علوم و تحقیقات بذر ایران
سال ششم/ شماره دوم/ ۱۳۹۸ (۲۰۱ - ۱۸۹)

DOI: 10.22124/jms.2019.3599

تأثیر تیمارهای بذری بر تغییرات محصولات آمادوری- میلارد و بنیه بذر جو (*Hordeum vulgare* L.) بعد از ۸ ماه انبارداری

لیلا یاری[1*]، محمد صدقی[2]، آیدین حمیدی[3]، رئوف سید شریفی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۱

چکیده

آزمایشی به‌صورت فاکتوریل دوعاملی با طرح پایه کاملاً تصادفی طی دو سال بر بنیه بذر جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم یوسف بعد از ۸ ماه انبارداری انجام گردید، فاکتورهای مورد آزمایش شامل رطوبت بذر در زمان برداشت در سه سطح (۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد) و تیمار بذر در پنج سطح (اسپرمین، پوترسین، اسپرمیدین، آب) و شاهد (بذر بدون تیمار) بودند. بذرها پس از برداشت با سطوح رطوبتی مورد نظر، به مدت هشت ماه نگه‌داری و سپس تیماری‌های بذری بر آن‌ها اعمال گردید. نتایج بیانگر این است که اثرات متقابل تیمار بذر× رطوبت بذر بر محصولات آمادوری و میلارد در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. در بررسی اثرات متقابل، کم‌ترین مقدار محصولات آمادوری و میلارد در بذرهای تیمارشده با پلی‌آمین اسپرمین و برداشت‌شده با رطوبت ۱۸ درصد مشاهده گردید، درحالی‌که بیش‌ترین محصولات آمادوری و میلارد متعلق به بذرهای شاهد (بدون تیمار) و برداشت‌شده با رطوبت ۱۴ درصد بود. بذرهایی که دارای محتوای بالاتری از محصولات آمادوری و میلارد بودند، از بنیه پائین-تری برخوردار بوده و در نهایت درصد گیاهچه‌های عادی کم‌تری را تولید نمودند و به‌طور کلی قوه زیست در آن‌ها با افزایش محصولات آمادوری و میلارد کاهش یافت. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان از تیمارهای PAs و آب جهت بهبود بنیه بذر بعد از یک دوره انبارداری و تقریباً یک ماه قبل ازکاشت استفاده نمود، به‌طوری‌که تیمارهای PAs و به‌ویژه اسپرمین در این تحقیق باعث بهبود در بنیه بذر و جلوگیری از اثرات مخرب فرسودگی بر کیفیت بذر گردید.

واژه‌های کلیدی: **بنیه بذر، پلی‌آمین، رطوبت بذر، محصولات آمادوری، میلارد**

۱- دانش آموخته مقطع دکتری علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*نویسنده مسئول: lielayari@gmail.com

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله مهم دنیا است و اغلب به‌عنوان غذای دام و در صنایع تخمیری به کار می‌رود. سطح زیر کشت این محصول زراعی در ایران ۱/۶ میلیون هکتار و در جهان ۴۷/۳ میلیون هکتار است (FAO, 2016).

فرسودگی یا پیری بذر به فرآیند از دست رفتن کیفیت بذر با گذشت زمان اطلاق می‌شود و توانایی بذر برای زنده‌ماندن را کاهش می‌دهد. با افزایش درجه فرسودگی بذرها، بنیه آن‌ها کاهش می‌یابد. لذا بذرهای ضعیف و با بنیه پائین در مقایسه با بذرهای قوی در شرایط مزرعه قادر به جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌های قوی نخواهند بود (Sedghi *et al*., 2012). بعضی از تولیدکنندگان بذر به‌منظور کاهش خسارت ناشی از تأخیر در برداشت (ریزش، خردشدن بذر در هنگام برداشت، خسارت توسط پرندگان)، بدون توجه کافی به درصد رطوبت بذر، مبادرت به برداشت زود هنگام می‌نمایند. در نتیجه بذرهای با رطوبت بالا در انبار به تدریج کیفیت خود را از دست خواهند داد (Sadeghi, 2009).

مکانیزم‌های فرسودگی بذر ممکن است که تحت شرایط انبارداری مختلف، متفاوت باشند. در دماهای پائین محیط، آسیب ناشی از رادیکال آزاد ممکن است که رخداد اصلی فرسودگی بذر باشد، درحالی‌که کاهش قوه زیست بذر در دماهای بالاتر ارتباط نزدیکی با غیرفعال‌شدن پروتئین‌ها دارد (Sun *et al*., 1998). میزان آب عامل مهم دیگری است که بر سرعت فرسودگی بذر مؤثر است. در بذرهای خشک واکنش‌های آنزیمی ممکن است که نقش اندکی در فرسوده‌شدن بذر داشته باشند، زیرا در بذرهای خشک متابولیزم فعال آنزیمی حداقل است. با این حال واکنش‌های غیر آنزیمی ویژه‌ای، از قبیل واکنش‌های آمادوری و میلارد، حتی‌در محتوای رطوبت پایین می‌تواند اتفاق بیافتد (Sun and Leopold, 1995; Lehner *et al*., 2008).

واکنش‌های آمادوری و میلارد، واکنش‌های غیرآنزیمی کربونیل‌آمین هستند که در سیستم‌های خشک اتفاق می‌افتد. یکی از مکانیزم‌های فرسوده‌شدن بذر از طریق واکنش‌های میلارد است که از طریق حمله غیر آنزیمی به گروه‌های آمین پروتئین‌ها و ترکیبات پروتئین- اسید نوکلئیک با احیای قندها و آلدئیدها رخ می‌دهد (Sedghi *et al*., 2012; Murthy and Sun, 2000).

در واکنش‌های آمادوری و میلارد، ابتدا گلوکز فعال (به شکل خطی) به گروه آمین پروتئین‌ها یا اسیدهای آمینه حمله می‌کند و موجب تولید محصولات آمادوری می‌شود. سپس، این محصولات تغییر وضعیت می‌دهند و محصولات نهایی گلیکوزیله[1] را تولید می‌کنند (محصولات میلارد یا محصولات قهوه‌ای) (Veselovsky and Veselova, 2012).

شکل‌های پیشرفته محصولات نهایی گلیکوزیله در هر دو نوع فرسودگی طبیعی و مصنوعی بافت‌های بذر مشاهده می‌شود و طی دوره ذخیره‌سازی در همه شرایط رطوبتی و دمایی‌افزایش می‌یابد و تجمع محصولات واکنش میلارد با کاهش قوه زیست بذر[2] همراه است (Bernal-Lugo and Leopold, 1992; Nagel *et al*., 2016).

طی هیدرولیزهای غیر آنزیمی کربوهیدرات‌ها (الیگوساکاریدها، ساکارز) منوساکاریدها به صورت مواد حدواسط و به شکل خطی تولید می‌شوند و سپس، کاهش در وضعیت آن‌ها مشاهده می‌شود که این کاهش در منوساکاریدها به نقش آن‌ها جهت شرکت در گلیکوزیلاسیون پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک برمی‌گردد. این فرآیند در محتوای رطوبتی ۶ تا ۱۵ درصد در بذر فعال است (Veselovsky and Veselova, 2012).

کاهش کیفیت بذر طی دوره انبارداری، ابتدا به‌صورت کاهش در سرعت رشد محورهای جوانه‌زنی (بنیه بذر) و سپس، به‌صورت کاهش درقابلیت جوانه‌زنی واقعی است (Bewley *et al*., 2013).

تحقیقات نشان می‌دهد که هیدرولیز قند و پراکسیداسیون لیپیدها با واکنش‌های آمادوری و میلارد مرتبط هستند و تأیید شده است که تغییرات غیر آنزیمی پروتئین‌ها و آنزیم‌ها از طریق واکنش‌های آمادوری و میلارد، نقش مهمی در فرسودگی بذر طی دوره انبارداری را ایفا می‌کند (Murthy and Sun, 2000). تغییر ماکرومولکول‌ها از طریق واکنش‌های میلارد، بر فعالیت پروتئین‌ها مؤثراست، به‌ویژه بعضی ازآنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون ردوکتاز، آسکوربات پراکسیداز وکاتالاز به واکنش‌های میلارد حساس هستند که موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود، در نتیجه آسیب اکسیداتیو در دوره جوانه‌زنی پیش می‌آید و

[1]Glycosylation
[2]Viability

پیامد آن تخریب بنیه بذر و کاهش قوه زیست بذر است (Murthy *et al*., 2003). نتایج حاصل از تحقیق پژوهشگران بر محصولاتی از جمله گندم، ماش، نخود، عدس و لوبیا بیانگر این است که محصولات حاصل از واکنش‌های آمادوری در طی‌دوره انبارداری بذر افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان این واکنش‌ها در بذر به رطوبت و دما بستگی داشته و در نهایت موجب کاهش در بنیه بذر می‌گردند (Murthy, *et al*., 2003; Lehner *et al*., 2008; Moussou *et al*., 2017).

لذا بنیه بذر را می‌توان با تکنیک‌هایی از قبیل پرایمینگ بذر (آبگیری و خشک‌کردن) بهبود بخشید، به‌طوری‌که این تکنیک باعث بهبود در کارآئی بنیه بذرهای ضعیف می‌گردد (Walters *et al*., 2010). از مواد مختلفی جهت پیش‌تیمار بذر استفاده می‌گردد که از جمله آن‌ها می‌توان به پلی‌آمین‌ها اشاره کرد. پلی‌آمین‌های پوترسین (Putrescine)، اسپرمیدین (Spermidine)، اسپرمین (Spermine) و کاداورین (Cadaverine)، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی پایین هستند که فعالیت بیولوژیک بالایی دارند. پلی‌آمین‌ها در همه اجزای گیاهی موجود هستند که نشان‌دهنده تنوع سهم آن‌ها در فرآیندهای اساسی سلول است (Kuzenetsov *et al*., 2007). نتایج پیش‌تیمار بذر با پلی آمین‌ها بر روی محصولات مختلف از جمله گندم، پیاز، توتون، ذرت، برنج و آفتاب‌گردان که دارای اثرات مفیدی بر بنیه بذر بوده است، توسط محققان گزارش شده است (Basra *et al*., 1994؛ Farooq *et al*., 2008 ؛ Cao *et al*., 2008 ؛ Zhang *et al*., 2009؛ Xu *et al*., 2011 ؛ Farooq 2011). لذا در این راستا، هدف ازاین تحقیق بررسی تأثیر رطوبت بذر در زمان برداشت و تأثیر پیش‌تیمارهای بذر با پلی‌آمین ها و آب بر بنیه بذرجو رقم یوسف و واکنش‌های مرتبط با فرسودگی آن، بعد از ۸ ماه انبارداری بوده است.

مواد و روش‌ها

کاشت در مزرعه

این تحقیق در مزرعه پژوهشی و آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال واقع در کرج طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۱ اجرا گردید. مزرعه پژوهشی در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی (طول جغرافیایی) و ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی (عرض جغرافیایی)، اقلیم معتدل و با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد، بافت خاک مزرعه لومی، اسیدیته آن (pH=۷/۱) و شوری خاک (EC=۲/۴ mmhos/cm) بوده است. رقم جو که برای کاشت درمزرعه انتخاب گردید، از مهم‌ترین ارقام آبی مورد کشت در منطقه معتدله کشور به نام یوسف بود که بذر آن از طبقه مادری در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در ورامین ۱۳۹۱ تولید شده بود، تهیه گردید. این رقم، رقمی جدید و از سطح کشت بالایی در پروسه تولید بذر کشور برخوردار است. دارای تیپ رشد بهاره، زودرس، نیمه-حساس به سرما و در شرایط بدون تنش دارای عملکرد ۶/۱ تن در هکتار می‌باشد (Haydarpoor *et al*., 2012). کاشت در مزرعه همزمان با تاریخ کاشت جو در منطقه مورد آزمایش در دو سال مورد آزمایش، اواخر مهرماه سال های ۱۳۹۱و ۱۳۹۲ بود. پس از شخم و تهیه زمین، کرت-های آزمایشی به مساحت ۱۰ مترمربع آماده گردید، لازم به ذکر است قبل از کاشت از کودهای شیمیایی اوره به میزان ۱۵۰ گرم و سوپر فسفات ساده به میزان ۱۰۰گرم در هر کرت اعمال گردید، سپس در هر کرت ۵ ردیف با فاصله بین ردیف۲۰-۳۰ سانتی‌متر، فاصله بین بوته ۴-۵ سانتی‌متر و طول ردیف ۵ متر کاشت گردید.کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت توسط کارگر صورت گرفت. بعلاوه نحوه آبیاری با استفاده از تیپ و به‌صورت قطره‌ای بوده است. به‌طور مرتب از مزرعه بازدید به عمل آمد، سپس بعد از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، با استفاده از رطوبت‌سنج الکتریکی قابل حمل مدل (Dickey-John mini GAC)، رطوبت بذرها به‌صورت روزانه ارزیابی و با رسیدن میزان رطوبت بذر به سطح رطوبتی مورد نظر(۱۴، ۱۶و ۱۸ درصد) بوته‌هایی از خطوط میانی در اوایل خرداد ماه با دست برداشت گردیدند. بذرها پس از خارج‌کردن از سنبله‌ها درون ظرف‌های نفوذناپذیر قرار گرفتند. پس از انتقال به آزمایشگاه میزان دقیق رطوبت بذر به روش استاندارد دمای بالا و ثابت به وسیله آون[3] بر مبنای معیارهای انجمن بین المللی آزمون بذر[4] (ISTA) (ISTA, 2011) اندازه‌گیری شد. برای تعیین رطوبت بذرها در آزمایشگاه، بذرها با استفاده از آسیاب خرد و سپس، به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس درون آون

[3]High constant temperature oven method
[4]International Seed Testing Association (ISTA)

خشک قرار داده شدند و میزان رطوبت بذر (۱۴ و ۱۶ درصد) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (ISTA, 2011).

رابطه (۱) $M=(M2-M_3)\times100/(M2-M_1)$

که در آن M_1 وزن ظرف و درپوش آن بر حسب گرم، M_2 وزن ظرف، درپوش و بذرهای خرد شده قبل از خشک‌کردن بر حسب گرم، M_3 وزن ظرف، درپوش و بذرهای خرد شده بعد از خشک‌کردن بر حسب گرم و M درصد رطوبت نهایی بذر است.

بعلاوه برای تعیین رطوبت بذر بیش‌تر از ۱۷ درصد از رابطه زیر استفاده گردید (ISTA, 2011):

رابطه (۲) $M=(S_1+S_2)-(S_1\times S_2)/100$

S_1- درصد رطوبت بذر بعد از۵-۱۰ دقیقه خشک‌کردن دردمای ۱۳۰درجه سانتی‌گراد (مرحله اول)

S_2- درصد رطوبت بذر بعد از دو ساعت خشک‌کردن در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد (مرحله دوم)

M- درصد رطوبت نهایی بذر

سپس بذرهای برداشت‌شده با رطوبت‌های مورد نظر(۱۴،۱۶، ۱۸ درصد) پس از رسیدن به تعادل رطوبتی با محیط، در سردخانه در دمای ۵- ۴ درجه سلسیوس به‌مدت هشت ماه قرار گرفتند.

تیمار بذرها بعد از هشت ماه انبارداری

بعد از هشت ماه انبارکردن در انبار سرد مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در دمای ثابت ۵-۴ درجه سلسیوس بذرها با محلول پلی آمین [5]پوترسین[6]، اسپرمیدین و اسپرمین که از محصولات شرکت سیگما آلدریچ (Sigma-Aldrich) تهیه شده بودند، به‌مدت ۱۶ ساعت تیمار شدند. غلظت محلول، ۲۰ میلی‌گرم از هر نوع پلی‌آمین در یک لیتر و با نسبت یک گرم بذر در ۵ میلی‌لیتر ۱:۵ (یک گرم بذر در ۵ میلی‌لیتر محلول)، یعنی ۲۰۰ گرم بذر در یک لیتر محلول بود. بعد از تیمارشدن، بذرها در دمای اتاق خشک شدند تا به رطوبت اولیه خود رسیدند. سپس بذرهای پیش‌تیمارشده دوباره در انبار به‌مدت یک ماه با دمای ۵-۴ درجه سلسیوس قرارگرفتند.

آزمون جوانه‌زنی استاندارد

پس از اتمام یک ماه انبارداری بذرهای تیمارشده با پلی آمین از انبار خارج و به‌منظور تعیین درصد تولیدگیاهچه‌های عادی و بنیه بذر به‌روش حوله کاغذی کشت و در ژرمیناتور در دمای ۱ ±۲۰ و با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد قرار داده شدند. سپس طول گیاهچه، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه‌ها نیزمورد ارزیابی قرارگرفت.

شاخص بنیه گیاهچه ازحاصل‌ضرب درصد گیاهچه‌های عادی در وزن خشک گیاهچه با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید (Sadeghi *et al*., 2014).

رابطه (۳) $VI=NG\times SW$

VI- شاخص بنیه گیاهچه، SW- وزن خشک گیاهچه و NG – درصدگیاهچه‌های عادی

اندازه‌گیری محصولات آمادوری و میلارد

استخراج پروتئین

یک گرم از بذر جو در هاون با نیتروژن مایع خرد و به آن ۵ میلی لیتر بافر فسفات ۰/۰۵ مول با pH ۷/۲ اضافه گردید. سپس، استخراج به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه (هر ۵ دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه محلول به هم زده شد) انجام گرفت. عصاره حاصل در g ۵۰۰۰ به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتریفیوژ گردید و سپس، ۰/۵ میلی‌لیتر سولفات استرپتومایسین که در ۰/۰۵ مول HEPES با pH ۷/۲ حل شده بود، به آن اضافه شد تا اسیدهای نوکلئیک ته‌نشین شود. سانتریفیوژ در g ۱۵۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه انجام و سپس، دوباره ۰/۵ میلی‌لیتر سولفات استرپتومایسین به آن افزوده شد و دوباره سانتریفیوژ گردید. پروتئین‌های موجود در روشناور توسط سولفات آمونیوم ته‌نشین شد. پس از هم‌زدن و سانتریفیوژ مجدد، پروتئین‌ها توسط ستون PD-10 خالص‌سازی شدند. عصاره پروتئینی خالص شده برای اندازه‌گیری محصولات آمادوری و میلارد مورد استفاده قرار گرفت (Murthy and Sun, 2000).

اندازه‌گیری محصولات آمادوری

مقدار محصولات آمادوری در عصاره پروتئینی بذر با

[5]پلی‌آمین ها یک گروه از ترکیبات آلی هستند که دارای حداقل دو گروه آمین - NH2 می باشند، معمولاً از آمونیاک استخراج می‌شوند که جای هیدروژن‌ها گروه آلکیلی قرار می‌گیرند. آمین‌ها به عنوان اجزاء آمینواسیدها، پپتیدها و آلکالوئیدها، در بیوشیمی حائز اهمیت هستند، این ترکیب‌ها بسیار متنوعند و کارکردهای متعددی دارند. از جمله پلی آمین‌های زیستی می‌توان به پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین اشاره کرد.

[2]$NH_2(CH_2)_4NH_2$, Molecular Weight 88.15

[3]$NH_2(CH_2)_3NH(CH_2)_4NH_2$, Molecular Weight 145.25

[4]$NH_2(CH_2)_3NH(CH_2)_4NH(CH_2)_3NH_2$, Molecular Weight 202.34

استفاده از نیتروبلو تترازولیوم طبق روش وتلافر و لئوپلد (۱۹۹۱) تعیین شد. یک میلی‌لیتر نیتروبلو تترازولیوم کلراید (۰/۰۰۰۵ مول) در ۰/۱ مول کربنات سدیم با pH ۱۰/۳ حل شد و ۰/۱ میلی لیتر عصاره پروتئینی به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل در بن‌ماری در دمای ۴۰ درجه قرار داده شد. میزان جذب در ۵۵۰ نانومتر (A_{550}) پس از مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه خوانده شد. افزایش در میزان جذب به‌عنوان شاخصی از تولید محصولات آمادوری در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری محصولات میلارد

میزان محصولات میلارد به روش فلورسانس پروتئین تعیین گردید. عصاره پروتئینی به مقدار ۰/۴ گرم در طول موج ۲۷۰ تا ۴۰۰ و ۳۲۰ تا ۵۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفلوریمتر (مدل واریان، امریکا) اسکن شد. به‌منظور حذف خطای ناشی از حضور سایر پروتئین‌ها (غیر از محصولات گلیکوزیلی شده میلارد)، میزان محصولات میلارد با شاخص FAST بیان گردید. این شاخص با فرمول زیر تعیین می‌شود (Leclere and Biroluez-Aragon, 2001):

FAST = (فلورسانس در ۲۸۵/۳۴۰ نانومتر/ فلورسانس محصولات میلارد) × ۱۰۰

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها جهت ارزیابی صفات بعد از پیش‌تیمار بذرها با پلی‌آمین‌ها و یک ماه انبارداری به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی تجزیه مرکب و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند.

نتایج و بحث

اثرات متقابل رطوبت بذر در زمان برداشت×تیمار بذر بر شاخص بنیه گیاهچه، محصولات آمادوری و میلارد در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. بعلاوه اثرات متقابل سال× رطوبت بذر در زمان برداشت بر درصد گیاهچه‌های عادی و طول ریشه‌چه به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل سال× تیمار بذر بر درصد گیاهچه‌های عادی و طول ریشه-چه به‌ترتیب در سطح احتمال۵ و ۱ درصد معنی‌دار گردید. طول گیاهچه فقط تحت تأثیر اثر اصلی تیمارهای بذری در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱).

طول گیاهچه: تیمارهای بذری تأثیر معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذرهای بدون تیمار) بر طول گیاهچه داشتند و باعث افزایش درطول گیاهچه گردیدند، به-طوری‌که بیش‌ترین‌طول گیاهچه با میانگین ۲۶/۷۶ سانتی‌متر در تیمار اسپرمین مشاهده گردید. که نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۰/۴۴ درصدی در طول گیاهچه گردید. بعلاوه سایر تیمارها و آب نیز باعث افزایش معنی-داری در طول گیاهچه در مقایسه با گیاهچه‌های حاصل از بذرهای شاهد (بدون تیمار) گردیدند. همچنین تأثیر مثبت تیمار پوترسین در مقایسه با سایر تیمارهای اسپرمیدین و اسپرمین بر افزایش طول گیاهچه کم‌تر بود (جدول ۲).

طول ریشه‌چه: در بررسی اثرات متقابل سال×تیمار بذر، بیش‌ترین طول ریشه‌چه با میانگین ۱۴/۳ سانتی‌متر در بذرهای تیمارشده با اسپرمین و سال دوم‌آزمایش مشاهده گردید که در مقایسه با شاهد ۳۱/۵ درصد افزایش مشاهده شد. کم‌ترین میزان طول ریشه‌چه درسال دوم آزمایش و بذرهای شاهد (بدون تیمار) و با میانگین ۱۰/۸سانتی‌متر بدست آمد. لازم به ذکر است که در دو سال آزمایش کلیه تیمارهای بذری پلی‌آمین و آب باعث افزایش معنی‌داری در طول ریشه‌چه در مقایسه با شاهد (بذرهای بدون تیمار) گردیدند. درسال اول آزمایش بین تیمارهای بذری پلی‌آمین و آب از نظر تأثیر بر رشد ریشه‌چه تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نگردید، درحالی‌که در سال دوم آزمایش تأثیر مثبت تیمار اسپرمین بیش‌تر از سایر تیمارهای پلی‌آمین (پوترسین، اسپرمدین) و تیمار آب بود (جدول۳).

بر اساس گزارش محققان پلی‌آمین‌ها موجب بهبود در بنیه بذر و تسریع در جوانه‌زنی بذر می‌گردد. Pas همچنین، موجب بهبود در بنیه گیاهچه‌ها می‌شود، به طوری‌که موجب طویل‌شدن بیش‌تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و همین‌طور بهبود در وزن خشک گیاهچه‌ها در گوجه‌فرنگی گردید (Afzal *et al*., 2008). در تحقیق حاضر نیز PAs موجب طویل‌تر شدن ریشه گیاهچه‌ها و بهبود بنیه آن‌ها

شد که این افزایش ممکن است که حاصل از تسریع در جوانه‌زنی و ظاهرشدن زود هنگام گیاهچه باشد (Liu *et al*., 1996). بعلاوه دلیل قابل توجه دیگر برای این موضوع ترمیم آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد روی غشاها و سایر ترکیبات در مرحله جذب آب است. شواهد نشان می‌دهد که بازسازی DNA، RNA، پروتئین غشاها و آنزیم‌ها در طول دوره جذب آب مرحله (lag phase،II) و پرایمینگ بذر صورت می‌گیرد (Welbaum and Bradford, 1991).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه بعد از پیش تیمار بذر

Table 1. Analysis of variance mean squares of studied characteristics after seed pre-treatment

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه Vigour index	طول ریشه‌چه Radicle length	طول گیاهچه های عادی Seedling length	محصولات میلارد Normal seedling	Maillard product	محصولات آمادوری Amadori product
سال Year(Y)	1	0.00001 ns	0.463**	3. 011*	0.086ns	2066.7 **	0.00033ns	0.00000044ns
رطوبت بذر Seed moisture (SM)	2	0.0004ns	0.222**	0.203ns	0.69ns	419.02**	8.622 **	0.0022 **
پیش‌تیماربذر Seed pretreatment (ST)	4	0.00055ns	0.243**	22.07**	26.37**	952.55**	0.232 **	0.00026 **
تیمار رطوبت × پیش‌تیمار ST*SM	8	0.0012ns	0.081 **	0.937ns	0.765ns	37.84ns	0.0081 **	0.000016 **
رطوبت بذر × سال Y*SM	2	0.00001 ns	0.060ns	2.46*	0.764ns	302.92**	0.000 43ns	0.00000052ns
سال × پیش‌تیمار Y*ST	4	0.00001 ns	0.031ns	2.43**	0.923ns	76.13*	0.00033ns	0.00000041ns
سال × رطوبت بذر × پیش‌تیمار Y*SM*ST	8	0.00001 ns	0.008ns	2.61 ns	0.911ns	43.83 ns	0.00032ns	0.00000051ns
خطا Error	90	0.00031	0.022	0.636	0.924	27.38	0.00025	0.00000086
ضریب تغییرات (درصد) C.V(%)		9.87	9.86	6.10	3.68	6.21	1.2	3.2

ns، * و ** به ترتیب: غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: not significant * and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه بعد از پیش‌تیمار بذر جو تحت تأثیر تیمارهای بذری

Table 2. Means comparison of studied characteristics after barley seed pre-treatment as affected seed treatments

تیمار بذر Seed treatment	طول گیاهچه Seedling length (cm)
پوترسین Putersine	26.45 ab
اسپرمین Spermine	26.76 a
اسپرمیدین Spermidine	26.71 a
آب Water	26.12 b
شاهد Control	24.23 c

*در هر ستون میانگین ها با حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی داری در سطح احتمال خطای آماری ۵ درصد ندارند.

*Means with same letter in each column are not significantly different at the 5% Probability level according LSD Test

درصد گیاهچه‌های عادی: این صفت تحت تأثیر اثرات اصلی سال، رطوبت بذر در زمان برداشت و تیمار بذر درسطح احتمال ۱ درصد، اثرات متقابل رطوبت بذر در زمان برداشت×سال در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل تیماربذر×سال در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۱). به‌طوری‌که در بررسی اثرات متقابل تیمار بذر× سال حداکثر درصد گیاهچه‌های عادی در سال دوم آزمایش و بذرهای تیمارشده با تیمار اسپرمین با میانگین ۹۶/۴ درصد مشاهده گردید و حداقل درصد گیاهچه‌های عادی مربوط به بذرهای شاهد (بدون تیمار) با میانگین ۷۲/۸۳ درصد و سال اول آزمایش بود. در هر دو سال آزمایش کلیه تیمارهای پلی‌آمین وآب دارای تأثیر مثبت معنی‌داری بر درصد تولید گیاهچه‌های عادی بودند.

درسال دوم آزمایش بیش‌ترین تأثیر مثبت به‌ترتیب مربوط به تیمارهای اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین و آب بود. در سال اول آزمایش تأثیر مثبت پوترسین در مقایسه با شاهد، بیش‌تر ازسال دوم آزمایش بود، درحالی‌که در سال دوم آزمایش اثرات مثبت اسپرمین و اسپرمیدین بر درصد تولید گیاهچه‌های عادی بیش‌تر از سال اول آزمایش بود (جدول ۳). بیش‌تر فعالیت پلی‌آمین‌ها ممکن است که مرتبط با غشاء باشد، به‌طوری‌که موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی می‌شوند و احتمال می‌رود که

فعالیت پلی‌آمین‌ها سبب کاهش فرسودگی در بذرها از طریق حفاظت غشا یا ترمیم آن شود (Basra *et al*., 1994). که در نهایت منجر به بهبود در بنیه بذر و افزایش درصد تولید گیاهچه‌های عادی می‌گردد، که چنین نتایجی در این تحقیق نیز بدست آمده و قابل مشاهده می‌باشد. در سال دوم آزمایش بذرهای شاهد (بدون تیمار) در مقایسه با سال اول آزمایش،گیاهچه‌های عادی بیش‌تری تولید نمودند، که این به تفاوت در تأثیر شرایط محیطی بر مراحل نمو و رسیدگی فیزیولوژیک بذر در دو سال مورد آزمایش بر می‌گردد.

شاخص بنیه وزنی گیاهچه: این صفت تحت تأثیر تیمارهای بذری، رطوبت بذر در زمان برداشت و اثرات متقابل رطوبت بذر در زمان برداشت × تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد قرارگرفت، در هر سه سطح رطوبتی مورد مطالعه در زمان برداشت بذر، کلیه‌تیمارهای بذری پلی-آمین باعث افزایش معنی‌داری در شاخص بنیه وزنی گیاهچه در مقایسه با شاهد (بذرهای بدون تیمار) گردیدند، به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص بنیه بذر مربوط به بذرهای برداشت‌شده با رطوبت ۱۸ درصد و تیمارشده با اسپرمین بود، به‌طوری‌که افزایش ۱۹/۵۸ درصدی در شاخص بنیه وزنی گیاهچه را دارا بودند. در دو سطح رطوبتی ۱۶ درصد و ۱۸ درصد کلیه تیمارهای پلی‌آمین دارای تأثیر مثبت معنی‌داری بر بهبودی شاخص بنیه وزنی گیاهچه در مقایسه با شاهد (بذرهای بدون تیمار) بودند، درحالی‌که درسطح رطوبتی ۱۴ درصد تنها تیمار پوترسین با بذرهای شاهد (بدون تیمار) از نظر تأثیر برشاخص بنیه وزنی گیاهچه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). نتایج حاصل از این تحقیق مطابق با یافته‌های سایر محققین است که گزارش نموده‌اند، رسیدگی فیزیولوژیک مرحله‌ای از نمو بذر است که بذر به حداکثر وزن خشک خود رسیده است (پایان مرحله پرشدن بذر) و بذرها بالاترین قوه زیست و بنیه را دارا هستند و بعد از آن بذرها شروع به فرسوده‌شدن می‌نمایند، به‌طوری‌که این نظریه به‌طورگسترده‌ای پذیرفته شده است (Delouche, 1980 ; Powell, 1984).

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر سال بر صفات مورد مطالعه پس از پیش‌تیمار بذر جو

Table 3. Means comparison of year effect on studied characteristics after barley seed pre-treatment

سال Year	تیمار بذرSeed treatment	گیاهچه های عادی (%) Normal seedling	طول ریشه‌چه (cm) Radicle length
اول First	شاهد Control	72.83 n	12.00 e
	آب water	77. 66 fm	13.37 bc
	اسپرمین Spm	91.66 b	13.69 ab
	پوترسین Put	87.7 bc	13.46 bc
	اسپرمیدین Spd	83.1 ed	13.57 b
دوم Second	شاهد Control	74.66 mn	10.87 d
	آب water	81.6 df	12.90 c
	اسپرمین Spm	96.4 a	14.30 a
	پوترسین Put	87.1 ce	13.26 bc
	اسپرمیدین Spd	88.5 bc	13.16 bc

*در هر ستون میانگین ها با حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

*Means with same letter in each column are not significantly different at the 5% probability level according LSD test

در دو سطح رطوبتی ۱۶ درصد و ۱۸ درصد کلیه تیمارهای پلی‌آمین دارای تأثیر مثبت معنی‌داری بر بهبودی شاخص بنیه وزنی گیاهچه در مقایسه با شاهد (بذرهای بدون تیمار) بودند، درحالی‌که در سطح رطوبتی ۱۴ درصد تنها تیمار پوترسین با بذرهای شاهد (بدون تیمار) از نظر تأثیر بر شاخص بنیه وزنی گیاهچه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). نتایج حاصل از این تحقیق مطابق با یافته‌های سایر محققین است که گزارش نمودند، رسیدگی فیزیولوژیک مرحله‌ای از نمو بذر است که بذر به حداکثر وزن خشک خود رسیده (پایان مرحله پرشدن بذر) و بذرها بالاترین قوه زیست و بنیه را دارا هستند و بعد از آن بذرها شروع به فرسوده شدن می-نمایند، به‌طوری‌که این نظریه به طورگسترده‌ای پذیرفته شده است (Powell, 1984; Delouche, 1980).

بعلاوه پلی‌آمین‌ها به‌علت طبیعت پلی‌کاتیونیکی که دارند، می‌توانند اتصال محکمی با اجزای آنیونی سلولی از قبیل اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و فسفولیپیدها برقرار کنند (An *et al*., 2004). از جمله نقش PAs می‌توان به ثبات عمل کروموزوم‌ها (Kasinathan and Wingler, 2004)، تأخیر درپراکسیداسیون لیپیدی وحفاظت از یکنواختی غشا (Ha *et al*., 1998)، سیالیت غشاء (Moschou *et al*., 2012) و تنظیم پروتئینی (Takahashi and Kakehi, 2010؛ Baron and Stasolla, 2008) و پاسخ به شرایط تنش (Alcázar *et al*., 2011) اشاره کرد. بهبود در بنیه گیاهچه بعد از تیمارکردن بذرها ممکن است که به وسیله افزایش در تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ایجاد شود که نتیجه آن افزایش در رشد گیاهچه است (Farooq *et al*., 2008). در همین راستا باسرا و همکاران (Basra *et al*., 1994) گزارش کردند که تیمار بذرهای پیاز با PAs موجب بهبود در بنیه بذر و رشد گیاهچه‌ها بعد از یک دوره انبارکردن معین گردید.

تغییرات محصولات امادوری و میلارد در بذر بعد از پیش‌تیمار

اثرات متقابل تیمار بذر× رطوبت بذر بر محصولات میلارد و آمادوری درسطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). در بررسی اثرات متقابل بیش‌ترین محصولات آمادوری متعلق به بذرهای شاهد (بدون تیمار) و برداشت-شده با رطوبت ۱۴ درصد بود، کم‌ترین این صفت نیز در بذرهای تیمارشده با پلی‌آمین اسپرمین و برداشت‌شده با رطوبت ۱۸ درصد مشاهده گردید. در بررسی اثرات متقابل بر محصولات میلارد نیز بیش‌ترین این صفت مربوط به بذرهای بذرهای شاهد (بدون تیمار) و برداشت‌شده با رطوبت ۱۴ درصد بود، کم‌ترین این صفت نیز در بذرهای تیمارشده با پلی‌آمین اسپرمین و برداشت‌شده با رطوبت ۱۸ درصد مشاهده گردید (جدول ۴).

سطح رطوبت ۱۴ درصد: بذرهای برداشت‌شده با سطح رطوبتی ۱۴ درصد، بیش‌ترین محصولات آمادوری متعلق به بذرهای شاهد (بدون تیمار) و با میانیگن ۰/۰۴۳ بود، حداقل محصولات آمادوری متعلق به بذرهای تیمارشده با پوترسین با میانگین ۰/۰۳۲ بود، همچنین در این سطح رطوبتی بین تیمارهای اسپرمین و پوترسین از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نبود، اما تفاوت آن‌ها با اسپرمیدین از نظر آماری معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تأثیرات مثبت اسپرمیدین بر کاهش محصولات آمادوری در مقایسه با تیمارهای اسپرمین و پوترسین کم‌تر بود (جدول ۴).

تیمار آب نیز در این سطح رطوبتی دارای تأثیر معنی-داری در مقایسه با شاهد بر کاهش محصولات آمادوری بود. همچنین درسطح رطوبتی ۱۴ درصد، بذرهای شاهد (بدون تیمار) دارای بیش‌ترین محصولات میلارد بودند و حداقل این صفت در این سطح رطوبتی متعلق به بذرهای تیمارشده با اسپرمین با میانگین ۱/۶ بود. بعلاوه تیمار آب دارای تأثیر مثبت معنی داری بر کاهش محصولات میلارد در مقایسه با شاهد بود.

سطح رطوبت ۱۶ درصد: در بذرهای برداشت‌شده با سطح رطوبتی ۱۶ درصد، حداکثر محصولات آمادوری با میانگین ۰/۰۳۳ در هر در بذرهای شاهد (بدون تیمار) مشاهده گردید. حداقل این صفت در تیمار اسپرمین و با میانگین ۰/۰۲۵ بدست آمد.

کلیه تیمارهای پلی‌آمین با بذرهای شاهد (بدون تیمار) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را نشان دادند، تیمار اسپرمین با تیمارهای پوترسین و اسپرمیدین از نظر تأثیر بر محصولات آمادوری تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد، درحالی‌که تفاوت پوترسین و اسپرمیدین از نظر آماری با هم معنی‌دار نبود. بعلاوه تأثیر آب بر کاهش محصولات آمادوری در مقایسه با بذرهای شاهد (بدون تیمار) از نظر آماری معنی‌داری بود. همچنین در سطح رطوبتی ۱۶ درصد بذرهای شاهد (بدون تیمار) دارای بیش‌ترین محصولات میلارد بودند و حداقل این صفت در این سطح رطوبتی متعلق به بذرهای تیمارشده با اسپرمین با میانگین ۱/۱۵ بود. بعلاوه تیمار آب دارای تأثیر معنی‌داری بر کاهش محصولات میلارد در مقایسه با بذرهای شاهد (بدون تیمار) بود، بعلاوه تیمارهای پلی‌آمین با هم تفاوت آماری معنی‌داری را نداشتند و دارای تأثیر مثبت نسبتاً یکسانی از نظر اثر بر کاهش محصولات میلارد بودند (جدول ۴).

سطح رطوبت ۱۸ درصد: بذرهای برداشت‌شده با سطح رطوبتی ۱۸ درصد حداکثر محصولات آمادوری با میانگین ۰/۰۲۴ در بذرهای شاهد (بدون تیمار) مشاهده گردید. کلیه تیمارهای پلی‌آمین باعث کاهش معنی‌داری در میزان محصولات آمادوری گردیدند. تیمار اسپرمین دارای بیش-ترین تأثیر مثبت بر کاهش میزان محصولات آمادوری بود وحداقل محصولات آمادوری متعلق به این تیمار با میانگین

۰/۰۱۷ بود. تیمارهای پلی‌آمین تأثیر یکسانی برکاهش محصولات آمادوری داشتند و تفاوت آن‌ها با هم از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴).

همچنین کلیه تیمارهای پلی‌آمین و آب باعث کاهش معنی‌داری در محصولات میلارد در مقایسه با بذرهای شاهد (بدون تیمار) گردیدند. حداکثر محصولات میلارد در سطح رطوبتی ۱۸ درصد متعلق به بذرهای شاهد (بدون تیمار) بود و حداقل آن در بذرهای تیمارشده با اسپرمین و با میانگین ۰/۶ مشاهده گردید.، لازم به ذکر است که تفاوت تیمارهای پلی‌آمین بر محصولات میلارد از نظر آماری با یکدیگر معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر رطوبت بذر جو در زمان برداشت بر صفات مورد مطالعه پس از پیش‌تیمار بذر

Table 4. Means comparison of seed moisture effect in harvesting time on studied characteristics after seed pre-treatment

رطوبت بذر (درصد) Seed moisture	تیمار بذر Seed treatment	محصولات میلارد Maillard product (شاخص FAST)	محصولات آمادوری Amadori products (جذب در ۵۵۰ نانومتر)	شاخص بنیه Vigour index
14	شاهد Control	1.83 a	0.043 a	1.30 f
	آب water	1. 8 b	0.04 b	1.34 edf
	اسپرمین Spm	1.6 c	0.033 c	1.63 b
	پوترسین Put	1.64 c	0.032 c	1.42 cdef
	اسپرمیدین Spd	1.7 ab	0.035 b	1.43 cdef
16	شاهد Control	1.4 a	0.033 a	1.32 df
	آب water	1.3 b	0.031 b	1.45 cde
	اسپرمین Spm	1.15 c	0.025 c	1.69 a
	پوترسین Put	1.2 c	0.027 b	1.60 b
	اسپرمیدین Spd	1.2 c	0.027 b	1.49 bce
18	شاهد Control	0.9 a	0.024 a	1.43 cdef
	آب water	0.8 b	0.022 a	1.56 bc
	اسپرمین Spm	0.6 c	0.017 b	1.71a
	پوترسین Put	0.7 c	0.018 b	1.65 a
	اسپرمیدین Spd	0.7 c	0.018 b	1.60 b

*در هر ستون میانگین ها با حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

*Means with same letter in each column are not significantly different at the 5% Probability level according LSD test.

گیاهچه حاصل از بذرهایی که دارای محتوای بالاتری از محصولات آمادوری و میلارد بودند در واقع دارای بنیه پائین‌تری بوده و در نهایت درصد گیاهچه‌های عادی کم-تری را تولید نمودند و به‌طور کلی قوه زیست درآن‌ها با افزایش محصولات آمادوری و میلارد کاهش یافت. نتایج سایر محققین نیز مؤید این موضوع است، به‌طوری‌که طی تحقیقی روی بذر ماش نتایج بیانگر این بود که مقدار گلوکز در محورهای (جنینی) بذر با افزایش مدت انبارداری افزایش یافت. تصور بر این بود که این امر از طریق هیدرولیز تدریجی دی‌ساکاریدها و الیگوساکاریدها صورت می‌پذیرد. احیای قندهایی از قبیل فروکتوز، گالاکتوز و گلوکز نیروی اصلی پیش‌برنده واکنش‌های آمادوری و میلارد است، به‌طوری‌که شدت فلورسانس پروتئین به‌طور خطی در دوره انبارداری بذر ماش افزایش یافت (Murthy and Sun, 2000).

مکانیزم پراکسیداسیون لیپیدی در بذرها بستگی به محتوای رطوبت آن‌ها، دمای انبار و غلظت اکسیژن دارد. از این رو محصولات حاصل از هیدرولیز قندها و پراکسیداسیون لیپیدی، ممکن است که آغازکننده تجزیه غیرآنزیمی پروتئین و DNA از طریق واکنش‌های آمادوری و میلارد باشد. این امکان نیز وجود دارد که تحت شرایط ویژه‌ای فرسوده‌شدن بذر همراه با پراکسیداسیون لیپیدی و هیدرولیز قندها نباشد (Mc Donald, 1999). واکنش‌های میلارد، واکنش‌های پیچیده‌ای هستند که بین محصولات آمادوری بعد از حمله غیر آنزیمی به پروتئین‌ها به وسیله احیای قندهاو یا آلدئیدها (واکنش‌های آمادوری) رخ می‌دهد (Murthy and Sun, 2000).

برخی رخدادهایی که در بذرهای خشک در مراحل اولیه فرسوده‌شدن رخ می‌دهند، در نهایت منجر به فرسودگی کیفیت بذر می‌شوند، بدون شک واکنش‌های هیدرولیز که در بذرهای خشک رخ می‌دهند نه تنها کربوهیدرات‌ها بلکه سایر پلیمرهای سلولی نیز در آن درگیر هستند. نتیجه واکنش‌های هیدرولیز در بذر کاهش رطوبت آن است، در چنین وضعیتی پروتئین فسفاتاز غیرفعال شده که در نتیجه مکانسیم کانال آب معیوب و بسته می‌شود، نفوذپذیری غشاء سلولی به آب افزایش می‌یابد، بنابراین کانال‌های آب در حالت باز باقی می‌مانند و بدین طریق بذر فرسوده می‌گردد (Veselovsky and Veselova, 2012 Veselovsky and Veselova, 2006;). بعلاوه محصولات واکنش‌های آمادوری و مایلارد ساختار و عمل پروتئین‌ها و DNA را تغییر می‌دهند، بدین ترتیب قادر به متلاشی‌نمودن غشاء و بالابردن قابلیت نفوذ غشاء به آب و الکترولیت‌ها هستند (Veselovsky and Veselova, 2012). به‌طورکلی فرآیندهای مولکولی که در بذرها بوجود می‌آیندو همین‌طور زمان آن‌ها در گونه‌های مختلف متفاوت هستند (Castellion *et al*., 2010). محتوای آب (بذر) یک فاکتور مهم می‌باشد که بر سرعت واکنش‌های فرسودگی بذر و فرسوده‌شدن آن در طی دوره انبارداری مؤثر است (Matiacevich *et al*., 2006). در بذرهای خشک واکنش‌های آنزیمی نقش کمی را در فرسودگی بذر ایفا می‌نمایند، زیرا دارای محدودیت تحرک و پویایی هستند. به‌طوری‌که رخدادهای غیرآنزیمی ویژه از قبیل واکنش مایلارد می‌تواند در محتوای بسیار پائین آب رخ دهد (Priestley, 1986; Sun and Leopold, 1995;Wettlaufer and Leopold, 1991). واکنش مایلارد به گروهی از واکنش‌های پیچیده بر می‌گردد که پیامد آن این است که پروتئین‌ها به‌صورت متراکم درآمده و قابلیت حل‌شدنشان را از دست می‌دهند (Castellion *et al*., 2010; Murthy and Sun, 2000). پیشنهاد شده است که محصولات واکنش مایلارد و اجزاء فلئورسنت که تشکیل شده‌اند، به‌طور عمده با پروتئین‌ها و این ترکیباتی که بیش‌تر غیر محلول و ته‌نشین شده‌اند، مرتبط هستند، به‌طوری‌که رفتارهای فلئورسنت حاصل از محصولات مایلارد مرتبط با پیری و فرسوده‌شدن بذرها هستند. لذا از آنالیز فلئورسانس پروتئین در جهت مطالعه تغییرات پروتئین در طی دوره ذخیره بذر استفاده می‌گردد (Castellion *et al*., 2010). واکنش مایلارد ممکن است که در فرسودگی بذر از طریق تغییرات شیمیایی پروتئین‌های فعال (در حال کار) شرکت نمایند، از اینرو قابلیت متابولیک کاهش پیدا می‌کند و قابلیت سیستم متابولیک در جهت محدودکردن آسیب حاصل از رادیکال آزاد و ترمیم در طی دوره جوانه‌زنی (بذر) کاهش می‌یابد (Murthy *et al*., 2002; Castellion *et al*., 2010).

بذرهای خشک قادر به ترمیم و مرمت نیستند، بنابراین پروتئین و DNA که به وسیله واکنش‌های آمادوری و میلارد آسیب دیده‌اند، با گذر زمان تجمع می‌یابند و سرانجام موجب مرگ بذر می‌شوند (Mc Donald, 1999). نتایج این تحقیق بر روی بذرهای جو نیز مؤید این یافته است، به‌طوری‌که به علت بهبود در وضعیت کیفی بذرهای تیمارشده، حداقل واکنش آمادوری و میلارد در بذرهای تیمارشده با PAs مشاهده گردید. درحالی‌که بذرهای شاهد (بدون تیمار) شدت فلئورسانس پروتئین در آن‌ها افزایش یافته و از میزان حداکثری واکنش‌های آمادوری و میلارد برخوردار بودندکه این پدیده با کاهش بنیه بذرها توأم بود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق می توان از تیمارهای PAs و آب جهت بهبود بنیه بذر بعد از یک دوره انبارداری و تقریباً یک ماه قبل از کاشت استفاده نمود، به‌طوری‌که تیمارهای PAs و به‌ویژه اسپرمین در این تحقیق باعث بهبود در بنیه بذر و جلوگیری از اثرات مخرب فرسودگی بر کیفیت بذر بعد از یک دوره انبارداری گردید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان، مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج جهت همکاری ابراز می‌دارند.

منابع

Afzal, I., Basra, S.M., Shahid, M., Farooq, M. and Saleem, M. 2008. Priming enhances germination of spring maize (*Zea mayes* L.) under cool conditions. Seed Science and Technology, 36: 497-503. **(Journal)**

An, L.Z., Liu, G.X., Zhang, M.X., Chen, T., Liu, Y.H., Feng, H.Y., Xu, S.J., Qiang, W.Y. and Wang, X.L. 2004. Effect of enhanced UV-B radiation on polyamine content anaa membrane permeability in cucumber rleaves, Russian Journal of Plant Physiology, 51: 658-662. **(Journal)**

Alcázar, R., García-Martínez, J.L., Cuevas, J.C., Tiburico, A.F. and Altabella, T. 2005. Overexpression of ADC2in Arabidopsis induces dwarfism and late flowering through GA deficiency. Plant Journal, 43(3): 425-436. **(Journal)**

Baron, K. and Stasolla, C. 2008.The role of polyamines during in vivo and in vitro development. In Vitro Cellular and Developmental. Biology-Plant, 44(5): 384-395. **(Journal)**

Basra, A.S., Singh, B. and Malik, C.P. 1994. Priming-induced changes in polyamine levels in relation to vigor of aged onion seeds. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 35(1): 19-23. **(Journal)**

Bernal-Lugo, I. and Leopold, A.C. 1992. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. Plant Physiology, 98(3): 1207-1210. **(Journal)**

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. 2013. Longevity, Storage, and Deterioration In: Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy (3th Ed.). Springer. pp: 341-376. **(Book)**

Cao, D.D., Hu, J., Gao, C.H., Guan, Y.J., Zhang, S. and Xiao, J.F. 2008. Chilling tolerance of maize (*Zea mays* L.) can be improved by seed soaking in Putrescine. Seed Science and Technology, 36: 191-197. **(Journal)**

Delouche, J.C. 1980. Environment effects on seed development and seed quality. Horticalture Science, 15(6): 775-780. **(Journal)**

Farooq, M., Shahzad, M.A., Basra, H. and Rehman Hussain, M. 2008. Seed priming with polyamins improves the germination and early seedling growth in fine rice. Journal of New Seeds, 9(2): 145-155. **(Journal)**

Farooq, M., Aziz, T. and Rehman, H.U. 2011. Evaluation surface drying and re-drying for wheat seed priming with polyamines: effects on emergence, early seedling growth and starch metabolism. Acta Physiology Plantarum, 33:1707-1713. **(Journal)**

Food and Agriculture Organization. 2016. Statistics: FAOSTAT agriculture. Retrieved December 15, 2017. from http://fao.org/crop/statistics. **(Website)**

Ha, H.C., Sirisoma, N.S., Kuppusamy, P., Zweier, J.L., Woster, P.M. and Casero, R.A. 1998. The natural polamine spermine functions directly as a free radical scavenger. Biochemistry 5(19): 11140-11145. **(Journal)**

Haydarpoor, D., Tavazoa, M., Sadat Rasol, S.A. and Ahmadifar, M. 2012. Barley Seed Multiplication and Supplying Program. Ministry of Jihad-e-Agriculture, (In Persian)**(Handbook)**

International Seed Testing Association (ISTA). 2011. Proceeding of International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, 27, Supplement. **(Handbook)**

Kasinathan, V. and Wingler, A. 2004. Effect of reduced arginine decarboxylase activity on salt tolerance and on polyamine formation during salt stress in Arabidopsis thaliana. Physiology Plantarum, 121(1): 101-107. **(Journal)**

Leclere, J. and Biroluez-Aragon, I. 2001. The fluorescence of advanced maillard products is a good indicator of lysine damage during the Maillard Reaction. Journal Agricultural Food Chemistry, 49(10): 4682-4687. **(Journal)**

Lehner, A., Mamadou, N., Poels, P., Come, D., Bailly, C. and Corbineau, F. 2008. Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during ageing in wheat grains. Journal of Cereal Science, 47(3): 555-565. **(Journal)**

Liu, Y.Q., Bino, R.J., Vanderburg, W.J., Groot, S.P.C. and Hilhorst, H.W.M. 1996. Effects of osmotic priming on dormancy and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) seeds. Seed Science and Research, 6(2): 49-55. **(Journal)**

Matiacevich, S.B., Castellión, M.L., Maldonado, S.B. and Buera, M.P. 2006. Thermal transitions of quinoa embryos and seeds as affected by water content. In M. P.Buera, J. Welti-Chanes, H. Corti,

and P. Lillford (Eds.), Water properties of food, pharmaceutical and biological materials, Buenos Aires CRC Press, PP: 565–570. **(Book)**

Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27(1): 177-237. **(Journal)**

Moschou, P.N., Wu, J., Cona, A., Tavladoraki, P., Angelini, R. and Roubelakis-Angelakis, K.A. 2012. The polyamines and their catabolic products are significant plaers in the turnover of nitrogenous molecules in plants. Journal of Experimental Botany, 63(14): 5003-5015. **(Journal)**

Moussou, N., Corzo-Martinez, M., LuzSanz, M., Zaidi, F., Montilla, A. and Villamiel, M. 2017. Assessment of maillard reaction evolution, prebiotic carbohdrates, antioxidant activity and α-amylase inhibition in pulse flours. Journal of Food Science and Technology, 54(4): 890–900 **(Journal)**

Murthy, U.M.N. and Sun, W.Q. 2000. Protein modification by Amadori and Maillard reactions during seed storage. Journal of Experimental Botany, 51(348):1221-1228. **(Journal)**

Murthy, U.M.N., Liang, Y., Kumar, P.P. and Sun, W.Q. 2002. Non-enzymatic proteinmodification by the Maillard reaction reduces the activities of scavenging enzymes in Vigna radiata. Physiologia Plantarum, 115: 213–220. **(Journal)**

Murthy, U.M.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. Journal of Experimental Botany, 54(384): 1057-1067. **(Journal)**

Nagel, M., Kodde, J., Pistrick, S., Mascher, M., Börner, 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(388): 1-11. **(Journal)**

Powell, A.A., Matthews, S. and Oliveira, M.D.A. 1984. Seed quality in grain legumes. Advances in Applied Microbial Biology, 10: 217-285. **(Journal)**

Sadeghi, H. 2009. Effect of seed moisture content at harvesting on canola seed vigour and quality in dezfol. Final report project, Ministry of Jahad-e-Agriculture, Seed and plant Certification and Registration Research Institute, Seed Certification and control Research Assistance. (In Persian)**(Research Report)**

Sadeghi, H., Shaeidaei, S., Gholami, H. and Yari, L. 2014. Effect of packaging materials, storage duration and conditions on seed germination traits in laboratory and field emergence of soybean (*Glycine max* L.) seedling. Iranian Journal of Seed Science and Research, 1(1): 67-82. (In Persian)**(Journal)**

Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A. and Amanpour-Balaneji, B. 2012. Phytohormonal regulation of antioxidant systems in petals of drought stressed pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Agricultural Science and Technology, 14(4): 869-878. **(Journal)**

Sun, W.Q. and Leopold, A.C. 1995. The Maillard reaction and oxidative stress during ageing of soybean seeds. Physiologia Plantarum, 94(1): 94-104. **(Journal)**

Sun, W.Q., Davidson, P. and Chan, H.S.O. 1998. Protein stability in the amorphous carbohydrate matrix: relevance to anhydrobiosis. Biochemica et Biophysica Acta, 1425(1): 245-254. **(Journal)**

Takahashi, T. and Kakehi, J. 2010. Polyamines: ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. Annals of Botany, 105: 1-6.

Veselova, T.V and Veselovsky, V.A. 2006. Possible involvement of aquaporins in water uptake by pea seeds differing in quality. Russian.Journal of Plant Physiology, 53(1): 96-101. **(Journal)**

Veselovsky, V.A. and Veselova, T.V. 2012. Lipid peroxidation, carbohydrate hydrolysis, and amadori maillard reaction at early stages of dry seed aging. Russian Journal of Plant Physiology, 59(6): 811-817. **(Journal)**

Wettlaufer, S.H. and Leopold, A.C. 1991. Relevence of amadori and Maillard products to seed deterioration. Plant Physiology, 97(1): 165-169. **(Journal)**

Xu, S., Hu, J., Li, Y., Ma, W., Zheng, Y. and Zhu, S. 2011. Chilling tolerance in *Nicotiana tabacum* induced by seed priming with Putrescine.Plant Growth Regulators, 63: 279-290. **(Journal)**

Zhang, W., Jiang, B., Li, W., Song, H., Yu, Y. and Chen, J. 2009. Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating antioxidative system. Science Horticulturae, 122(2): 200-208. **(Journal)**

Effect of seed treatments on Amadori and Maillard products change and seed vigour in barley (*Hordeum vulgare* L.) After 8 month storage

Leila Yari[1*], Mohammad Sedghi[2], Aidin Hamidi[3], Raouf Seyed Sharifi[4]

Received: August 2, 2017 Accepted: January 11, 2018

Abstract

This study was conducted to investigate the role of polyamines (PAs) as priming agents on seed quality and vigour change with different moisture content (Mc)(14,16,18%) under 8 month storage conditions in barley (*Hordeum vulgare* L.) c.v Usef. Experimental units were arranged factorialy in a completely randomized design with four replications for two years. The seeds were harvested at three initial moisture contents including 18, 16, 14% using wet weight basis. The seed samples then were sealed in polythene bags and stored in conditioned storages for 8 months. After that for seed priming, seeds were soaked in aerated solution of Spermine (Spm), Puterscine (Put), and Spermidine (Spd) and distilled water (W), also untreated seeds used as control. The result in two years indicated that seed treatments significantly increased the seed viability and normall seedling percentage. Interaction between seed moisture content × seed treatments were significant ($P<0.01$) for Amadori and Maillard products. Mximum Amadori and Maillard product was detected for control (untreated seeds) and 14% MC .Whereas, minimum Amadori and Maillard product was detected for Spm seed treatment and 18% MC. Meanwhile, Amadori and Maillard products were reduced in all seed treatments.By increasing Amadori and Maillard products of seed, seedling vigour and seed viability decreased. It suggests that this technique could apply especially for improving vigor of barley seeds in at the end of storage period or at least one month before of this period. Generally, the effectiveness of PAs on improving seedling vigor was more pronounced in Spermine treatment.

Keywords: Amadori and Maillard products; Content at harvesting; Moisture; Polyamine; Seed vigour

How to cite this article

Yari, L., Sedghi, M., Hamidi, A. and Seyed Sharifi, R. 2019. Effect of seed treatments on Amadori and Maillard products change and seed vigour in barley (*Hordeum vulgare* L.) After 8 month storage. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(2):189-201.(In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2019.3599

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. Ph.D Candidate of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Associate Professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding author: lielayari@gmail.com