

تعیین بهترین مدل پرایمینگ بذر برای بهبود جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه گندمیان پایا

علی گزانچیان

گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۴

چکیده

در اصلاح و احیاء مراتع توجه به مرحله جوانه زنی و استقرار گراس‌های پایا که حساس به تنش‌های محیطی می‌باشد ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور تکنیک پرایمینگ بذر جهت بهبود سرعت جوانه زنی و بنیه گیاهچه پنج گراس چند ساله فصل سرد مرتعی شامل *Festuca arundinaceae* و *Festuca ovina*، *Agropyron pectiniform*، *Elymus elongatum*، *Bromus confinis* با استفاده از ماده اسمتیک پلی اتیلن گلیکول (PEG 8000) در غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳/۵ مگاپاسکال (MP) برای دوره‌های نگهداری صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز (D) مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین تمامی عوامل مورد مطالعه و اثرات متقابل آنها برای سرعت جوانه زنی و اجزاء گیاهچه بسیار معنی‌دار بود ($P < 0.01$). تاثیر پرایمینگ بذر بر افزایش سرعت جوانه زنی نسبت به شاهد (بذر پرایم نشده) مثبت بود و به طور خاص برای گونه‌های *A. pectiniforme*، *B. confinis* و *E. elongatum* (۲ روز نگهداری و ۲ مگاپاسکال) به ترتیب ۱۲۷/۹، ۷۷/۸ و ۶۶/۵ درصد افزایش و برای گونه *F. arundinaceae* (۶ روز و ۱/۵ مگاپاسکال) ۹۶/۵٪ افزایش را سبب شد و کمترین تاثیر در گونه *F. ovina* (۴ روز و ۲/۵ مگاپاسکال) با ۱۵٪ افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. روابط رگرسیونی نشان داد که با افزایش غلظت PEG وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه برای تمامی گونه‌ها به جز *F. ovina* و *F. arundinaceae* کاهش یافت. همچنین بیشترین کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را دو گونه دانه درشت *E. elongatum* و *B. confines* با افزایش دوره نگهداری بذر (بیشتر از دو روز) و کاهش غلظت PEG نشان دادند. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش غلظت PEG تا حدود ۲ و ۲/۵ مگاپاسکال و کاهش مدت نگهداری بذر تا ۲ روز می‌تواند در موفقیت تکنیک پرایمینگ بذر گراس‌ها نقش موثرتری ایفا کند و شاید گونه‌های دانه ریز پاسخ بهتری به پرایمینگ بذر جهت بهبود جوانه زنی و استقرار نسبت به دانه درشت نشان دهند.

واژه‌های کلیدی: جوانه زنی و استقرار، گراس فصل سرد، پلی اتیلن گلیکول PEG 8000، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه.

مقدمه

جوانه‌زنی بایستی زنده بوده، تحت شرایط محیطی مناسب قرار گرفته و در خواب نباشد. برخی از محققین معتقدند که شرایط نامطلوب محیطی خواب بذر را در گیاهان چند ساله القاء می‌کند (Karssen et al., 1988). امروزه تاثیر مثبت پرایمینگ بذر در بهبود و افزایش سرعت جوانه زنی و استقرار گراس‌های پایا تحت تنش‌های محیطی توصیه شده است (Khan, 1992; Hardegree and Van Vactor, 2000; Masoudi et al. 2010). براساس تعریف، پرایمینگ بذر یک خصوصیت فیزیولوژیکی در بذر است که در محلول‌های مختلف اسمتیک و غیر اسمتیک به منظور جذب آب توسط بذر و انجام دو فاز اولیه جوانه‌زنی بدون خروج هیچ ریشه‌چه‌ای قبل از کاشت انجام می‌شود.

جوانه‌زنی بذر عبارت است از شروع نمو فعال توسط بذر که سبب ترکیدن پوسته بذر و ظهور ریشه‌چه می‌شود. این عمل مستلزم تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شامل آماس و جذب آب، آگیری بافت‌ها، جذب اکسیژن، فعالیت آنزیمی و هضم، انتقال مولکول‌های هیدرولیز شده به محور جنین، افزایش تنفس و ساختن مواد، شروع تقسیم سلولی و بزرگ شدن آنها، ظاهر شدن جنین به صورت ریشه‌چه و سپس ساقه‌چه می‌باشد (Bewley and Black, 1978). به عبارت دیگر جوانه زنی بذر شامل سه مرحله جذب آب^۱، تجزیه مواد^۲ و ظهور ریشه‌چه از بذر^۳ است. بذر جهت

¹. Imbibition

². Activation

³. Radicle emergence

همکاران (Gazanchian et al., 2006) در بررسی اثر تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و استقرار ۳۶ جمعیت گراس دائمی (پایا)، شامل ۱۵ گونه از هفت جنس گراس *Hordeum Bromus Secale Agropyron Elymus Festuca* و *Dactylis* که از مناطق مختلف کشور جمع-آوری شده بودند در شرایط گلخانه نشان داد که درصد جوانه‌زنی با کاهش ۳۲/۷ درصدی کمترین تاثیر را از تنش خشکی پذیرفت، و بیشترین اثر معنی‌دار تنش خشکی بر طول ساقه‌چه، ریشه‌چه، وزن خشک کل و بنیه بذر، به ترتیب با ۵۷/۹٪، ۴۶٪، ۴۹/۶٪ و ۶۱/۶٪ کاهش نسبت به شاهد بود. همچنین در اثر تنش تعداد روز تا شروع سبز شدن و نسبت طول ریشه به ساقه به ترتیب ۳۲٪ و ۴۸٪ نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

هدف اصلی این تحقیق تعیین بهترین غلظت پرایمینگ بذر و مدت نگهداری در محلول اسمتیک PEG 8000 برای بهبود درصد و سرعت جوانه زنی و بنیه گیاهچه از طریق توسعه سیستم ریشه چه پنج گونه گراس چندساله مرتعی بود. همچنین از دیگر اهداف، بررسی روابط رگرسیونی در پاسخ اجزاء مختلف گیاهچه (ریشه چه و ساقه چه) به غلظت‌های مختلف PEG و دوره‌های نگهداری بود تا بتوان به بهترین مدل جهت افزایش بنیه گیاهچه برای هر گونه دست یافت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اجرا شد. تعداد ۵ گونه گراس چند ساله مرتعی بومی که در مطالعات قبلی بعنوان حساس و متحمل شناخته شده (Gazanchian et al., 2006) و از نظر اندازه بذر متفاوت بودند انتخاب شدند. گونه‌های مورد مطالعه شامل *Bromus confinis*, *Elymus elongatum*, *Agropyron pectiniform*, *Festuca arundinaceae* و *Festuca ovina* بودند.

جهت تعیین بهترین مدت زمان نگهداری در پتانسیل اسمزی، بذر گراس‌های مورد مطالعه در محلول‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ مگاپاسکال با PEG 8000 برای مدت ۲، ۴، ۶ و ۸ روز در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. پس از اعمال تیمارها، بذرها به طور جداگانه با آب مقطر شستشو داده شد و پس از یک هفته نگهداری در دمای اتاق خشک گردیدند. درصد و سرعت جوانه زنی و

این روش می‌تواند در شکستن خواب بذر که در گیاهان مرتعی وجود دارد موثر باشد. مهمترین مزیت این تکنیک افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی سبز شدن بذر و افزایش درصد جوانه‌زنی و شکستن خواب بذر به ویژه تحت تنش‌های محیطی خشکی، شوری و سرما در گیاهان زراعی و غیر زراعی می‌باشد (Bradford, 1986; Khan, 1992; Hardegree et al., 2002). در حال حاضر اسموپرایمینگ یکی از گسترده‌ترین تکنیک‌های پرایمینگ بذر می‌باشد که مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین مواد اسمتیک در این روش شامل پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰، مانیتول، هورمون‌های گیاهی و نمک‌های معدنی (NaCl, KCl, CaCl₂, KNO₃, KCl, KH₂PO₄, K₂SO₄) می‌باشند (Irfan et al., 2011; Masoudi et al. 2008). نکته مشترک در استفاده از تمامی مواد مذکور، تعیین غلظت و مدت زمان نگهداری مناسب در هر آزمایش است که با توجه به نوع بذر ممکن است متفاوت باشد. در طی عمل پرایمینگ بذر افزایش سنتز پروتئین، افزایش سنتز DNA، تأثیر بر فسفولیپیدهای غشایی سلول و فعال‌سازی آنزیم‌ها به خصوص هیدرولاز و آلفا آمیلاز در جنین رخ می‌دهد (Farooq et al., 2007). همچنین مشخص شده است که بذر در حین اسموپرایمینگ وارد فاز (II) از مراحل جوانه‌زنی شده و اجازه رونویسی DNA را پیدا کرده و با RNA افزایش یافته و سپس پروتئین سنتز می‌شود و با دسترسی بیشتر به ATP، رشد سریع تر جنین آغاز می‌شود.

از شاخص‌های مهم در ایجاد مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی، می‌توان از افزایش سرعت جوانه‌زنی و استقرار، گسترش سریع ریشه و استفاده بهینه از رطوبت موجود در خاک به خصوص در مراحل بعدی که گیاه با خشکی مواجه می‌شود نام برد. از طرفی بیوماس بیشتر ریشه در مرحله جوانه‌زنی و استقرار، به استقرار بهتر گراس‌ها در اوایل فصل رشد کمک می‌کند (Hassanyar and Wilson 1979; Mueller 1996; Usberti and Valio, 1997). بنیه گیاهچه و واکنش کل گیاهچه تحت تنش خشکی به عنوان مهمترین فاکتور در برنامه‌های اصلاحی مقاومت به خشکی گراس‌ها در مرحله جوانه زنی شناخته شده و همچنین اشاره شده است که رابطه مثبت بین اندازه بذر و بنیه گیاهچه در ایجاد تحمل بیشتر موثر می‌باشد (Asay and Johnson, 1983). نتایج تحقیق گزانچیان و

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدت زمان نگهداری بذر در غلظت‌های مختلف ماده اسمتیک PEG8000 بر درصد جوانه‌زنی طی ۱۰ روز، سرعت جوانه زنی بر اساس دو شاخص GI و MGT، اجزاء مختلف گیاهچه شامل طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت آنها بسیار معنی‌دار بود ($P < 0.1$). بیشترین تغییر مشاهده شده در این آزمایش مربوط به تنوع گونه‌ای در پاسخ به تیمارهای پرایمینگ بذر بود. به طور متوسط در گونه‌های مورد مطالعه در پاسخ به دوره نگهداری بذر در غلظت‌های مختلف (۲۱ ترکیب تیماری)، گونه *E. elongatum* از بیشترین درصد جوانه زنی (۸۲/۴٪) و سرعت جوانه زنی (۲/۹۲ روز تا رسیدن به ۵۰٪ جوانه زنی) برخوردار بود. پس از آن، *B. confines* با سرعت جوانه زنی ۴/۱ روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی قرار داشت و سایر گونه‌ها در دامنه ۵ تا ۶/۶ روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی قرار گرفتند (شکل ۱).

بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف PEG8000 نشان داد که به طور متوسط بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار ۱/۵ مگاپاسکال PEG بود (شکل ۱). از طرفی سطح غلظت ۰/۵ مگاپاسکال PEG 8000 بیشترین اثر سوء را بر اجزاء گیاهچه از قبیل طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و نسبت آنها، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به شاهد داشت، به نحوی که این شاخص‌ها به ترتیب ۵۰/۲، ۳۹/۹، ۲۲/۱، ۸۹/۰ و ۶۸/۳ درصد کاهش نشان دادند. سایر غلظت‌ها هر چند که نسبت به شاهد از درصد کاهش معنی‌داری برخوردار بودند ولی پاسخ گونه‌ها به میزان خسارت متفاوت بود (جدول ۱).

بررسی تاثیر دوره‌های مختلف نگهداری بذر در متوسط غلظت‌های PEG نشان داد که تیمار دو روز نگهداری بذر برای تمامی گونه‌های گراس، بیشترین درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد تا روز هفتم و بیشترین سرعت جوانه زنی برای تعداد روز تا رسیدن به ۵۰٪ جوانه زنی (MGT) و شاخص GI را سبب شد (شکل ۱). از طرفی به طور متوسط سطوح ۰، ۴ و ۶ و ۸ روز نگهداری بذر در غلظت‌های مختلف PEG نسبت به شاهد بر تمامی اجزاء گیاهچه اثر سوء داشتند، به طوری که با افزایش دوره نگهداری بذر در غلظت‌های مختلف PEG از ۰ تا ۸ روز، طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و نسبت این دو و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب ۴۵/۹، ۳۵/۳، ۲۷/۳، ۷۹/۸ و ۴۶/۸ درصد کاهش

سایر خصوصیات جوانه‌زنی گونه‌ها (طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه گیاهچه) در شرایط آب مقطر و دمای ۲۰ درجه سانتیگراد مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بررسی از بذر تیمار نشده به عنوان شاهد^۱ استفاده شد. در این آزمایش از پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتیمتری جهت بررسی خصوصیات مختلف جوانه‌زنی استفاده شد. درون هر پتری‌دیش تعداد ۲۵ عدد بذر از هر تیمار مورد مطالعه روی کاغذ صافی کشت گردیده و به آنها از ۵ تا ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد.

صفات مورد بررسی شامل درصد جوانه زنی با خروج ریشه‌چه به مقدار ۳ تا ۵ میلی متر هر ۲۴ ساعت یکبار در ساعت ۹ صبح، و وزن خشک (درآون دردمای ۷۵ درجه سانتی گراد برای مدت ۷۲ ساعت) و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت آنها از محل بذر در پایان آزمایش در روز دهم تعیین شدند. همچنین سرعت جوانه زنی بذر بر اساس شاخص جوانه‌زنی (GI)، مجموع درصد بذرهای جوانه زده در هر روز به شماره همان روز) و میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT، تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه زنی، Usberti and Valio, 1997) با استفاده از معادلات زیر برآورد شد:

$$GI = \sum (G / t) \quad [1]$$

$$MGT = \sum (T \times \sum Xi) / \sum Xi \quad [2]$$

که در آن X_i تعداد بذر جدید جوانه‌زده در زمان T_i ، مدت زمان استفاده شده از زمان قبلی جهت جوانه‌زنی و $\sum X_i$ مجموع تعداد بذر جوانه زده در پایان آزمایش می‌باشند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. جهت مقایسه اثرات اصلی از مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. بر اساس مدل رگرسیونی گام به گام^۲ تاثیر غلظت‌های مختلف پرایمینگ بذر و دوره‌های نگهداری بر اجزاء مختلف گیاهچه به طور جداگانه بررسی شد. همچنین موثرترین عوامل موثر بر بنیه گیاهچه برای هرگونه در غلظت‌های مختلف پرایمینگ بذر، از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی در وزن خشک گیاهچه (مجموع ریشه‌چه و ساقه‌چه) تعیین و دوره‌های نگهداری و اثرات متقابل آنها نیز از طریق رگرسیون چندگانه محاسبه گردید.

¹. Non primed

². Stepwise

شاهد به ۲/۴۰ روز رساند، و براساس شاخص GI سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد ۳۴/۷٪ افزایش یافت. در این تیمار نیز طول ساقه‌چه نسبت به شاهد ۳/۹٪ افزایش و طول ریشه‌چه ۲۷/۸٪، وزن خشک ساقه‌چه ۹/۵٪ و وزن خشک ریشه‌چه ۲٪ کاهش نسبت به شاهد نشان دادند. در این گونه با افزایش طول دوره پرایمینگ به ویژه برای غلظت‌های کم، اثر سوء بر جوانه زنی کاملاً مشهود بود (شکل ۱). در این میان ریشه‌چه از حساسیت بیشتری نسبت به ساقه‌چه در پاسخ به تیمار پرایمینگ بذر برخوردار بود. بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که به ازای افزایش هر روز نگهداری وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به ترتیب ۳/۸ و ۲/۱ میلی‌گرم کاهش می‌یابد (جدول ۴). همین روند نیز با افزایش غلظت ماده پرایم مشاهده شد (جدول ۳).

گونه *F. arundinaceae*

در این گونه برعکس سه گونه قبلی، با افزایش دوره نگهداری بذر از ۲ تا ۸ روز به ویژه برای غلظت‌های بیشتر از ۱/۵ مگاپاسکال سرعت جوانه زنی بذر افزایش یافت. بهترین تیمار مربوط به نگهداری بذر برای مدت ۶ روز در غلظت ۱/۵ مگاپاسکال مشاهده شد. در این تیمار درصد جوانه زنی در روز چهارم ۵۴٪ بیشتر از شاهد بود و این روند معنی داری تا روز هشتم ادامه داشت (شکل ۱). شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر (GI) در این تیمار ۹۶/۵ درصد بیشتر از شاهد بود. در بهترین تیمار، افزایش رشد ساقه‌چه بیشتر از ریشه‌چه بود به طوری که وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۳، ۸۰/۱۶، ۵/۲ و ۵۶/۱ درصد افزایش نشان دادند (جدول ارائه نشده است). روابط رگرسیونی برای ضریب درجه دوم این نتیجه را تأیید می‌کند (جدول ۳ و ۴).

و متقابلاً نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه ۱۲/۸ درصد افزایش یافته است (جدول ۲).

مهمترین پاسخ گونه‌های مورد مطالعه به پرایمینگ بذر گونه *Agropyron pectiniforme*

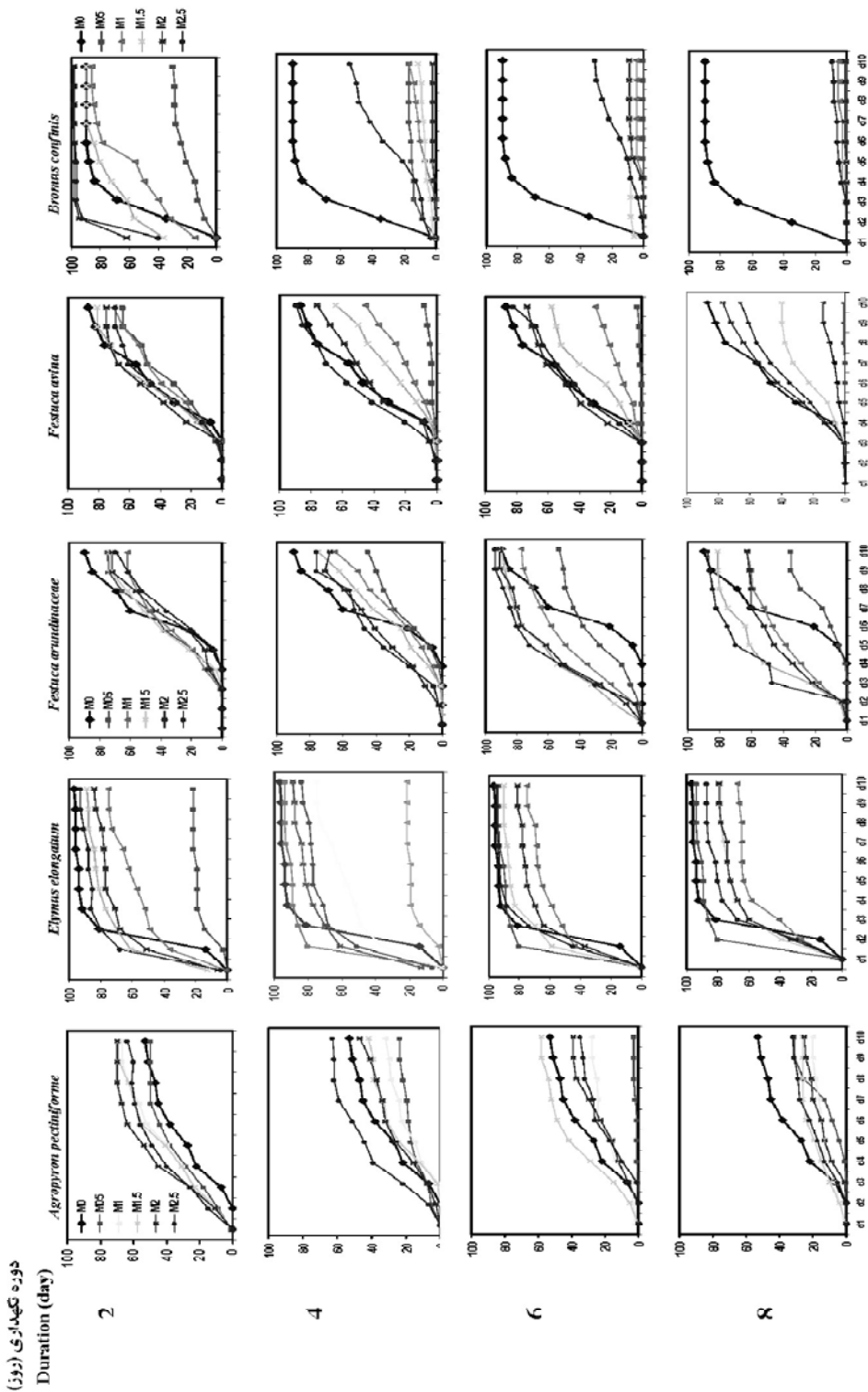
بررسی سرعت جوانه‌زنی بذر در بهترین تیمار پرایمینگ بذر (۲ مگاپاسکال با ۲ روز نگهداری) نشان داد که این تیمار توانست تعداد روز تا ۵۰٪ درصد جوانه‌زنی را به میزان ۱/۲۳ روز کاهش داده و بر اساس شاخص GI سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد ۸۰ درصد افزایش دهد (شکل ۱). بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که با افزایش دوره نگهداری بذر، روند تغییرات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه از مدل درجه دوم تبعیت می‌کند و در محدوده شیب خطی، به ازای هر روز افزایش در مدت پرایمینگ بذر میزان افزایش ساقه‌چه و ریشه‌چه به ترتیب ۲/۳ و ۱/۲ میلی‌گرم بود (جدول ۴). از طرفی با افزایش غلظت PEG 8000 مدل درجه سوم برآزش شد و در محدوده درجه یک معادله با افزایش غلظت وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به میزان ۴/۸ و ۰/۷ میلی‌گرم به ازای هر واحد افزایش غلظت ماده پرایم بدست آمد (جدول ۳).

گونه *B. confinis*

تیمار پرایمینگ بذر برای دو روز نگهداری در دو مگاپاسکال توانست سرعت جوانه‌زنی را بر حسب تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی به میزان ۲/۱۱ روز زودتر نسبت به شاهد رسانده ولی بر حسب شاخص سرعت جوانه زنی GI این نسبت به شاهد ۴۸٪ کاهش نشان داد (شکل ۱). روابط رگرسیونی وزن خشک با دوره نگهداری در این گونه به صورت درجه دوم به ترتیب با ضریب تبیین ۹۵ و ۹۸٪ بودند و در محدوده خطی (ضریب b)، به ازای افزایش در هر روز نگهداری، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به ترتیب ۸/۹ و ۲/۲۵، و به ازای افزایش در واحد غلظت ماده پرایم به ترتیب ۶۹ و ۳/۳ میلی‌گرم کاهش یافت (جدول ۳ و ۴).

گونه *E. elongatum*

بهترین تیمار پرایمینگ بذر (۲ مگاپاسکال و ۲ روز نگهداری) توانست سرعت جوانه زنی را در روز دوم جوانه زنی نسبت به شاهد ۸۰٪ بهبود بخشد (شکل ۱). همچنین این تیمار تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه زنی را از ۳/۱۶ روز در



شکل ۱. روند درصد جوانه زنی پنج گونه گراس فصل سرد پدیا در دوره های نگهداری ۰.۲، ۰.۴، ۰.۶، ۰.۸ و ۱ روز (برای هر گونه از بالا به پایین) در غلظت های مختلف PEG 8000 (۰.۵، ۱، ۱.۵، ۲ و ۲.۵ مگاپاسکال) طی ۱۰ روز در مقایسه با شاهد

Fig. 1. The effects of osmopriming with polyethylene glycol 8000 at 0, 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5 MPa concentrations for 0, 2, 4, 6, and 8 days (D, from top to down) on seed germination rate of five cool season grasses during 10 days, compared with the non primed

جدول ۱. متوسط تاثیر غلظت‌های مختلف PEG 8000 بر اجزاء گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد مرتعی در مرحله جوانه زنی بذر.

Table 1. Main effect of polyethylene glycol 8000 concentrations on seedling components of five cool season grasses at seed germination stage.

پتا نسپیل اسمزی (مگا پاسکال)	طول ریشه چه	طول ساقه چه	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	وزن خشک ریشه چه	وزن خشک ساقه چه	نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه
PEG (MPa)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root shoot length ratio	Root dry weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root/ shoot dry weight ratio
Control (0)	50.83 a	56.67 a	0.95 a	5.12 a	13.00 a	0.39 a
0.5	25.31 e	34.06 d	0.74 c	1.37 d	4.12 c	0.40 a
1	29.26 d	42.50 c	0.73 c	3.08 c	7.75 bc	0.51 a
1.5	35.04 bc	46.14 bc	0.72 c	3.45 c	11.42 ab	0.53 a
2	32.47 c	43.47 c	0.69 c	3.19 c	9.47 ab	0.44 a
2.5	37.84 b	47.79 b	0.84 b	4.22 b	10.75 ab	0.47 a

جدول ۲. بررسی اثر دوره نگهداری در متوسط غلظت‌های مختلف PEG 8000 بر اجزاء مختلف گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد مرتعی

Table 2. Main effect of osmopriming (PEG8000) durations on seedling components of five cool season grasses at seed germination stage.

دوره نگهداری (روز)	طول ریشه چه	طول ساقه چه	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	وزن خشک ریشه چه	وزن خشک ساقه چه	نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه
Duration (day)	Root length (mm)	Shoot length (mm)	Root shoot length ratio	Root dry weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root/ shoot dry weight ratio
0	50.83 a	56.67 a	0.95 a	5.12 a	13.00 a	0.39 b
2	41.01 b	54.99 a	0.78 b	4.82 b	13.25 a	0.38 b
4	31.06 c	41.06 b	0.79 b	2.85 c	6.36 b	0.67 a
6	28.01 dc	39.19 bc	0.70 bc	2.04 d	9.00 b	0.43 b
8	27.47 d	36.61 c	0.69 c	2.53 c	6.92 b	0.44 b

ریشه‌چه افزایش معنی دار نشان داده و یک رابطه کاملاً خطی بین آنها بدست آمد (جدول ۳).

بررسی روابط رگرسیونی چندگانه از تاثیر غلظت و دوره‌های نگهداری بذر و اثرات متقابل روی شاخص پیشنهادی بنیه گیاهچه نشان داد که این تیمارها در گونه‌های *A. pectiniforme* و *B. confinis* به ترتیب ۸۴/۳۳ و ۸۸/۲۸ درصد تغییرات را توجیه می‌کنند و کمترین میزان توجیه تغییرات در گونه *E. elongatum* با ۳۱٪ مشاهده شد. به عنوان مثال، بهترین مدل برای پاسخ بنیه گیاهچه به تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر (D)، دوره نگهداری و

گونه *Festuca ovina*

بررسی سرعت جوانه زنی بر حسب شاخص (GI) نشان داد که نگهداری بذر در غلظت ۲/۵ مگا پاسکال برای ۴ روز، فقط نیم روز تعداد روز تا رسیدن به ۵۰٪ درصد جوانه زنی را سرعت بخشیده است و سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد ۱۵٪ افزایش نشان داده است (شکل ۱). بررسی رشد گیاهچه نشان داد که هر چه غلظت PEG 8000 کاهش یافته و طول دوره نگهداری بذر افزایش یابد، اثر سوء بیشتری نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. روابط رگرسیونی نشان داد که با افزایش غلظت PEG8000 فقط وزن خشک

نگهداری محتمل‌ترین مدت زمان نگهداری در گراس‌های مورد مطالعه است که بتواند از بیشترین تاثیر مثبت پرایمینگ بذر بر بهبود سرعت جوانه‌زنی برخوردار باشد. در این آزمایش تاثیر تیمار پرایمینگ بذر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و اجزاء مختلف گیاهچه متفاوت بود، به طوری که بیشترین تاثیر مثبت پرایمینگ بذر عمدتاً در صفت سرعت جوانه زنی در روند جوانه زنی بذر مشاهده شد. پیش از این نیز به افزایش سرعت جوانه زنی بذر گراس‌های پایا در اثر پرایمینگ به ویژه تحت دمای پایین ۱۰ درجه سانتی‌گراد اشاره شده است (برای مثال، Hardegree et al., 2002; Hardegree and van Vactor, 2000). اثر طول دوره پرایمینگ و پتانسیل اسمزی در رونویسی هسته و نقش فرایندهای مولکولی، به عبارت دیگر سنتتاز DNA در بهبود یکنواختی بذر توسط محققین مورد بحث قرار گرفته است. دیگر محققان نیز بیان داشته‌اند که فعالیت رونویسی از هسته در بذرهایی که تحت پتانسیل اسمزی پایین پرایم شده بودند بیشتر بود (Lanteri et al., 1996).

در این آزمایش سرعت جوانه‌زنی بر حسب دو شاخص GI و MGT در پاسخ به تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی نتایج در این رابطه نیز نشان داد که از آن جایی که شاخص GI، که از دامنه عددی بیشتری برخوردار می‌باشد (۰ تا ۵۰)، نسبت به شاخص MGT که در دامنه ۰ تا ۷ روز قرار دارد بهتر می‌تواند تفاوت بین تیمارها را نشان دهد. همچنین در این مطالعه طی بررسی صفات مختلف مشخص گردید که پاسخ خصوصیات مختلف جوانه‌زنی بذر از قبیل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه به پرایمینگ بذر متفاوت است و این تفاوت در گونه‌های مختلف کاملاً مشهود می‌باشد. بنابراین توجه به شاخصی که بتواند مجموعه‌ای از خصوصیات را شامل شود ضروری به نظر می‌رسد. در این رابطه شاخص بنیه گیاهچه که حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی و اجزاء گیاهچه باشد توصیه شده است (Abdul-Baki and Anderson, 1973; Gazanchian et al., 2006). در این تحقیق تغییر در شاخص بنیه گیاهچه از طریق حاصل ضرب سرعت جوانه‌زنی GI در مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقچه‌چه توانست سهم بیشتری از عوامل موثر از قبیل طول دوره نگهداری و غلظت PEG و اثرات متقابل آن‌ها را توجیه کند. همچنین لارسن و آندریسن (Larsen and

MP, 2006) غلظت PEG 8000 در گونه *A. pectiniforme* با ضریب تبیین ۸۴ درصد عبارت بود از:

$$\text{Vigor} = 69.7 - 10.3D + 107MP - 35.9DMP + 3.1D^2MP$$
 و سهم عامل دوره نگهداری در بیشترین مقدار برابر با ۵۳٪ بود (جدول ۵). این نتایج نشان داد که بنیه گیاهچه در این گونه با افزایش دوره نگهداری و حاصل ضرب دوره نگهداری در غلظت PEG 8000، کاهش یافته و متقابلاً با افزایش غلظت PEG 8000 افزایش می‌یابد. همچنین در گونه *F. arundinaceae* بیشترین سهم در مدل مربوط به عامل حاصل ضرب دوره نگهداری در غلظت PEG 8000 بود (۶۵/۵۴٪)، به طوری که با افزایش آن بنیه گیاهچه افزایش یافت. ولی گونه *F. ovina* به افزایش دوره نگهداری بذر حساسیت بیشتری نشان داده و افزایش آن سبب کاهش بنیه گیاهچه شد (جدول ۵).

بحث

نتایج آزمایش تعیین بهترین غلظت (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵ مگاپاسکال) و مدت نگهداری (۲، ۴، ۶، ۸ روز) در ماده استمیک PEG8000 نشان داد که تمامی گونه‌های مورد مطالعه به بیست ترکیب مختلف این تیمارها پاسخ داده و تغییرات معنی‌داری در سرعت و اجزاء مختلف گیاهچه مشاهده شد. قدر مسلم بهترین تیمار بر اساس تعریف پرایمینگ بذر، تیماری می‌تواند باشد که جوانه‌زنی بذر را تا مرحله دوم از سه فاز جوانه‌زنی پیش ببرد. در این رابطه نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت‌های پایین PEG به دلیل جذب بیش از حد آب توسط بذر از سرعت جوانه‌زنی بذر و توان گیاهچه کمتری برخوردار بودند. این اثرات سوء با نگهداری بذر برای مدت طولانی‌تر از ۲ تا ۸ روز برای غلظت‌های کم کاملاً شدت یافته بود. بنابراین بخوبی مشخص است که حجم آب جذب شده در محلول پرایمینگ بذر که با دو عامل غلظت و مدت زمان تنظیم می‌شود جهت تعیین بهترین تیمار پرایمینگ بسیار مهم است. این عقیده در بسیاری از نتایج پرایمینگ بذر مورد تاکید قرار گرفته است.

همچنین بررسی مدل رگرسیونی گونه‌ها در پاسخ به روند مدت نگهداری و غلظت محلول PEG موید این موضوع است که سهم مدت زمان نگهداری به مراتب بیشتر از اثر غلظت است و بنیه گیاهچه با افزایش زمان نگهداری بذر در محلول پرایمینگ کاهش می‌یابد. از طرف دیگر دو روز

Andreasen, 2004) معتقدند که وزن هزار دانه با درصد گندمیان مرتعی اظهار داشتند که با افزایش وزن هزار دانه و سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد روز تا متوسط جوانه‌زنی (MGT) رابطه دارد. نامبردگان با مطالعه سه گونه از گندمیان مرتعی افزایش و تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

جدول ۳. روابط رگرسیونی تاثیر غلظت های مختلف PEG (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵ مگا پاسکال) روی وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد مرتعی

Table 3. Estimated parameters calculated by nonlinear regression equation for shoot dry weight and root dry weight as affected by polyethylene glycol 8000 concentrations in five cool season grasses.

Species	درجه آزادی df	a	b	c	d	R ²
		Shoot dry weight		وزن خشک ساقه‌چه		
<i>A. pectiniforme</i>	3	3.91	-4.79	3.79	-0.79	82.11
<i>B. confinis</i>	3	31.9	-68.97	51.67	-10.94	95.31
<i>E. elongatum</i>	3	15.14	-14.85	38.38	-8.35	57.69
<i>F. arundinacea</i>	3	2.59	0.65	1.82	-0.62	71.96
<i>F. ovina</i>	2	0.99	0.85	-0.13		61.03
		Root dry weight		وزن خشک ریشه‌چه		
<i>A. pectiniforme</i>	3	0.84	-0.69	1.31	-0.38	61.89
<i>B. confinis</i>	2	5.67	-3.29	1.2		23.03
<i>E. elongatum</i>	3	6.15	-4.64	7.72	-2.14	46.99
<i>F. arundinacea</i>	2	0.65	0.68	-0.12		69.85
<i>F. ovina</i>	1	0.02	0.38			99.75

a, b, c and d are constant and variables of the first-, second- and third-order models, and R² is coefficient of determination.

جدول ۴. روابط رگرسیونی تاثیر مدت زمان نگهداری بذر ۲، ۴، ۶، ۸ روز جهت پرایمینگ بذر بر اجزاء مختلف گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد مرتعی.

Table 4. Estimated parameters calculated by nonlinear regression equations for shoot dry weight and root dry weight as affected by osmopriming durations in five cool season grasses.

Species	درجه آزادی df	a	b	c	d	R ²
		Shoot dry weight		وزن خشک ساقه‌چه		
<i>A. pectiniforme</i>	3	3.02	2.34	-0.9	3.01	3.02
<i>B. confinis</i>	2	36.35	-8.9	0.54		36.35
<i>E. elongatum</i>	2	32.05	-3.83	0.37		32.05
<i>F. arundinacea</i>	2	4.89	-0.56	0.11		4.89
<i>F. ovina</i>	2	12	0.03	-0.02		12
		Root dry weight		وزن خشک ریشه‌چه		
<i>A. pectiniforme</i>	3	1.23	1.17	-0.38	0.03	1.23
<i>B. confinis</i>	2	12.57	-2.25	0.09		12.57
<i>E. elongatum</i>	2	13.43	-2.13	0.19		13.43
<i>F. arundinacea</i>	3	0.68	0.5	-0.14	0.02	0.68
<i>F. ovina</i>	3	0.49	0.15	-0.04	0.01	0.49

a, b, c and d are constant and variables of the first-, second- and third-order models, and R² is coefficient of determination.

جدول ۴. روابط رگرسیونی تاثیر مدت زمان نگهداری بذر ۲، ۴، ۶، ۸ روز جهت پرایمینگ بذر بر اجزاء مختلف گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد مرتعی.

جدول ۵. تعیین بهترین مدل پرایمینگ بذر تحت تاثیر غلظت‌های مختلف PEG (MP) و دوره‌های نگهداری (D) و اثرات متقابل این دو بر بهبود بنیه گیاهچه پنج گونه گراس فصل سرد پایا با استفاده از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام.

Table 5. Optimal modeling for improving seedling vigor of five cool season grasses as affected by polyethylene glycol 8000 at different concentrations (MP) and storage durations (D) and their interactions using stepwise multiple regression.

Species / گونه	intercept	D	Mp	D Mp	D ²	MP ²	D ² Mp	R ²
<i>A. pectiniforme</i>	69.65 ± 18 <i>0.001</i>	-10.3 ± 3.80 <i>53.51, 0.00</i>	107 ± 20 <i>12, 0.0</i>	-35.9 ± 8.25 <i>12.4, 0.0</i>			3.08 ± 0.79 <i>2.33, 0.13</i>	84.3
<i>B. confinis</i>	1285 ± 157 <i>0.0001</i>	-590 ± 72.56 <i>54.39, 0.00</i>	434 ± 114 <i>6.1, 0</i>	-60.1 ± 21.7 <i>5.64, 0.01</i>	55.8 ± 8.37 <i>22.16, 0.0</i>			88.3
<i>E. elongatum</i>	1062 ± 342 <i>0.006</i>	-108 ± 53.28 <i>15.6, 0.05</i>	402 ± 170 <i>16, 0.1</i>					31.3
<i>F. arundinacea</i>	14.85 ± 19 <i>0.445</i>			12.9 ± 2.15 <i>65.5, 0.0</i>				65.5
<i>F. ovina</i>	45.09 ± 6.4 <i>0.0001</i>	-7.91 ± 1.55 <i>28.02, 0.00</i>				2.19 ± 1.3 <i>32.7, 0</i>	0.32 ± 0.11 <i>14.8, 0</i>	75.5

مقادیر جدول ضرایب پارامترهای مختلف و انحراف استاندارد را در بهترین مدل برای هر گونه نشان داده و مقادیر ایتالیک در زیر هر پارامتر به ترتیب سهم جزئی و سطح معنی‌داری هر پارامتر را در مدل نشان می‌دهند.

Values in table indicate coefficients of different parameters with their standard deviation in the best model for each species. Values in italic below each parameter are showing partial portion and probability level of that parameter in model.

قدردانی

این تحقیق کار مشترک بین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و دانشگاه آزاد اسلامی بجنورد بوده و بودجه تحقیقاتی آزمایش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی بجنورد تامین شده است. از ریاست محترم مرکز تحقیقات (آقای دکتر توکلی) و بخش تحقیقات جنگل و مرتع (آقای دکتر زادبر) و از همکاری آقای مهندس احسان ظریف، سرکار خانم‌ها مهندس اعظم قهرمانلو، آتنا باقرزاده و مریم انصاری پور در مراحل اجرایی و تدوین گزارش کمال تشکر را دارم.

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تعیین بهترین غلظت ماده پرایمینگ بذر و مدت زمان نگهداری در آن به عنوان یک عامل کلیدی جهت استفاده از اثرات مثبت پرایمینگ بذر محسوب می‌شود. در این رابطه مشخص شد که برای تمامی گونه‌های مورد بررسی پایین بودن غلظت محلول PEG8000 و افزایش طول دوره نگهداری بیشترین خسارت‌پذیری را طی عمل پرایمینگ بذر به جای خواهد گذاشت. از طرفی افزایش غلظت ماده پرایمینگ بذر تا حدود ۲ و ۲/۵ مگاپاسکال و کاهش مدت نگهداری بذر تا ۲ روز می‌تواند در موفقیت تکنیک پرایمینگ بذر نقش موثری ایفا کند. به نظر می‌رسد که پاسخ گونه‌های دانه‌ریز نسبت به دانه درشت به پرایمینگ بذر در بهبود جوانه‌زنی بذر بیشتر باشد.

منابع

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1973. Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seed. *Crop Sci.* 13, 222-226.
- Afzal, I., Hussain, B., Basra, S.M.A., Ullah, S.H., 2011. Halopriming triggers germination potential and early seedling growth of tomato. *J. Agric. Soc. Sci.* 7, 105-107.

- Asay, K.H., Johnson, D.A., 1983. Genetic variability for characters affecting stand establishment in crested wheatgrass. *J. Range Manage.* 36, 703-706.
- Bewley, J.D., Black, M., 1978. *Physiology and biochemistry of seeds*, Vol 1. New York: Springer-Verlag.
- Bradford, K.J., 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort. Sci.* 21, 1105-1112.
- Farooq, M., Basra, M.A.S., Ahmad, N., 2007. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. *Plant Growth Regul.* 51, 129-137.
- Hardegree, S.P., Thomas, A.J., Van Vactor, S.S., 2002. Variability in thermal response of primed and non-primed seeds of squirrel tail [*Elymus elymoides* (Raf.) Swezey and (J.G.Smith) M.E. Jonse]. *Ann. Bot.* 89, 311-319.
- Hardegree, S.P., Van Vactor, S.S., 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. *Ann. Bot.* 85, 379-390.
- Hassanyar, A.S., Wilson, A.M., 1979. Tolerance of desiccation in germinating seeds of crested wheatgrass and Russian wild rye. *Agron. J.* 71, 783-786.
- Gazanchian, A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Malboobi, M.A., Majidi, E., 2006. Relationship between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. *Crop Sci.* 46, 544-553.
- Karszen, C.M., Derkx, M.P.M., Post, B.J., 1988. Study of seasonal variation dormancy of *Spergula arvensis* L. seeds in a condensed annual temperature cycle. *Weed Res.* 28, 449-457.
- Khan, A.A., 1992. Pre-Plant Physiological Seed Conditioning. In: J. Janick (ed.), *Horticulture Reviews*. John Willey and Sons, New York, 14, 131-181.
- Lanteri, S., Nada, E., Belletti, P., Quagliotti, L., Bino, R.J., 1996. Effects of controlled deterioration and osmoconditioning on germination and nuclear replication in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Ann. Bot.* 6, 591-597.
- Larsen, S.U., Andreasen, C., 2004. Light and heavy turfgrass seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. *Crop Sci.* 44, 1710-1720.
- Masoudi, P., Gazanchian, A., Azizi, M., 2010. Improving emergence and early seedling growth of two cool season grasses affected by seed priming under saline conditions. *African J. Agric. Res.* 5(11), 1288-1296.
- Masoudi, P., Gazanchian, A., Jajarmi, V., Bozorgmehr, A., 2008. Effect of seed priming on improving germination and seedling vigor in three grasses species under saline conditions. *J. Agric. Sci. Technol. (Horticultural)*. 22, 57-67. [In Persian with English Summary].
- Mueller, D.M., 1996. Germination and root growth of 4 osmoconditioned cool-season grasses. *J. Range Manage.* 49, 117-120.
- Usberti, R., Valio, I.F.M., 1997. Osmoconditioning effects on germination of Guinea grass (*Panicum maximum*) seeds. *Seed Sci. & Technol.* 25: 303-310.