

تأثیر پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچهٔ علف گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) در شرایط بهینه رطوبتی و تنش خشکی

علی مرادی^{۱*}، فرزاد شریف‌زاده^۲، رضا توکل افشاری^۲ و رضا معالی امیری^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۳۱

چکیده

یکی از راه‌های بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش رطوبتی پرایمینگ بذر است. تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر بر خصوصیات جوانه‌زنی علف گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) طراحی شد. دو آزمایش جداگانه در شرایط بهینه رطوبتی و تنش خشکی (پتانسیل ۸- بار) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۸۸ انجام شد. در شرایط بهینه رطوبتی بذرهای تیمارهای هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ با اوره و پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) با پتانسیل‌های ۴-، ۸-، ۱۲-، ۱۶-، ۲۰-، ۲۳-، ۲۵- و ۲۷- بار به مدت زمان‌های ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و جوانه‌زنی آنها در همان دما بررسی شد. پرایمینگ بذر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه را افزایش داد و منجر به کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی شد. افزایش طول دوره پرایمینگ و افزایش پتانسیل پرایمینگ اثر منفی بر صفات مورد نظر داشت. بهترین تیمارهای پرایمینگ در شرایط مطلوب رطوبتی شامل اوره و PEG با پتانسیل‌های ۴- و ۸- بار و هیدروپرایمینگ به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت برای شرایط تنش خشکی (۸- بار) انتخاب شدند. در این آزمایش نیز بذور پرایم‌شده با اوره در مقایسه با PEG و هیدروپرایمینگ از لحاظ صفات جوانه‌زنی برتری داشتند. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که پرایمینگ بذر با کودهای آلی مانند اوره می‌تواند به‌عنوان یک تیمار مناسب پرایمینگ بذر در شرایط رطوبتی بهینه و تنش خشکی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: *Agropyron elongatum*، پرایمینگ بذر، جوانه‌زنی، تنش خشکی

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: alimoradi@ut.ac.ir

۲- دانشیاران پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

است. اسموپرایمینگ نوع خاصی از آماده‌سازی پیش از کاشت بذر می‌باشد که از طریق خواباندن بذر در محلول‌های حاوی مواد شیمیایی با پتانسیل اسمزی پایین نظیر پلی‌اتیلن گلیکول (PEG)، مانیتول و کودهای شیمیایی (نظیر اوره) صورت می‌گیرد (۵). در روش هیدروپرایمینگ بذر با آب خالص و بدون استفاده از هیچ نوع ماده شیمیایی تیمار می‌شوند، که این نوع پرایمینگ بسیار ساده و ارزان بوده و مقدار جذب آب از طریق مدت زمانی که بذر در تماس با آب هستند کنترل می‌شود (۵، ۱۲).

پرایمینگ می‌تواند مقاومت به تنش را در مرحله جوانه‌زنی افزایش دهد. روحی (۲۰۰۸) با ارزیابی تأثیر تیمارهای مختلف اسموپرایمینگ با PEG و نیز هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر *A. elongatum* در شرایط تنش‌های خشکی و دمای پایین مشاهده کرد که پرایمینگ، جوانه‌زنی بذر این گیاه را به میزان زیادی در شرایط تنش بهبود داد. این در حالی است که تأثیر این تیمارها به متغیرهایی مانند نوع ماده پرایمینگ، طول دوره پرایمینگ، پتانسیل پرایمینگ و نیز نوع تنش بستگی دارد. شاهسون و همکاران (۲۰۰۹) با ارزیابی اثر اسموپرایمینگ با PEG بر تحمل به تنش خشکی چهار گونه گراس مرتعی *A. desertorum*، *Secale montanum* و *Lolium prene* دریافتند که اسموپرایمینگ به میزان زیادی شاخص‌های جوانه زنی این گونه‌ها را در شرایط تنش خشکی بهبود داد و گونه‌های مختلف به میزان متفاوتی به این تیمارها واکنش نشان دادند.

گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه اسموپرایمینگ با محلول نمکی اوره می‌تواند علاوه بر تأثیر مثبت اسمزی از طریق اثرات تغذیه‌ای درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و در نتیجه کارایی بذر در شرایط تنش را بهبود بخشد (۴، ۱۹). طول دوره پرایمینگ و پتانسیل پرایمینگ نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در بروز اثرات آن دارد (۴، ۱۷). هاردیگری و امریک (۱۹۹۲) با بررسی اثرات پرایمینگ با پتانسیل‌های مختلف آب (۱/۵- تا ۷/۷- مگاپاسکال) و نیز طول دوره پرایمینگ (۱ تا ۱۴ روز) بر شاخص‌های جوانه‌زنی چهار

علف گندمی بلند با نام علمی *A. elongatum* (Host.) P. Beauv. و نام‌های عمومی علف گندمی بلند، علف گندمی شور و علف گندمی خوشه‌ای از خانواده Poaceae است. گونه‌هایی از این گیاه در خاک-های شنی و با محدودیت شدید آب به‌خوبی استقرار یافته و عملکرد خوبی تولید می‌کنند (۱۴). از آنجایی که بخش عمده‌ای از خاک کشورمان توسط مناطق خشک یا مناطق با خاک نامناسب پوشیده شده است، در این مناطق اغلب بارش باران ناچیز بوده و از پراکنش مناسبی نیز برخوردار نیست. به همین دلیل این گیاه نقش مهمی در تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها در این مناطق دارد.

جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل رشدی در چرخه حیات گیاه است که بر رشد گیاهچه، بقاء و پویایی جمعیت گیاه تأثیر زیادی دارد. جوانه‌زنی با جذب آب شروع شده و با طولیل‌شدن محور جنینی و خروج گیاهچه از پوسته بذر خاتمه می‌یابد (۶). آب عامل بسیار مهمی در توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی در سطح جهان بوده و خشکی خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است. تنش خشکی اغلب جوانه‌زنی بذر را در شرایط مزرعه‌ای کاهش داده و منجر به کاهش استقرار گیاه می‌شود. عیسوند (۲۰۰۸) مشاهده کرد که اعمال تنش خشکی ۱۰- بار در مرحله جوانه‌زنی به میزان زیادی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه *A. elongatum* را کاهش داد.

حساس‌ترین مراحل از فرایند جوانه‌زنی به تنش‌های غیرزنده شامل مراحل: یک (جذب فیزیکی آب) و دو (شروع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها) جذب آب می‌باشند. اگر که در این مراحل آب به‌صورت کنترل شده در اختیار بذر قرار گیرد اثر تنش کاهش یافته و بذر به‌خوبی جوانه می‌زند (۲۱). در طی پرایمینگ بذر مراحل یک و دو جوانه‌زنی را کامل کرده و فقط به یک شیب مطلوب جذب آب به‌منظور شروع رشد ریشه‌چه نیازمند است (۷). از جمله مهمترین روش‌های پرایمینگ، تیمارهای اسموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ

A. elongatum در شرایط بهینه رطوبتی و در ادامه بررسی اثر بهترین تیمارهای پرایمینگ بر شاخص‌های مذکور در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه *A. elongatum* در شرایط بهینه رطوبتی و تنش خشکی دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران انجام شد. بذور مورد استفاده در این آزمایش از اداره منابع طبیعی استان همدان که در سال ۱۳۸۶ از مراتع شهرستان بهار جمع‌آوری شده بودند، تهیه شد. تیمارهای استفاده شده در شرایط بهینه رطوبتی (جدول ۱) و تنش خشکی (جدول ۲) در زیر آورده شده‌اند.

گونه گراس مرتعی *Bouteloua curtipendula*، *Cenchrus ciliaris* و *Eragrostis lehmanniana* و *Panicum coloratum* گزارش کردند که بذور پرایم-شده در پتانسیل‌های پایین‌تر از پتانسیل بحرانی جوانه-زنی، فعالیت‌های متابولیک بیشتری در مقایسه با بذور پرایم‌شده در پتانسیل بالا داشتند.

با وجودی که آزمایش‌های قبلی برخی از جنبه‌های مفید به‌کارگیری تیمارهای پیش از کاشت بذور را برای گیاهان زراعی، و مرتعی نشان می‌دهند، ولی هنوز اطلاعات کمی در رابطه با به‌کارگیری و تأثیر تیمارهای اسمو و هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذور گیاهان مرتعی به‌ویژه *A. elongatum* در دست است (۲۲، ۱۰۹). این تحقیق با هدف بررسی اثرات نوع و پتانسیل مواد پرایمینگ، یعنی اسموپرایمینگ با PEG و اوره و هیدروپرایمینگ با آب مقطر و نیز طول دوره پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه

جدول ۱- ترکیبات تیماری مورد استفاده برای پرایمینگ بذر *A. elongatum* در شرایط بهینه رطوبتی

مدت زمان پرایمینگ (ساعت)	نوع ماده پرایمینگ	پتانسیل پرایمینگ (بار)
۸	اوره PEG	۲۷-۲۵-۲۳-۲۰-۱۶-۱۲-۸، -۸
۱۲	اوره PEG	آب مقطر (هیدروپرایمینگ) ۲۷-۲۵-۲۳-۲۰-۱۶-۱۲-۸، -۴-۸
۱۶	اوره PEG	هیدروپرایمینگ ۲۷-۲۵-۲۳-۸، -۸
۲۰	اوره PEG	هیدروپرایمینگ ۲۷-۲۵-۲۳-۸، -۸
۲۴	اوره PEG	هیدروپرایمینگ ۲۷-۲۵-۲۳-۲۰-۱۶-۱۲-۸، -۴-۸

شاهد (پرایم‌نشده)

جدول ۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده برای پرایمینگ بذر *A. elongatum* در شرایط تنش رطوبتی

مدت زمان پرایمینگ (ساعت)	ماده پرایمینگ	سطوح پتانسیل پرایمینگ (بار)
۱۲	اوره PEG	-۴-۸ -۴-۸
۲۴	اوره PEG	-۴-۸ -۴-۸

شاهد (پرایم‌نشده)

جوانه‌زده فرض شدند که خروج ریشه‌چه از پوستهٔ بذر به اندازهٔ یک میلی‌متر یا بیشتر بود. در طول آزمایش در صورت نیاز به پتری‌دیش‌ها آب مقطر یا محلول PEG اضافه شد. در طی آزمایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. پس از اتمام آزمایش از هر پتری‌دیش تعداد ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب و صفاتی مانند طول ریشه‌چه، طول ساقچه و طول گیاهچه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه پس از اتمام دورهٔ جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس وزن آنها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT^1) از رابطهٔ (فرمول ۲) الیس و روبرت (۱۹۸۱) محاسبه شد:

$$MGT = \sum Dn / N \quad \text{فرمول (۲)}$$

که در آن n : بذور جوانه‌زده در روز D ، D : تعداد روز از شروع جوانه‌زنی و N : تعداد کل بذور جوانه‌زده است. شاخص قدرت گیاهچه (SVI^2) نیز از حاصلضرب طول گیاهچه (سانتی‌متر) در درصد جوانه‌زنی به دست آمد (۱). برای محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی نیز از فرمول ۳ استفاده شد (۲).

$$\text{فرمول (۳)} \quad \sum (ni/Di) = \text{سرعت جوانه‌زنی}$$

که در آن n : تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و Di : تعداد روز پس از شروع آزمایش است.

قبل از تجزیهٔ واریانس به دلیل دامنهٔ وسیع جوانه‌زنی در بین تیمارها از تبدیل زاویه‌ای ($\text{Arc sin} X$) برای داده‌های درصد جوانه‌زنی استفاده شد. آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد. تجزیهٔ آماری نیز با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسهٔ میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

شرایط بهینه رطوبتی

جدول تجزیهٔ واریانس (جدول ۳) اثر تیمارهای پرایمینگ بر شاخص درصد جوانه‌زنی علف گندمی بلند

پتانسیل‌های مختلف PEG مورد استفاده در پرایمینگ و همچنین اعمال تنش خشکی، با فرمول میشل و کافمن (۱۹۷۳) و با استفاده از پودر کریستاله پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ تهیه شد. برای تهیه پتانسیل‌های مختلف اوره نیز از رابطه وان‌هوف (فرمول ۱) استفاده شد (۳):

$$\psi = m \cdot iRT \quad \text{فرمول (۱)}$$

در این فرمول ψ : پتانسیل اسمزی برحسب بار؛ R : عدد ثابت گازها؛ i : ضریب ثابت یونیزاسیون مادهٔ حل‌شونده (برای اوره یک)؛ T : دمای محلول (درجهٔ کلونین) و m غلظت مولی مادهٔ حل‌شده است.

برای انجام تیمارهای پرایمینگ، ۵۰ عدد بذر به صورت تصادفی برای هر تیمار انتخاب و درون پتری دیش شیشه‌ای قرار داده شد. سپس ۵ سی‌سی آب مقطر (هیدروپرایمینگ)، محلول PEG یا اوره به آنها اضافه شد و بسته به طول دورهٔ پرایمینگ به مدت زمان‌های معین در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد در شرایط تاریکی در درون انکوباتور قرار داده شدند. پس از اتمام پرایمینگ، بذور اسموپرایمینگ شده توسط آب مقطر شستشو شدند و تمامی بذور تا رسیدن به وزن اولیه در همان دما خشک شدند.

برای ارزیابی رفتار جوانه‌زنی، ۵۰ عدد بذر بعد از ضدعفونی سطحی با سوسپانسیون ۳ در هزار قارچ‌کش ویتاواکس در داخل پتری‌دیش‌های شیشه‌ای با قطر ۹ سانتی‌متر بر روی یک لایه کاغذ صافی قرار داده شدند و بسته به شرایط آزمایش ۵ سی‌سی آب مقطر یا محلول PEG با پتانسیل ۸- بار اضافه شد.

تحقیق برای هر یک از شرایط بهینه رطوبتی یا تنش خشکی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. پس از کاشت برای جلوگیری از تبخیر آب پتری‌دیش‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی پیچیده شدند و برای جوانه‌زنی به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد در شرایط تاریکی درون انکوباتور قرار داده شدند.

در طی آزمایش و بسته به سرعت جوانه‌زنی، به فواصل ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت یکبار تعداد بذور جوانه‌زده در هر پتری‌دیش شمارش شدند؛ بذور هنگامی

1-Mean Germination Time

2-Seedling Vigour Index

در مدت زمانی حدود ۵۰ درصد تیمار شاهد جوانه زدند. این در حالی است که تیمارهای پرایمینگ در محلول‌های با پتانسیل بالاتر مانند اوره ۲۳- و ۲۵- بار (مدت زمان ۱۶ ساعت) MGT حدود ۱/۲ برابر تیمار شاهد داشتند. برخلاف، صفت میانگین زمان جوانه‌زنی، سرعت رشد گیاهچه در اغلب تیمارهای پرایمینگ بیشتر از بذور پرایم نشده (شاهد) بود. این در حالی است که اثر اسموپرایمینگ بر این شاخص شدیدتر بود، به طوری که در تیمارهای اسموپرایمینگ اوره و PEG (پتانسیل ۴- بار و مدت زمان ۱۲ ساعت) این صفت به ترتیب ۲/۷ و ۲/۴ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت.

(*A. elongatum*) بیانگر آن است که تیمارهای پرایمینگ به طور معنی‌داری این صفت را تحت تأثیر قرار دادند ($P < 0/01$). همانگونه که در جدول ۴ نیز مشخص است از میان تیمارهای مختلف پرایمینگ، تیمارهای اوره ۸- بار به مدت ۲۴ ساعت و اوره ۲۷- بار به مدت ۲۴ ساعت با میانگین‌های درصد جوانه‌زنی ۱۰۰ و ۶۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار جوانه‌زنی را داشتند. مقادیر پایین‌تر میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) که به سرعت بالای جوانه‌زنی نیز اشاره دارد، در بذور پرایم شده با اوره و PEG مشاهده شد (جدول ۴). از میان تیمارهای مختلف پرایمینگ تیمارهای اسموپرایمینگ اوره و PEG (پتانسیل ۴- بار و مدت زمان ۱۲ ساعت)

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور پرایم شده *A. elongatum* در شرایط مطلوب رطوبت

منبع تغییرات		میانگین مربعات (MS)						
درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	میانگین زمان جوانه‌زنی	وزن خشک گیاهچه
تکرار	۲	۱۰۵/۸۸ ^{ns}	۱/۵۱ ^{ns}	۱۱۵۳°	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۰۶۲ ^{ns}
تیمار	۳۷	۸۶۷۰ ^{**}	۴۲/۴۱ ^{**}	۳۵۹۸ ^{**}	۱۰/۴۱ ^{**}	۲/۲۸ ^{**}	۳/۶۴ ^{**}	۰/۰۲۹ ^{**}
خطا	۷۴	۳۳۴۹	۴۰/۳۱	۳۲۳۳	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۴۸	۰/۰۵۴
ضریب تغییرات (درصد)	۹/۲	۱۴/۳۱	۱۰/۶۴	۱۳/۷۸	۷/۸۱	۱۴/۷۲	۱۴/۸۴	۱۱/۴۹

^{ns} و ^{**} به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نظر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/S) نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0/01$). بیشترین و کمترین نسبت R/S به ترتیب به بذور تیمارهای اوره ۴- بار و اوره ۲۷- بار اختصاص داشت. افزایش طول مدت آماده سازی نیز به طور معنی‌داری منجر به کاهش نسبت R/S شد (جدول ۵).

همانند سایر صفات، بذور تیمار شده با مواد مختلف از نظر وزن خشک گیاهچه نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ($P < 0/01$) (جدول ۳). در بذور پرایم شده با اوره بیشترین و کمترین وزن خشک به ترتیب در بذور تیمار شده با پتانسیل ۴- بار و ۲۷- بار مشاهده شد. روند مشابهی نیز بین زمان‌های مختلف پرایمینگ مشاهده شد و با افزایش

طول ریشه‌چه نیز بین بذور تیمار شده با مواد مختلف متفاوت بود ($P < 0/01$) (جدول ۳). بذور تیمار شده با آب مقطر (هیدروپرایمینگ ۱۲ ساعت)، PEG با پتانسیل ۴- بار و نیز محلول‌های اوره با پتانسیل‌های ۴-، ۸- و ۱۲- بار به طور معنی‌داری ریشه‌چه بلندتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۴). مشاهده شد که برخلاف صفت طول ریشه‌چه، میانگین صفت طول ساقه‌چه بذور پرایم شده تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت و حتی تیمارهای اوره ۲۵- و ۲۷- بار (۲۴ ساعت) نیز حدود ۳۰ میلی‌متر ساقه‌چه کوتاهتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۵). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بین تیمارهای مختلف از

در میان تیمارهای پرایمینگ با اوهر، حداکثر SVI در پتانسیل‌های ۴- و ۸- بار بدست آمد و با افزایش پتانسیل تفاوت این شاخص با تیمار شاهد کم شده به طوری که در پتانسیل ۲۷- بار و مدت زمان ۲۴ ساعت مقدار آن حدود ۴۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۵).

زمان پرایمینگ وزن خشک گیاهچه کاهش یافت. به طور مثال در پتانسیل ۲۷- بار با افزایش زمان پرایمینگ از ۸ ساعت به ۲۴ ساعت این شاخص حدود ۴۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵). شاخص قدرت گیاهچه (SVI) به عنوان تابعی از طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی نیز به میزان معنی داری تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار گرفت.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه بذور پرایم‌شده و پرایم‌نشده (شاهد) *A. elongatum* در شرایط بهینه رطوبتی.

نوع پرایمینگ	ماده پتانسیل پرایمینگ (بار)	مدت پرایمینگ (ساعت)	زمان درصد جوانه‌زنی (%)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی متر)
	هیدرو پرایمینگ	۸	۹۶ ^a -e(۲)	۵/۴۹b-f(۰/۵)	۱۰/۷f-i(۱)	۶/۹e-i(۰/۸)
		۱۲	۹۵a-e(۵/۳)	۴/۴۴f-o(۰/۸)	۱۳/۳c-f(۱/۸)	۶/۶f-j(۰/۹)
		۱۶	۹۷a-d(۳/۸)	۳/۴۵m-q(۰/۱)	۱۵/۵b-c(۰/۷)	۸/۶a-d(۰/۴)
		۲۰	۹۵a-e(۵/۳)	۴/۳۲g-p(۰/۲)	۱۳/۲c-f(۰/۷)	۸b-f(۰/۳)
		۲۴	۹۲c-h(۲)	۴/۹۳d-l(۰/۳)	d(۰/۷)	۶/۸e-i(۱)
				۱۱/۳۵h		
	۴-	۱۲	۹۸ab(۳/۸)	۲/۴۱q(۰/۱)	۹/۲Ab(۱/۴)	۹/۲ab(۰/۵)
		۲۴	۹۴b-g(۰/۵)	۳/۴۳m-q(۰/۱)	۸/۵a-d(۰/۴)	۸/۵a-d(۰/۲)
		۸	۸۵f-j(۵/۳)	۵/۹۷a-d(۰/۱)	۸/۱b-e(۱/۷)	۸/۱b-e(۰/۴)
	PEG	۱۲	۹۳c-h(۱/۶)	۵/۰۱d-l(۰/۷)	۱۱/۳d-h(۰/۲)	۷/۶d-g(۰/۶)
		۱۶	۹۴b-f(۱/۴)	۴/۵۵f-n(۰/۲)	۱۱/۳d-h(۰/۲)	۷/۵d-g(۰/۴)
	۸-	۲۰	۹۲c-h(۰/۵)	۴/۲۵h-p(۰/۱)	۱۲/۶d-g(۰/۴)	۸/۱b-e(۰/۲)
		۲۴	۹۲c-h(۴)	۶/۳۱a-c(۰/۱)	۹h-k(۰/۳)	۴/۳k-m(۰/۶)
	اوهر	۱۲	۹۸a-c(۳/۴)	۲/۴۰q(۰/۰۹)	۲۴/۱a(۱/۵)	۹/۸a(۰/۵)
	۴-	۲۴	۹۷a-e(۱/۱)	۴/۲۶h-o(۰/۱)	۱۳/۶c-e(۰/۴)	۷/۶c-g(۰/۰۳)
		۱۲	۱۰۰a(۳/۸)	۳/۳p-q(۰/۱)	۱۵/۸bc(۰/۳)	۹/۱a-c(۰/۲)
	۸-	۲۴	۹۸a-c(۲/۷)	۳/۹۰l-p(۰/۰۶)	۱۳/۹cd(۰/۱)	۸/۵a-d(۰/۲)
		۱۲	۹۶a-e(۳/۶)	۳/۲۹p-q(۰/۰۸)	۱۵/۹bc(۰/۲)	۸b-f(۰/۲)
	۱۲-	۲۴	۹۷a-d(۰/۵)	۴/۰۷j-p(۰/۰۵)	۱۳/۱c-f(۰/۳)	۸/۵a-d(۰/۳)
		۱۲	۹۹a(۱/۲)	۳/۳۲o-q(۰/۰۷)	۱۵/۵bc(۱/۵)	۷/۴d-h(۰/۱)
	۱۶-	۲۴	۸۳f-j(۱/۲)	۴/۷۳f-l(۰/۰۵)	۹/۹h-j(۰/۲)	۶/۶f-j(۰/۷)
		۱۲	۹۴b-g(۴/۵)	۴k-p(۰/۴)	۱۳/۱c-f(۰/۱)	۷/۴d-h(۰/۲)
	۲۰-	۲۴	۹۲c-h(۶/۸)	۴/۷۸f-l(۰/۰۴)	۱۰/۹e-i(۰/۷)	۶/۷e-i(۰/۳)
		۸	۹۰d-i(۱)	۴/۸۵e-l(۰/۱)	۱۰/۹e-i(۱/۱)	۵/۴i-k(۰/۱)
		۱۲	۸۳f-j(۹)	۴/۹۹d-l(۰/۰۲)	۱۰/۱g-j(۰/۹)	۶/۲g-j(۰/۱)
	۲۳-	۱۶	۵۹l(۸/۵)	۶/۹۹a(۰/۴)	۵(۰/۶)	۲h(۰/۱)
		۲۰	۹۰d-i(۱)	۴/۰Aj-p(۰/۴)	۱۲/۷d-g(۱/۸)	۶/۶f-j(۱)
		۲۴	۷۸g-k(۳/۱)	۵/۲۴c-h(۰/۲)	۹/۲h-k(۱)	۶/۳g-j(۰/۳)
		۸	۸۸c-h(۴/۲)	۵/۴۱c-g(۰/۴)	۹/۵h-j(۰/۴)	۵/۷ij(۰/۱)
		۱۲	۸۸e-j(۱)	۵/۱۱d-k(۰/۵)	۱۰g-j(۰/۶)	۵/۸ij(۰/۴)
	۲۵-	۱۶	۷۴j-l(۲/۵)	۷/۰۸a(۰/۳)	۶/۶kl(۰/۸)	۳/۴mn(۰/۲)
		۲۰	۸۶f-j(۱)	۴/۵۰f-m(۰/۵)	۱۱e-i(۰/۹)	۶/۳g-j(۱)
		۲۴	۸۱h-k(۲/۱)	۵/۲۲c-i(۰/۳)	۹/۶۳h-j(۰/۸)	۳/۵m(۰/۱)
	۲۷-	۸	۸۶e-j(۴/۵)	۶/۵۴ab(۰/۳)	۸/۴i-k(۰/۵)	۵/۱j-l(۱)
		۱۲	۸۹e-i(۲/۷)	۴/۵f-m(۱/۳)	۱۱/۱d-i(۰/۹)	۵/۹h-j(۰/۲)

۳/۷lm-(۰/۳)	۹/۱h-k(۱/۴)	۴/۹۵d-l(۰/۰۵)	۸۲f-k(۳/۲)	۱۶
۵/۴i-k-(۰/۸)	۱۱e-i(۱/۳)	۴/۰۹i-p(۰/۳)	۸۰h-k(۴/۴)	۲۰
۲/۸m-n(۰/۴)	۷/۴dj-l(۰/۷)	۵/۱۶d-k(۰/۳)	۶۶kl(۷)	۲۴
۷/۴d-g(۰/۱)	۸/۸۹h-k-(۰/۹)	۵/۹۶a-d(۰/۳)	۷۶i-l(۴/۳)	شاهد (پرایم نشده)

*هر عدد از میانگین ۳ تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد درون پرانتز اشتباه معیار هر تیمار است

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات طول ساقچه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه، وزن خشک گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه بذور پرایم‌شده و پرایم‌نشده (شاهد) *A. elongatum* در شرایط بهینه رطوبتی

نوع ماده پرایمینگ	پتانسیل پرایمینگ (بار)	مدت زمان پرایمینگ (ساعت)	طول ساقچه (سانتی‌متر)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	شاخص بنیه گیاهچه
هیدرو پرایمینگ		۸	۱۲/۶*a-e(۰/۰۵)	۰/۵۴e-j(۰/۰۸)	۲/۱ c-k(۰/۳)	۱۸۹۵b-f(۵۷)
		۱۲	۱۳/۷a(۰/۱)	۰/۴۸g-m(۰/۰۰۶)	۲c-k(۰/۱)	۱۹۴۶a-e(۱۲۱)
		۱۶	۱۱/۹c-i(۰/۷)	۰/۷۲a-c(۰/۰۱)	۲c-l(۰/۱)	۱۹۹۸a-e(۹۷)
		۲۰	۱۲/۹a-d(۰/۹)	۰/۶۲b-i(۰/۰۲)	۲/۳a-f(۰/۸)	۱۹۹۵a-e(۶۳)
		۲۴	۱۲/۴a-g(۰/۳)	۰/۵۵d-j(۰/۰۷)	۲/۱b-k(۰/۱)	۱۷۷۸e-i(۱۴۱)
	-۴	۱۲	۱۲/۹a-d(۰/۷)	۰/۷۱a-c(۰/۰۳)	۲/۵a-b(۰/۰۸)	۲۱۸۵ab(۹۴)
		۲۴	۱۲/۲b-h(۱/۲)	۰/۷۰a-d(۰/۰۲)	۲/۳a-h(۰/۰۹)	۱۹۵۲a-e(۱۲)
		۸	۱۲/۵a-f(۰/۳)	۰/۶۴a-f(۰/۰۸)	۲/۲۵a-i(۰/۳)	۱۷۸۳e-i(۲۳۴)
PEG		۱۲	۱۳/۸a(۰/۵)	۰/۵۵d-j(۰/۰۶)	۲/۲a-i(۰/۰۶)	۱۹۹۸a-d(۵۲)
	-۸	۱۶	۱۳/۵ab(۰/۱)	۰/۵۵d-j(۰/۰۴)	۲/۳a-f(۰/۰۸)	۱۹۸۸a-e(۸۴)
		۲۰	۱۲/۸a-d(۰/۳)	۰/۶۳a-g(۰/۰۲)	۲/۳a-g(۰/۰۹)	۱۹۳۷a-e(۱۲)
		۲۴	۱۲/۷a-d(۰/۱)	۰/۳۳m-o(۰/۰۵)	۲c-l(۰/۱)	۱۵۶۷h-j(۹۴)
	-۴	۱۲	۱۲/۵a-f(۰/۰۱)	۰/۷۷a(۰/۰۳)	۲/۵a-c(۰/۰۶)	۲۱۹۴a(۷۲)
		۲۴	۱۳/۷a(۰/۳)	۰/۵۵d-j(۰/۰۲)	۲/۶a(۰/۱)	۲۰۸۰a-d(۱۰)
	-۸	۱۲	۱۲/۴a-g(۰/۲)	۰/۷۳ab(۰/۰۱)	۲/۴a-d(۰/۰۷)	۲۱۶۰a-c(۵۲)
		۲۴	۱۱/۸d-i(۰/۳)	۰/۷۱a-c(۰/۰۱)	۲d-l(۰/۱)	۱۹۹۶a-e(۴۹)
	-۱۲	۱۲	۱۱/۵d-i(۰/۱)	۰/۶۹a-d(۰/۰۱)	۱/۷i-o(۰/۰۹)	۱۸۹۱c-f(۷۰)
		۲۴	۱۱/۶d-i(۰/۷)	۰/۷۲ab(۰/۰۱)	۲/۱b-j(۰/۱)	۱۹۶۲a-e(۶۴)
	-۱۶	۱۲	۱۱/۱f-i(۰/۲)	۰/۶۶a-e(۰/۰۲)	۱/۹f-n(۰/۱)	۱۸۴۰d-h(۶۳)
		۲۴	۱۱/۸d-i(۰/۳)	۰/۵۵d-j(۰/۰۸)	۲d-m(۰/۰۸)	۱۵۳۹i-j(۱۰۷)
	-۲۰	۱۲	۱۱/۸d-i(۰/۱)	۰/۶۳a-h(۰/۰۳)	۱/۸g-o(۰/۰۸)	۱۸۰۹d-i(۱۰۰)
		۲۴	۱۱g-i(۰/۱)	۰/۶۰b-i(۰/۰۱)	۱/۹e-n(۰/۱)	۱۶۳۴f-i(۱۱۴)
		۸	۱۱/۸d-i(۰/۱)	۰/۴۶i-n(۰/۰۴)	۲/۱b-k(۰/۰۸)	۱۵۷۲h-j(۴۹)
		۱۲	۱۲/۷a-e(۰/۱)	۰/۴۸f-l(۰/۰۱)	۱/۸h-o(۰/۰۵)	۱۵۸۳h-j(۱۳۴)
اوره	-۲۳	۱۶	۱۱/۴d-i(۰/۳)	۰/۱۷p(۰/۰۱)	۱/۷j-o(۰/۱)	۸۰۰o(۱۵۷)
		۲۰	۱۱/۶d-i(۰/۱)	۰/۵۶c-j(۰/۰۲)	۱/۸i-o(۰/۰۷)	۱۶۴۰f-i(۳۳)
		۲۴	۱۱/۲e-i(۰/۴)	۰/۵۶d-j(۰/۰۳)	۱/۵no(۰/۱)	۱۳۸۳k-l(۲۱۳)
		۸	۱۱/۹c-i(۰/۳)	۰/۴۸g-m(۰/۰۱)	۲/۰۵d-l(۰/۰۷)	۱۵۶۵h-j(۱۲۸)
		۱۲	۱۱/۷d-i(۱)	۰/۴۹f-k(۰/۰۶)	۱/۷k-o(۰/۰۱)	۱۵۴۸h-j(۳۵)
	-۲۵	۱۶	۱۰/۷hi(۰/۱)	۰/۳۲no(۰/۰۲)	۱/۶l-o(۰/۲)	۱۰۵۶m-o(۴۰)
		۲۰	۱۲/۱b-h(۱)	۰/۵۲e-j(۰/۰۶)	۱/۷i-o(۰/۰۶)	۱۶۰۸f-j(۱۴۳)
		۲۴	۱۰/۴i(۰/۲)	۰/۳۳l-o(۰/۰۷)	۱/۵no(۰/۱)	۱۱۳۶l-n(۱۰)
		۸	۱۱/۷d-i(۰/۳)	۰/۴۴f-n(۰/۰۷)	۲/۳a-e(۰/۰۹)	۱۴۷۵kl(۲۰۵)
		۱۲	۱۲c-i(۰/۸)	۰/۴۹f-k(۰/۰۶)	۱/۷i-o(۰/۱)	۱۶۰۱g-j(۳۷)
	-۲۷	۱۶	۱۰/۹g-i(۰/۴)	۰/۳۴k-o(۰)	۱/۵m-o(۰/۱)	۱۲۱۲k-m(۸۷)
		۲۰	۱۱/۵d-i(۰/۱)	۰/۴۷h-n(۰/۰۳)	۱/۵no(۰/۰۹)	۱۳۷۴j-l(۱۰۵)
		۲۴	۱۱f-i(۰/۲)	۰/۲۵op(۰/۰۱)	۱/۴o(۰/۰۴)	۹۱۷no(۱۲۷)
شاهد (پرایم نشده)			۱۳/۴a-c(۱/۵)	۰/۵۵d-j(۰/۰۲)	۲/۲a-j(۰/۸)	۱۵۸۹h-j(۱۱۰)

*هر عدد از میانگین ۳ تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد درون پرانتز اشتباه معیار هر تیمار است.

شرایط تنش خشکی

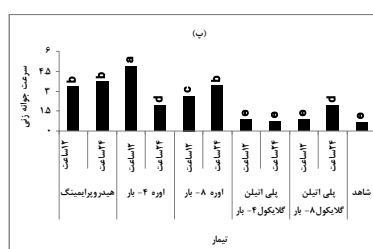
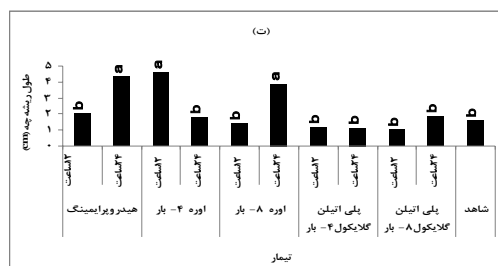
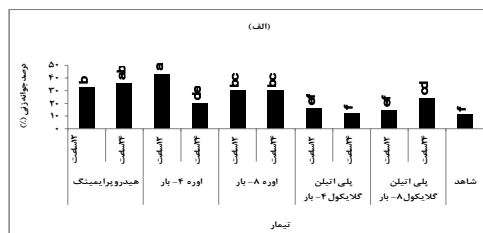
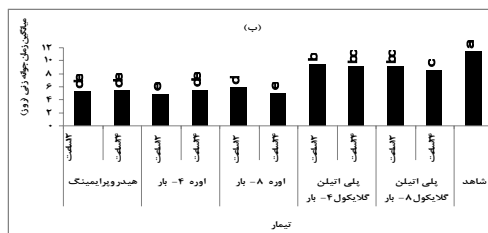
کمتری داشتند. مشاهده شد که تیمارهای شاهد و اسموپرایمینگ با اوره ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت با میانگین‌های ۱۱/۴ و ۴/۸ روز به ترتیب بیشترین و کمترین میزان MGT را داشتند (شکل ۱-ب). سرعت جوانه‌زنی بذور پرایم‌شده نیز به میزان معنی‌داری بیش از بذور پرایم‌نشده بود (شکل ۱-پ). مقدار افزایش این شاخص در تیمارهای هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با اوره در مقایسه با بذور پرایم‌نشده (شاهد) از ۳ تا ۷ برابر متغیر بود.

جدول تجزیه واریانس (شماره ۶) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ در شرایط کمبود رطوبت (تنش خشکی ۸- بار اعمال شده توسط محلول PEG) نیز بر شاخص‌های جوانه‌زنی *A. elongatum* معنی‌دار بود ($P < 0.01$). با بررسی شکل ۱- الف مشخص می‌شود که تیمارهای اوره ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت و شاهد (بذر پرایم‌نشده) با میانگین‌های ۴۳ درصد و ۱۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی را در شرایط تنش خشکی داشتند. همانند شرایط بهینه رطوبتی، در شرایط تنش خشکی نیز تیمارهای پرایم‌شده در مقایسه با تیمارهای پرایم‌نشده میانگین زمانی جوانه‌زنی (MGT)

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور پرایم‌شده *A. elongatum* در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات (MS)						منبع تغییرات		
وزن خشک گیاهچه	میانگین زمان جوانه‌زنی	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	درجه آزادی
۰/۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۳۸۹ ^{ns}	۰/۱۸۸ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۵۷ ^{ns}	۸۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۴۷ ^{ns}	۱/۶۴ ^{ns}	۲
۰/۲۳ ^{**}	۱۵/۸۴ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۵/۳۵ ^{**}	۲۲۶۱۹ ^{**}	۶/۲۱ ^{**}	۱۵۳/۶۷ ^{**}	۳۷
۰/۰۰۵	۰/۱۷۴	۰/۱۸	۰/۰۵۱۱	۰/۳۸	۱۸۵۷	۰/۱۵۴۲	۹	۷۴
۱۷/۳۳	۵/۷۹	۲۱/۷۷	۲۰/۵۶	۲۷/۶۸	۴۴/۷۷	۱۷/۳۳	۱۰/۲۷	ضریب تغییرات (درصد)

ns و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

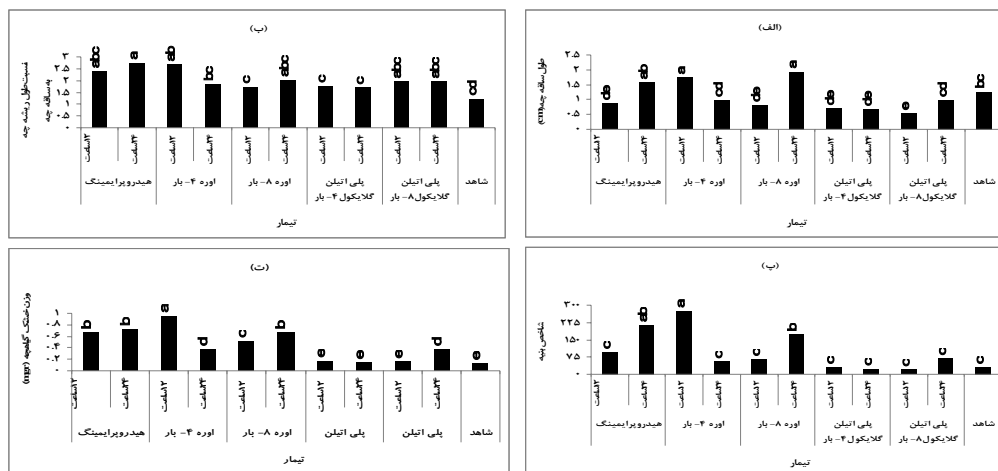


شکل ۱- مقایسه میانگین صفات درصد جوانه‌زنی (الف)، میانگین زمان جوانه‌زنی (ب)، سرعت جوانه‌زنی (پ)، طول ریشه‌چه (ت)، بذور پرایم‌شده و پرایم‌نشده (شاهد) *A. elongatum* در شرایط تنش خشکی ۸- بار. هر ستون از میانگین ۳ تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

رطوبتی و تنش خشکی مشاهده می‌شود که بذور جوانه‌زده در شرایط تنش در مقایسه با بذور جوانه‌زده در شرایط بهینه رطوبتی R/S بیشتری دارند.

تنش خشکی منجر به کاهش شاخص بنیه در هر دو گروه بذری شد (شکل ۲-ب)، اما بذور پرآیم‌شده نسبت به بذور پرآیم‌نشده شاخص بنیه بالاتری داشتند. میزان افزایش شاخص بنیه بذور پرآیم‌شده با آب مقطر و بذور اسموپرآیم‌شده با اوره در مقایسه با بذور پرآیم‌نشده حدود ۶ تا ۸ برابر بود. با مقایسه صفت وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش و عدم تنش مشاهده می‌شود که بروز تنش خشکی منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی وزن خشک گیاهچه‌ها در تمامی بذرها اعم از پرآیم‌شده یا پرآیم‌نشده شده است (شکل ۲-ت). این در حالی است که در شرایط تنش نیز بذور پرآیم‌شده با اوره در مقایسه با بذور پرآیم‌نشده و یا پرآیم‌شده با PEG به مراتب زیست توده بالاتری داشتند. مشاهده شد که تیمارهای اوره ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت و شاهد با متوسط وزن خشک ۰/۹۴ و ۰/۱۲ میلی‌گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک را داشتند.

طول ریشه‌چه به‌عنوان شاخصی مناسب جهت ارزیابی مقاومت به خشکی نیز در تیمارهای مختلف پرآیمینگ متفاوت بود (جدول ۶) ($P < 0/01$). همان‌طور که انتظار می‌رفت بذور پرآیم‌شده با آب مقطر و اوره به‌طور متوسط طول ریشه‌چه بلندتری در مقایسه با بذور پرآیم‌شده با PEG و نیز بذور پرآیم‌نشده داشتند (شکل ۱-ت). میزان افزایش طول ریشه‌چه در بذور هیدروپرآیمینگ شده به مدت ۲۴ ساعت و اسموپرآیمینگ شده با اوره ۴- بار به مدت ۱۲ ساعت در مقایسه با بذور شاهد به ترتیب ۲/۸ و ۳ سانتی‌متر بود. همانند صفت طول ریشه‌چه، بذور پرآیم‌شده با اوره و یا آب مقطر در مقایسه با سایر تیمارها ساقه‌چه بلندتری داشتند (۲-ب). میزان تغییرات این صفت در تیمار PEG بیش از تیمار شاهد بود و بذور تیمار شده با این ترکیب به‌طور متوسط ساقه‌چه کوتاهتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. در شکل (۲-ب) اثر تیمارهای مختلف پرآیمینگ بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/S) *A. elongatum* در شرایط تنش خشکی نشان داده شده است. با مقایسه این شاخص در شرایط بهینه



شکل ۲- مقایسه میانگین صفات طول ساقه‌چه (الف)، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (ب)، شاخص بنیه گیاهچه (پ)، وزن خشک گیاهچه (ت)، بذور پرآیم‌شده و پرآیم‌نشده (شاهد) *A. elongatum* در شرایط تنش خشکی ۸- بار. هر ستون از میانگین ۳ تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

نیز محیط جوانه‌زنی پس از پرآیمینگ متفاوت است. در شرایط بهینه رطوبتی بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را تیمار اوره ۸- بار به مدت ۲۴ ساعت داشت، این در حالی است که در شرایط تنش خشکی بذور پرآیم‌شده با اوره

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد اغلب تیمارهای پرآیمینگ بر جوانه‌زنی بذور *A. elongatum* اثر مثبت دارد، اما اثر این تیمارها بسته به نوع تیمار پرآیمینگ و

شاخص‌های درصد جوانه زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و نیز افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی با افزایش زمان پرایمینگ بذرها با نتایج بدست آمده توسط روحی (۲۰۰۸) در گیاه *A. elongatum* مطابقت دارد. مرادی دزفولی و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی بر روی ذرت، مشاهده کردند که تیمار بذر با اوره ۱۲- بار به مدت ۹۶ ساعت نه تنها اثر مثبتی بر طول ریشه‌چه این گیاه نداشت بلکه حدود ۱۰ درصد نسبت به بذر شاهد نیز کاهش نشان داد. از جمله دلایل احتمالی این موضوع می‌توان به افزایش جذب این مواد توسط بذر و نیز ایجاد سمیت آمونیاک تولید شده از اوره اشاره داشت (۴). کاپرون و همکاران (۲۰۰۰) دلیل احتمالی چنین واکنشی را آسیب دیدن پروتئین‌های LEA^1 در اثر افزایش طول دوره پرایمینگ و نیز افزایش زیاد پتانسیل (بالا تر از پتانسیل بحرانی جوانه‌زنی) ذکر کردند.

از آنجاکه محلول PEG در مقایسه با محلول اوره از ویسکوزیته بالاتری برخوردار است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک مانع برای تبادل گازها عمل نماید. در این رابطه پژوهش‌ها نشان داده است که در بذر تیمار شده با PEG متابولیسم غیرهوازی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیانگر کاهش موجودیت اکسیژن در بذرهاست (۲۰). محدودیت اکسیژن نیز مثل محدودیت آب منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود (۲۴). تحقیقات نیز نشان داده است که آماده‌سازی اسمزی بذر با ترکیبات آلی مانند اوره تأثیر بیشتری نسبت به PEG بر سرعت جوانه‌زنی بذر دارد (۱۹). با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که به‌منظور آماده‌سازی اسمزی ترکیباتی مانند اوره می‌توانند به‌طور مؤثری جایگزین ترکیبات گران قیمت مانند PEG شوند. در این رابطه پیشنهاد می‌شود اثر آماده‌سازی بذر بر سبز شدن و رشد گیاه *A. elongatum* در شرایط مزرعه و نیز مراتع مورد بررسی قرار گیرد.

۴- بار به مدت ۱۲ ساعت بیشترین میزان درصد جوانه زنی را داشتند (جدول ۵ و شکل ۱- الف). در همین راستا المدرسی و جوتزی (۱۹۹۹) نیز مشاهده کردند که بذور پرایم‌شده سورگوم و ارزن با اوره (به مقدار ۷/۲ گرم بر لیتر) در مقایسه با بذور پرایم‌نشده جوانه‌زنی بالاتری (حدود ۴۰ درصد) داشتند.

از نظر تأثیر نوع پرایمینگ (اسموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ) نیز مشخص شد که تیمارهای اسموپرایمینگ با اوره و نیز هیدروپرایمینگ با آب مقطر در مقایسه با اسموپرایمینگ با PEG مقادیر بیشتری از این شاخص‌ها را به‌خود اختصاص دادند. در شرایط بهینه رطوبتی عمده‌تاً نحوه عمل بذور تیمار شده با PEG برای اکثر صفات مساوی یا ضعیف‌تر از اسموپرایمینگ با اوره بود. این در حالی است که در شرایط تنش خشکی این اثر محسوس‌تر بوده و بذور اسموپرایم شده با اوره در مقایسه با PEG به‌مراتب مقادیر بالاتری از این شاخص‌ها را به‌خود اختصاص دادند. حسینی و کوچکی (۲۰۰۷) دلیل چنین واکنشی را در چغندر قند کاهش جذب آب توسط بذور پرایم‌شده با PEG گزارش کردند. افزایش سرعت ترمیم DNA، ساخت RNA، سنتز پروتئین، فعال‌سازی آنزیم‌ها، حذف رادیکال‌های فعال اکسیژن، افزایش انبساط سلولی و نیز پیشرفت بیشتر مراحل جوانه‌زنی بذور پرایم‌شده در مقایسه با بذور پرایم‌نشده از مهمترین دلایل بروز چنین واکنشی ذکر شده‌اند (۱۶). این نتایج با نتایج روحی (۲۰۰۸) و شاهسون و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت ندارد که مشاهده کردند بذور اسموپرایم‌شده با PEG جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه بالایی در شرایط تنش خشکی داشتند.

مشاهده شد که تغییرات شاخص میانگین زمان جوانه زنی، نسبت به تیمار شاهد، در تیمارهای اوره بسته به پتانسیل پرایمینگ متغیر بود. ممکن است عامل کمتر بودن میانگین زمان جوانه‌زنی در پتانسیل‌های پایین‌تر (مثبت‌تر) مربوط به پیشرفت بیشتر مراحل جوانه‌زنی در آنها باشد که با سرعت بیشتر جذب آب در ارتباط است (۱۷). با افزایش طول دوره اسموپرایمینگ، به‌خصوص در پتانسیل‌های بالاتر (منفی‌تر) اوره، شاخص‌های جوانه‌زنی شروع به کاهش نمود. کاهش

منابع

1. Abdual-baki, A.A., & J.D. Anderson, 1973. Relationship between decarboxilation of glutamic acid and vigour in soybean seed. *Crop Science*, 13:222-226.
2. Agrawal, R.L., 2004. Seed technology. Oxford and IBH publishing Co. LTD. New Dehli, 350 p.
3. Alizadeh, A., 2001. Soil-Water plant relationship. Imam Reza University publishing Co. Mashhad, 353 p. (In Persian)
4. Al-Mudarsi, M.A & S.C. Jutzi, 1999. The influence of fertilizer-based seed priming treatments on emergence and seedling growth of sorghum bicolor and Pennisetum glaucum in pot trials under greenhouse conditions. *Agronomy Journal of Crop Science*, 182: 135-142.
5. Ashraf, M & M.R. Foolad, 2005. Pre-sowing seed treatment: a shot-gun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223-271.
6. Bewley, J.D, 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell*, 9: 1055-1066.
7. Bradford, K.J, 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Horticultural Science*, 21: 1105-1112.
8. Capron, I, F.F. Corbineau, C. Dacher, D. Come & D. Job, 2000. Sugar beet seed priming: Effects of priming conditions on germination, solubilization of I-S globulin and accumulation of LEA proteins. *Scientia Research*, 10: 243-254.
9. Eisvand, H.R., 2008. Effects of some phytohormones on physiological quality improvement of Tall Wheatgrass (*Agropyron elongatum*) aged seeds under drought stress. Ph.D thesis in crop physiology. University of Tehran, 276 p. (In Persian)
10. Eisvand, H, R. Tavakol Afshari, F. Sharifzadeh, H. Madahe Arefi & S. M. Hesamzadeh Hajazi, 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum*) seeds by hormonal priming under control and drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, 39(1): 53-65. (In Persian)
11. Ellis, R.A., & E.H. Roberts, 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
12. Farooq, M., S.M.A. Basra, E.A. Warraich & A. Khaliq, 2006. Optimization of hyropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Science and Technology*, 34: 529-534.
13. Hardegee, S.P & W.E. Emmrich, 1992. Effect of Matric-Priming Duration and Priming Water Potential on Germination of Four Grasses. *Journal of Experimental Botany*, 43(247): 233-238.
14. Heidari Sharif Abad, H & M.A. Dorry., 2003. Forage grasses, Vol 2. Research institute of forest and rangelands, 311 p. (in Persian).
15. Hosseini, A & A. Koocheki, 2007. Effects of priming on seed germination and germination rate of sugar beet (*Beta vulgaris*) cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 5 (1):69-76. (In Persian)
16. Hsu, J.L & J.M. Sung, 1997. Antioxidant role of glutathione associated with accelerated aging and hydration of triploid watermelon seeds. *Physiologica Plantarum*, 100: 967-974.
17. Mauromicale, G & V. Cavallaro, 1996. Effects of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. *Seed science and technology*, 24 (2): 331- 338.
18. Michel, B.E & M. R. Kaufman, 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916.
19. Moradi Dezfooli, P., F. Sharifzadeh., A. Bankesaz & M. Janmohammadi, 2008. Effect of priming treatment and sowing date on synchronization of hybrid seed production. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(4): 79-98. (In Persian)
20. Pill, W. G., C.K. Crossan., J. J. Frett & W.G. Smith, 1994. Matric and osmotic priming of *Echinacea purpera* L Moench seeds. *Scientia Horticulture*, 59: 37-44.
21. Posmyk, M.M., F. Corbineau, D. Vinel, C. Bailly & D. Come, 2001. Osmoconditioning reduces physiological and biochemical damage induced by chilling in soybean seeds. *Physiologia Plantarum*, 111:473-482.
22. Roohi, H.R., 2008. The effects of hydropriming and osmopriming on germination traits of four forage plant species under drought and low temperature stresses. M.Sc thesis in seed science and technology. University of Tehran, 210 p. (In Persian)
23. Shahsavand, K, R. Tavakol Afshari & M. R. Chaichi, 2009. The effect of osmopriming on seed germination of four rangeland species under drought stress. *Rangeland*, 3 (3): 479-490. (In Persian)
24. Yoon, B.H., H.J. Lang & B.G. Cobb, 1997. Priming with salt solution improves germination of pansy seed at high temperature. *Horticulture Science*, 32: 248-250.