۴، ۷، ۸ با جوانه‌زدن در محتوای رطوبت ۱۴درصد ظرفیت‌آنتی-اکسیدانت بالایی از خود نشان دادند و در برابر رادیکال-های آسیب‌رسان مقاومت بالایی داشتند. ژنوتیپ ۸ با رطوبت ۱۸ درصد بالاترین مقدار فنل را به خود اختصاص داد. برتری درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ ۸ در رطوبت ۱۸ درصد و دوره پیری سه روزه می‌تواند ناشی از تفاوت ذاتی و ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار محتوای فنل باشد. بنا به اظهار سایر محققان ذخیره‌سازی جو به‌مدت چهار ماه در دمای ۱۰درجه سلسیوس منجر به از بین رفتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانت شد و یافته‌های این محققان نشان می‌دهد که ظرفیت آنتی اکسیدانی متغیر و وابسته به ژنوتیپ هستند (Do *et al.,* 2015).

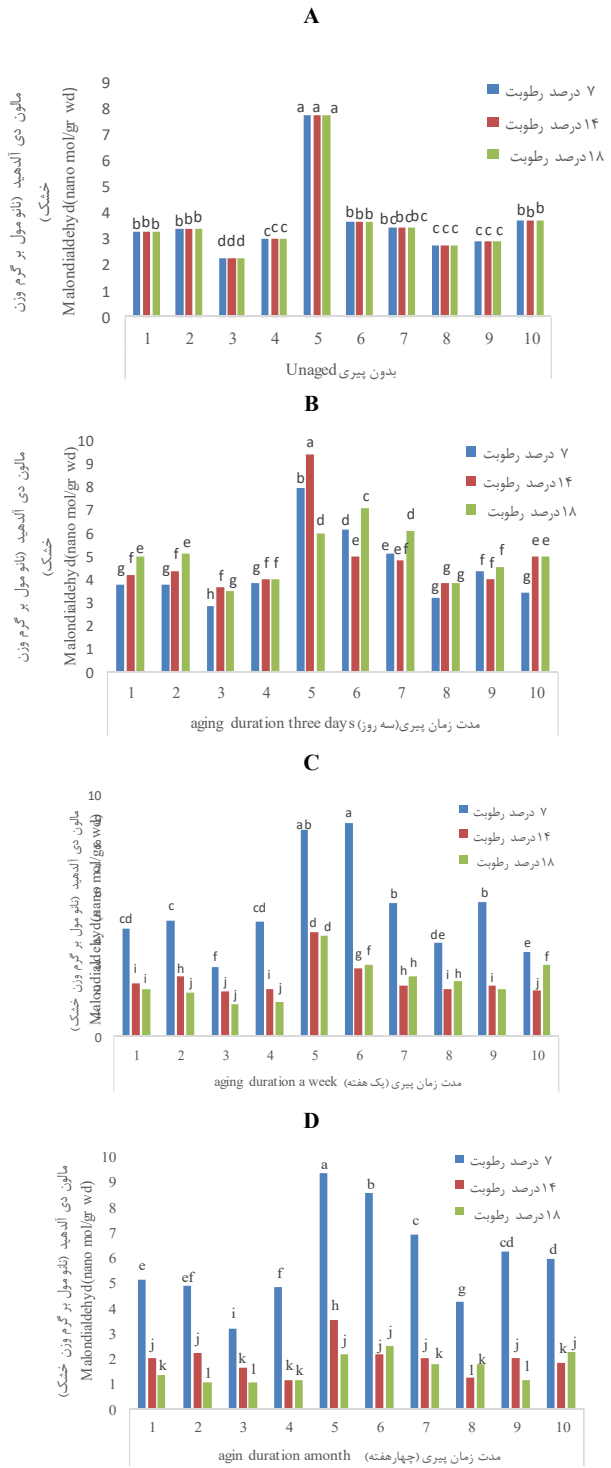
پراکسیداسیون لیپید (محتوای مالون‌دی‌آلدئید)

تجزیه واریانس نشان داد پراکسیداسیون لیپید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). قبل از پیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید در همه ژنوتیپ‌ها ثابت بود (شکل ۳ A). در زمان ذخیره‌سازی سه روز محتوای مالون‌دی‌آلدئید در ژنوتیپ ۴، ۸ و ۹ ثابت بود ولی در ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۱۰ افزایش یافت. در ژنوتیپ ۳ با رطوبت ۱۴ درصد محتوای مالون‌دی‌آلدئید کمی افزایش داشت، اما زمانی که رطوبت به ۱۸ درصد رسید کاهش پیدا کرد، اما نسبت به رطوبت ۷ درصد بالاتر بود (شکل ۳ B). مقایسه میانگین نشان داد در رطوبت ۷ درصد در ژنوتیپ‌های پیرنشده ژنوتیپ ۵ از نظر محتوای مالون‌دی-آلدئید در طی ذخیره‌سازی یک ماه در حد بالا قرار گرفت.

همچنین ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۸ و رقم به‌رخ کم‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید را در بر داشتند (شکل۳ D). با افزایش ذخیره‌سازی ژنوتیپ‌ها در رطوبت ۷درصد، محتوای مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت و این افزایش در ژنوتیپ ۳ به لحاظ آماری نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های ۴و ۶ با محتوای رطوبت ۷ درصد در مدت زمان پیری یک هفته و یک ماه محتوای مالون‌دی-آلدئیدشان ثابت بود (شکل۳ C,D).

پراکسیداسیون لیپیدها طی تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق غیرآنزیمی یا آنزیمی آغاز می‌شود (Clerkx *et al*., 2004) رادیکال‌های آزاد از راه‌های متفاوتی به سلول خسارت وارد می‌کنند (Blokhinna *et al*., 2003). افزایش انواع اکسیژن فعال ممکن است باعث شروع فرآیندهای تخریبی اکسیداتیو از قبیل پراکسیداسیون لیپید، اکسیداسیون پروتئین‌ها و آسیب به اسیدهای نوکلئیک شود. محتوای مالون‌دی‌آلدئید در بذرهای پیر شده با محتوی رطوبت ۷ درصد بعد از انبارداری طولانی مدت افزایش یافت و در مدت یک ماه در بذرهای پیر به حداکثر رسید. با افزایش رطوبت به ۱۴ درصد در بذرهای پیر شده محتوای مالون‌دی‌آلدئید بعد از سه روز پیری در همه ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ۴ نسبت به تیمار بدون پیری به حداکثر رسید سپس به‌طور معنی-داری بعد از ۳۰روز کاهش یافت.

در نتیجه درصد جوانه‌زنی همه ژنوتیپ‌ها با محتوای رطوبت ۱۴ درصد بعد از ۳۰ روز پیری به صفر درصد رسید. در این مطالعه با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی به یک ماه محتوای مالون‌دی‌آلدئید افزایش ولی با افزایش رطوبت نسبت به بذرهای پیرشده کاهش نشان داد. در توجیه این نتایج می‌توان گفت سیتوپلاسم در بذرهای خشک بیانگر تحرک مولکولی کم و پایداری بالا است (Bewley *et al*., 2013). این به محافظت از ساختار میتوکندری در طی روند پیری کمک می‌کند (Xia *et al*., 2015). این مطالعه نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که رطوبت ۷ درصد داشتند، حتی در مدت زمان یک ماه به جوانه‌زنی خود ادامه دادند، ولی با افزایش رطوبت به ۱۸ درصد در طی یک ماه جوانه‌زنی متوقف شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ، رطوبت بذر و مدت زمان پیری (پیر نشده (A)، سه روز پیری (B)، یک هفته پیری (C)، چهارهفته پیری (D)) بر محتوای مالون‌دی‌آلدئید (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند)

Figure 3- Mean comparison the effect of genotype and seed moisture content and ageing duration (un aged (A), three days (B), one week (C) and four weeks (D)) on Lipid peroxidation of barley (Mean with the same letters in each column have no statistical difference in the level of 5% probability, according to Duncan test

در بررسی پاسخ ساختار میتوکندری و سیستم آنتی-اکسیدان به پیری در بذر یولاف با رطوبت‌های متفاوت محققان به این نتیجه رسیدند که کاهش قدرت بذر یولاف و یکپارچگی فراساختار میتوکندری که شامل سیستم آنتی‌اکسیدانت است، در طول روند پیری توسط رطوبت بالاتر افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد (Xia *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری کلی

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. همچنین از نتایج آزمون پیری کنترل‌شده چنین برآمد که سرعت زوال در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود و محتوای فنلی به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت از بین برنده رادیکال‌های آزاد در جوانه‌زنی بذر هستند و تحت تاثیر زوال قرار گرفت و شدت زوال باعث کاهش فعالیت این ترکیبات شد. این مشاهدات نشان داد که همزمان با سن بذر رادیکال‌های آزاد باعث آسیب جدی به ترکیبات آنتی-اکسیدانت مانند محتوای کل فنلی می‌شود در ضمن با توجه به همبستگی صفات می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ژنوتیپ‌هایی که محتوای فنلی بالایی داشتند به‌دلیل فراهم نمودن انرژی و قدرت لازم برای جوانه‌زنی از بنیه و درصد جوانه‌زنی بالایی برخوردار بودند. از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۷ و ۸ برای مقابله با شرایط نامساعد رطوبت و دمای بالا سطوح آنتی‌اکسیدانت خود را بالا برده و در نتیجه محتوای مالون‌دی‌آلدئید کاهش یافته که منجر به حفظ سیالیت غشا و استحکام پروتئین‌های ناپایدار شد. با توجه به این‌که محتوای کل فنلی بستگی به شرایط انبارداری و عوامل ژنتیکی دارد و بر اساس نتایج این مطالعه تفاوت در محتوای فنل در ژنوتیپ‌های مختلف جو دیده شد که این امر باعث پاسخ‌های متفاوت این ژنوتیپ‌ها به شرایط انبارداری بذر شد. چنین به نظر می-رسد که مطالعات بیش‌تری در این زمینه برای اصلاح ارقام به‌منظور نگهداری بذرها در بانک ژن‌ها انجام شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسئول آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد قدردانی می‌گردد.

منابع

Alyvand, R., Tavakol Afshar, R. and Sharifzad, F. 2013. Study the germination of seeds Process and anticipated deterioration during storage conditions. Iranian Journal of Field Crops Science, 1(42): 396-308. (In Persian)**(Journal)**

Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2013. Improving germination of primed mountain rye seeds with heat shock treatment. **Brazilian** Journal of Plant Physiology, 25(3): 1-6**. (Journal)**

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, C. and Come, C. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science and Technology, 10:35–42**. (Journal)**

Balochi, H., Nezami, R., Movahedi dehno, M. and Yadavi, A. 2013. The effect of accelerated ageing on seed germination and growth components indexes three varieties of (*Brassica napus*). Journal of Plant Researches, 4 (26): 397-411. (In Persian)**(Journal)**

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. Seed Science and Technology, 31: 531-540. **(Journal)**

Benech-Arnold, R.L. and Sanchez, R.A. 2004. Handbook of Seed Physiology: application to agriculture. Food Products Press, Binghamton, New York**. (Book)**

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. 2013. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, third ed. Springer Press, NewYork. 341-374**. (Book)**

Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003 Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. Annals of Botany, 91: 179-194**. (Journal)**

Clerkx, J.M., Vaies, H.B., Ruys, G.J., Groot, S.P.C. and Koornneef, M. 2004 Genetic differences in seed longevity of various Arabidopsis mutants. Physiologia Plantarum, 121: 448-461. **(Journal)**

Do, T.D., Cozzolino, D., Muhlhausler, B., Box, A.J. and Able, A. 2015. Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage. Food Chemistry, 187:65-74**. (Journal)**

Fangshan, X., Xianguo, W., Manli, L. and Peisheng, M. 2015. Mitochondrial structural and antioxidant system responses to aging inoat (*Avena sativa* L.) seeds with different moisture contents. Plant Physiology and Biochemistry, 94:122-129**. (Journal)**

Freitas, R.A., Dias, D.C.F.S., Olivira, M.G.A., Dias, L.A.S. and Jose, I.C. 2006. Physiological and biochemical changes in naturally and artificially aged cotton seeds. Seed Science and Technology, 34: 253-264**. (Journal)**

Ghaderifar, F., Soltani, A. and Sadeghipoor, H. 2014. Biochemical changes during deterioration of pumpkin seeds: Lipid peroxidation and membrane damage. Iranian Journal of Plant Biology, 6 (20):96-112**. (**In Persian)**(Journal)**

Hay, F.R., Adams, J., Manger, K. and Probert, R. 2008. The use of non-saturated lithium chloride solutions for experimental control of seed water content. Seed Science and Technology, 36:737–746. **(Journal)**

Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated choloroplast 1. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 12: 189-198**. (Journal)**

ISTA, 2013. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Bassersdorf. 223pp**. (HandBook)**

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

Kibinza, S., Vinel, D., Come, D., Bailly, C. and Corbineau, F. 2011. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging, Physiologia Plantarum, 128: 496–506**. (Journal)**

Li, J., Zhang, Y., Yu, Z., Wang, Y., Yang, Y., Liu, Z. and Jiang, J. 2007. Superior storage stability in low lipoxygenase maize varieties. Stored Products Research, 43: 530-534**. (Journal)**

Nagel, M., Pistrick, J., Mascher, M., Brner, A. and Groot, S.P.C. 2016. Barley Seed Aging: Genetics behind the Dry Elevated Pressure of Oxygen Aging and Moist Controlled Deterioration. Frontiers in Plant Science, 7: 1-11**. (Journal)**

Pradidwong, S., Isarasenee, A. and Pawelzik, E. 2004. Prediction of Mung bean Seed Longevity and Quality Using the Relationship of Seed Moisture content and storage temperature. Deutscher Tropentag, Book of Abstracts, 204. **(Book)**

Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple Applied Programs for Education and research in Agronomy. Issa Press, Iran. 80**. (Book)**

Tabatabai, S. 2014. Storage under different conditions to determine seed viability constants atmosphere. Seed Research; 20: 2-13**. (Journal)**

Xia, F., Wang, X., Li, M. and Mao, P. 2015. Mitochondrial structural and antioxidant system responses to aging in oat (*Avena sativa* L.) seeds with different moisture contents. Plant Physiology and Biochemistry, 94:122-1**. (Journal)**

The effect of seed moisture content and storage duration on oxidative stress in barley seeds

Zahra Moradian[1], Saeedeh Maleki Frahani[2*], Alireza Rezazadeh[3]

Received: June 2, 2020 Accepted: September 28, 2020

Abstract

The expensive cost of seed storage could be reducing by using suitable genotypes. In order to evaluate the variety of storage potential of barley genotypes an experiment was conducted factorially with three factors as completely randomized design with three replications. The first factor was included eight genotypes with two native barley cultivars, the second factor was three levels of seed moisture content including 7, 14 and 18 percentage and the third was aging duration (three days, one week and four weeks). The results showed that germination decreased with increasing moisture content so that when moisture reached 18% only genotype 3 and 4 germinated after one week storage with 18% moisture content after four weeks storage there was no germination in this moisture level. Total phenolic content and malondialdehyde decreased after four weeks storage with 18% seed moisture content and the genotypes studied, genotype 72747 (8) had the highest amount of phenol and germination percentage (78.33%) during three days of storage with 18% seed moisture.The genotypes 3, 4 from China 7 and 8 from Iran showed anti-oxidant content increment in adverse conditions warehouse which imposed by high seed moisture content and temperature. These genotypes also showed the highest germination and seed vigor after storage.

Keywords: Aging; Genotype; Germination, Phenol; Seed moisture; Storage

How to cite this article

Moradian, Z., Maleki Frahani, S. and Rezazadeh, A. 2022. The effect of seed moisture content and storage duration on oxidative stress in barley seeds. Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(4): 413-428. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms. 2021.5289

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc student of Seed Science and Technology, University of Shahed, Tehran, Iran. zahra.moradian23@gmail.com

2. Faculty member, College of Agriculture, University of Shahed, Tehran, Iran. maleki@shahed.ac.ir

3. Faculty member, College of Agriculture, University of Shahed, Tehran, Iran. rezazadeh@shahed.ac.ir

*Corresponding author: maleki@shahed.ac.ir