

تأثیر هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه خارمریم (*Silybum marianum* L.)

مریم نصرافهانی^{*}، سحر محمدیان

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان

^{*} پست الکترونیک نویسنده مسئول: esfahani.m@lu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۶)

چکیده

جوانه‌زنی کارآمد بذر و ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه در راندمان تولید محصول مهم هستند؛ بنابراین استفاده از راهکارهایی برای بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه برای بالا بردن میزان تولید محصول ضروری می‌باشد. هیدروپرایمینگ یک تکنیک ساده پیش از جوانه‌زنی است که باعث بهبود عملکرد بذر می‌شود. در این تحقیق تأثیر دوره‌های مختلف هیدروپرایمینگ (۱۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) در دماهای مختلف (۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و در مقایسه با بذره‌های پرایم نشده روی صفات جوانه‌زنی در پنج جمعیت خارمریم (اهواز، ساری، اصفهان، دزفول و گچساران) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کیفیت جوانه‌زنی توسط درصد نهایی جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص تیمسون، T50 و شاخص‌های رشد و ویگور گیاهچه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر بهتری روی عملکرد جوانه‌زنی بذور خارمریم در مقایسه با هیدروپرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارد. به علاوه، مقایسه پاسخ شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد به دوره‌های مختلف هیدروپرایمینگ در پنج جمعیت خارمریم نشان داد که بهترین دوره هیدروپرایمینگ برای جمعیت‌های اهواز و گچساران ۷۲ ساعت، برای ساری و دزفول ۴۸ و ۷۲ ساعت و برای اصفهان ۱۰ و ۲۴ ساعت می‌باشد؛ بنابراین، تأثیر هیدروپرایمینگ روی کیفیت جوانه‌زنی به جمعیت گونه گیاهی، دما و زمان هیدروپرایمینگ وابسته است و به این ترتیب انتخاب بهترین شرایط هیدروپرایمینگ به بهبود قابلیت جوانه‌زنی و بنیه بذر کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، پیش‌تیمار، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی

مقدمه

بالای صنعت داروسازی و نیز طب سنتی باشد (کارکانیسا^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). به علاوه به منظور حفظ پوشش گیاهی در عرصه‌های طبیعی و به خصوص حفاظت از گونه‌های گیاهی ارزشمند از نظر دارویی، کشت و پرورش گیاهان دارویی بسیار مورد توجه است که البته کشت و تکثیر آن‌ها با مشکلاتی مواجه می‌باشد. جوانه‌زنی کم و عدم یکنواختی در ظهور گیاهچه‌ها یکی

امروزه در پی رویکرد گسترده جامعه برای مصرف داروهای با منشأ گیاهی، شرکت‌های داروسازی به تولید داروها و فرآورده‌های آرایشی-بهداشتی با منشأ گیاهی توجه خاصی پیدا کرده‌اند که این مسئله سبب افزایش تقاضای گیاهان دارای مواد مؤثره ارزشمند از نظر دارویی شده است. گیاهان دارویی عمده‌تاً در زیستگاه‌های طبیعی به صورت خودرو رویش پیدا می‌کنند و جمع‌آوری این گیاهان از این زیستگاه‌ها نمی‌تواند جوابگوی تقاضای

^۱ Karkanisa

از طریق بهبود عملکرد جوانه‌زنی (درصد نهایی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی ظهور گیاهچه‌ها) افزایش می‌دهد (اشرف و فولاد^۶، ۲۰۰۵؛ آدبسی^۷ و همکاران، ۲۰۱۱؛ اقبال^۸ و اشرف، ۲۰۰۷). پرایمینگ به تیمارهای پیش از کاشت بذر اطلاق می‌شود که به بذر اجازه داده می‌شود برای مدت‌زمان معینی آبیگری انجام دهد به طوری که فرآیندهای متابولیکی مربوط به مراحل اولیه جوانه‌زنی فعال شوند ولی میزان آب جذب‌شده برای خروج ریشه‌چه از پوشش بذر کافی نیست (تیریاکی^۹ و همکاران، ۲۰۰۹). در این تکنیک، بذرهای در معرض آب (هیدروپرایمینگ)، پلی‌اتیلن‌گلیکول (اسموپرایمینگ)، نمک‌ها مانند CaCl_2 ، KNO_3 ، KH_2PO_4 ، CaSO_4 (هالوپرایمینگ)، مواد غذایی مانند اسید آسکوربیک و Zn^{2+} ، هورمون‌ها و پلی‌فنل‌ها قرار داده می‌شوند (فاروق^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۶a؛ فاروق و همکاران، ۲۰۰۶b؛ فاروق و همکاران، ۲۰۰۶c؛ فاروق و همکاران، ۲۰۱۱). عوامل متعددی مانند دما، طول دوره پرایمینگ، پتانسیل اسمزی محلول پرایم و کیفیت بذر روی کیفیت و عمل پرایمینگ تأثیر دارند و این شرایط برای گونه‌های مختلف یکسان نیست (فس‌هازیون، ۲۰۰۵). گزارش‌های متعددی حاکی از بهبود رفتار جوانه‌زنی و شاخص‌های مربوط به آن اعم از متوسط زمان جوانه‌زنی، بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و استقرار اولیه در بذرهای پرایم شده می‌باشد و در مورد بذرهای پرایم شده مانند آفتابگردان (آل سیدی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۱)، برنج (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹)، کلزا (بیژن‌زاده^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۰)، گندم (گیری و شیلینگر^{۱۳}، ۲۰۰۳) و اسفناج (چن و آرورا^{۱۴}، ۲۰۱۳) به اثبات رسیده است.

با وجود مطالعات گسترده در ارتباط با ترکیبات شیمیایی گیاه خار مریم و ارزش دارویی آن، تحقیقات

از مشکلات اصلی تکثیر بسیاری از گیاهان دارویی است. به این ترتیب، با توجه به استفاده بی‌شمار از گیاهان دارویی و نیز به منظور جلوگیری از برداشت‌های بی‌رویه و نامناسب گیاهان از عرصه‌های منابع طبیعی، استفاده از تکنیک‌های برای بالا بردن درصد و سرعت جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌های حاصل در جهت دستیابی به کارایی بالا در واحد سطح بسیار مورد توجه است.

خار مریم (*Silybum marianum* L.) یک گیاه دارویی از تیره کاسنی که در ایران در مناطق مختلفی مانند گنبدکاووس، کلاردشت، دره هراز، دشت مغان، شوش، حمیدیه، رامهرمز، ایذه و کازرون پراکندگی داد (فلاح حسینی و همکاران، ۱۳۸۳). تمام بخش‌های گیاه از نظر دارویی با ارزش هستند، ولی بذرهای از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ماده مؤثره این گیاه سیلی‌مارین نام دارد که به واسطه خاصیت آنتی‌اکسیدانی در درمان بیماری‌های کبدی (سیروز و مسمومیت کبدی)، کاهش کلسترول خون و پیشگیری و درمان سرطان استفاده می‌شود (سوبرامانیام^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به کاربردهای مختلف ترکیبات حاصل از خار مریم در دنیای پزشکی، تقاضا برای این گیاه در صنعت داروسازی رو به افزایش است و به این ترتیب استفاده از تکنیک‌هایی برای بهبود جوانه‌زنی و یکنواختی در سرعت جوانه‌زنی و به این ترتیب بالا بردن میزان تولید محصول الزامی می‌باشد.

کیفیت بذر یکی از فاکتورهای اساسی و مهم در صنعت بذر است که بازده تولیدات کشاورزی به آن وابسته است و توسط بنیه بذر^۲ تخمین زده می‌شود (همپتون^۳، ۲۰۰۲؛ راجو^۴ و همکاران، ۲۰۱۲). بنیه بذر با تأثیر مستقیم روی سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و نیز استقرار مطلوب گیاهچه‌ها راندمان تولید محصول را افزایش می‌دهد، به این ترتیب استفاده از تکنیک‌هایی به منظور بهبود بنیه بذر می‌تواند به افزایش عملکرد تولید محصول منجر گردد (فس‌هازیون^۵، ۲۰۰۵). پرایمینگ یک تکنیک ساده و ارزان است که بنیه بذر را

⁶ Ashraf and Foolad

⁷ Adebisi

⁸ Iqbal

⁹ Tiryaki

¹⁰ Farooq

¹¹ El-Saidy

¹² Bijanzadeh

¹³ Giri and Schillinger

¹⁴ Chen and Arora

¹ Subramaniam

² Seed Vigor

³ Hampton

⁴ Rajjou

⁵ Fessehazion

نهایی جوانه‌زنی (FGP)^۱، میانگین روزانه جوانه‌زنی (MGD)^۲، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)^۳، ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)^۴، شاخص تیمسون (TI)^۵، مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T₅₀)^۶ و ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (CUG)^۷ ارزیابی شد (رانال و سانتانا^۸، ۲۰۰۶):

$$FGP = \left(\frac{N'}{N} \right) 100$$

N': تعداد بذر جوانه‌زده

N: تعداد کل بذر

$$MGD = \left(\frac{FDP}{D} \right)$$

FDP: درصد نهایی جوانه‌زنی

D: تعداد روز برای رسیدن به ماکزیمم درصد

جوانه‌زنی (روز)

$$MGT = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots}{N}$$

N_{1,2,3,...}: تعداد بذر جوانه‌زده در زمان T_{1,2,3,...}

T_{1,2,3,...}: زمان (روز)

N: مجموع بذرهاى جوانه‌زده

$$CVG = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{\sum_{i=1}^k Dini}$$

ni: تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام

Di: تعداد روز از زمان کاشت

$$TI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Gi}{ti} \right)$$

Gi: درصد بذرهاى جوانه‌زده در روز i

ti: مدت‌زمان جوانه‌زنی

$$T50 = ti + \frac{(N/2 - ni)(tj - ti)}{nj - ni}$$

N: تعداد کل بذر جوانه‌زده

در زمینه استفاده از تکنیک‌ها و راهکارها در جهت بهبود عملکرد جوانه‌زنی بسیار اندک است؛ بنابراین در این تحقیق تأثیر هیدروپرایمینگ در دوره‌ها و دماهای مختلف پرایمینگ روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌ها در پنج جمعیت بذر خار مریم بومی ایران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر دوره‌ها و دماهای مختلف هیدروپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌های پنج جمعیت گیاه خارمریم (اهواز، ساری، اصفهان، دزفول و گچساران) تهیه‌شده از شرکت پاکان بذر اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. وزن هزار دانه بذور خارمریم تقریباً ۲۳ تا ۳۰ گرم اندازه‌گیری شد.

چهار دوره مختلف هیدروپرایمینگ (۱۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) در دو دمای مختلف (۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به همراه شاهد (بذرهاى پرایم نشده) مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل (فاکتور اول جمعیت، فاکتور دوم سطوح مختلف هیدروپرایمینگ و فاکتور سوم دمای پرایمینگ) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پس از اتمام دوره‌های پرایمینگ، بذرهاى پرایم شده تا رسیدن به وزن اولیه در دمای اتاق و شرایط تاریکی خشک شدند.

برای ارزیابی رفتار جوانه‌زنی بذرهاى پرایم شده در مقایسه با بذرهاى پرایم نشده، ۲۵ بذر از هر تیمار در داخل پتری‌ها (با قطر ۹ سانتی‌متر) بین دولایه کاغذ صافی قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری‌دیش اضافه گردید. آزمایش‌های مقدماتی در ارتباط با بررسی قوه نامیه بذرهاى خار مریم نشان داد که دمای مناسب برای فرآیند جوانه‌زنی ۱۰ درجه سانتی‌گراد است به این ترتیب ابتدا پتری‌ها به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی نگهداری شده و بعد از جوانه‌زنی به اتاق کشت با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی/۸ ساعت تاریکی انتقال داده شدند. جهت تعیین شاخص‌های جوانه‌زنی، تعداد بذر جوانه‌زده به‌طور روزانه در طی ۱۴ روز مورد بررسی قرار گرفت و ظهور ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. در طی آزمایش شاخص‌هایی مانند درصد

¹ Final germination percentage

² Mean germination day

³ Mean germination time

⁴ Coefficient of velocity of germination

⁵ Timson's index

⁶ Days to germination of 50% of all germinated seeds

⁷ Coefficient of uniformity of germination

⁸ Ranal and Santana

جمعیت‌ها و تیمارهای هیدروپرایمینگ، بین جمعیت‌ها و دمای هیدروپرایمینگ و بین دما و تیمارهای هیدروپرایمینگ برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای CUG معنی‌دار بود. همچنین، تأثیر متقابل بین سه فاکتور بررسی‌شده (جمعیت × زمان × دما) برای تمامی صفات بررسی‌شده به‌استثنای MGD، CVG، TI، T₅₀ و CUG از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲).

جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم در چرخه زندگی رشد گیاهان است به دلیل اینکه این فرآیند نقش مهمی در استقرار و تراکم نهایی گیاهان بازی می‌کند (گالاردو^۴ و همکاران ۲۰۰۱). جوانه‌زنی سریع و ظهور یکنواخت گیاهچه‌ها باعث ایجاد یک سیستم ریشه‌ای عمیق می‌شود قبل از اینکه لایه‌های بالایی خاک خشک و سخت شوند و یا درجه حرارت به بالاتر از حد اپتیمم برسد و به این ترتیب به استقرار موفق گیاهان منجر می‌شود (چن و آرورا، ۲۰۱۳). بذرها اغلب بعد از خشک شدن ذخایرشان و به‌ویژه زمانی که در شرایط نامناسب نگهداری شوند، جوانه‌زنی آهسته و غیریکنواخت را به‌واسطه بنیه یا قوه نامیه کاهش‌یافته نشان می‌دهند. به‌علاوه، بذرها در حال جوانه زدن و گیاهچه‌های جوان به‌واسطه حساسیت به شرایط کم‌آبی اغلب دارای استقرار ناموفق هستند (بوتینک^۵ و همکاران، ۲۰۰۳)؛ بنابراین استفاده از تکنیک‌های مناسب و کارآمد به‌منظور بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه می‌تواند به ظهور سریع و استقرار موفق گیاهچه‌ها کمک کند.

در گزارش‌های متعددی پرایمینگ به‌عنوان یک تکنیک عمومی برای بهبود کیفیت بذر به‌منظور جوانه‌زنی سریع و یکنواخت، استقرار موفق و بازده بالاتر در تولید محصول پیشنهاد شده است و تأثیر مثبت این تکنیک روی عملکرد جوانه‌زنی تحت شرایط بهینه رشد و نیز شرایط سخت محیطی در گونه‌های گیاهی متعدد نظیر ذرت، سویا، اسفناج، فلفل، گندم و برنج گزارش شده است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸a؛ فاروق و همکاران، ۲۰۰۸b؛ فاروق و همکاران، ۲۰۰۸d؛ کورکماز^۶

n_i و n_j : تعداد تجمعی بذرها در جوانه‌زده در زمان‌های t_i و t_j به‌طوری‌که $n_i < N/2 < n_j$

$$CUG = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k (CVG - D_i)^2 n_i}$$

n_i : تعداد بذر جوانه‌زده در روز t_i

D_i : تعداد روز از زمان کاشت

CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی

پس از اتمام آزمایش، تعداد ۱۰ گیاهچه به‌طور تصادفی از هر پتری انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و نیز وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه‌ها، پس از اتمام دوره جوانه‌زنی گیاهچه‌ها برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس توزین شدند. داده‌ها برای محاسبه شاخص ویگور ۱ (VI1)^۱، شاخص ویگور ۲ (VI2)^۲ و ضریب آلومتري (CA)^۳ استفاده شد.

درصد جوانه‌زنی × طول گیاهچه = VI1

وزن خشک گیاهچه × درصد جوانه‌زنی = VI2

طول ساقه‌چه / طول ریشه‌چه = CA

تجزیه آماری داده‌ها توسط برنامه آماری SPSS.16 صورت گرفته و مقایسه میانگین صفات ارزیابی‌شده با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، جمعیت‌های مورد مطالعه خار مریم از نظر برخی صفات مورد بررسی نظیر MGD، FGP، TI، MGT، SDW، CA، LR، VI2 و VI1 تفاوت معنی‌داری نشان دادند. دوره‌های مختلف و دمای هیدروپرایمینگ برای کلیه صفات ارزیابی‌شده معنی‌دار شده است به این معنی که زمان‌ها و دماهای مختلف هیدروپرایمینگ اثرات متفاوتی روی صفات موردنظر داشتند (جدول ۱ و ۲). به‌علاوه، اثرات متقابل بین

¹ Vigour Index 1

² Vigour Index 2

³ Coefficient of Allometry

⁴ Gallardo

⁵ Buitink

روزانه جوانه‌زنی نسبت به بذره‌های شاهد (بذره‌های پرایم نشده) بودند (جدول ۳). در توافق با این نتایج، مطالعات انجام‌شده در ارتباط با هیدروپرایمینگ بذور پیاز (کاسیرو^۴ و همکاران، ۲۰۰۴)، گشنیز (ریشیچای^۵ و همکاران، ۲۰۰۹) و خردل (سریواستاوا^۶ و همکاران، ۲۰۱۰) نیز بهبود فرآیند جوانه‌زنی در بذره‌های پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده را نشان داده است. افزایش درصد جوانه‌زنی/بنيه بذره‌های پرایم شده احتمالاً به‌واسطه برخی تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی است. در بذره‌های پرایم شده غلظت درونی ABA و اسید جیبرلیک (GA) از طریق تغییر در بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های کاتالیتیک ABA و آنزیم‌های بیوسنتزی GA شامل ABA-8'-هیدروکسیلاز، کوپالیل دی‌فسفات سنتتاز، GA₂₀ اکسیداز و GA₃ اکسیداز تغییر می‌کند (ناکاون^۷ و همکاران، ۲۰۱۲). به این ترتیب پرایمینگ بذر از طریق افزایش نسبت GA به ABA باعث تسهیل فرآیند جوانه‌زنی می‌شود (العربی^۸ و همکاران، ۲۰۰۶). استراتژی دیگر برای بهبود فرآیند جوانه‌زنی از طریق کوتاه کردن مسیر ضعیف کردن آندوسپرم از طریق افزایش فعالیت/بیان ژن‌های کد کننده آنزیم اندو-β-ماناز، اکسپانسیون (چن و آروا، ۲۰۱۳) و آنزیم گزیلوکلوکان اندوترانس‌گلیکوزیلاز است (ناکاون و همکاران، ۲۰۱۲) که از این طریق مقاومت‌های فیزیکی در مقابل خروج ریشه‌چه توسط انقباض آندوسپرم، تغلیظ سیتوپلاسم و تجزیه دیواره سلولی کاهش پیدا می‌کند (سانگ^۹ و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای روی گوجه‌فرنگی گزارش شد که بذره‌های هیدروپرایم شده برای ۲۴ ساعت دارای میزان GA₄ بالاتری در مقایسه با بذره‌های پرایم نشده هستند و به این ترتیب، نظر به اینکه GA₄ یک اسید جیبرلیک فعال از نظر زیستی است هیدروپرایمینگ احتمالاً از این طریق جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (ناکاون و همکاران، ۲۰۱۲).

کورکماز^۱ و کورکماز، ۲۰۰۹؛ ژو^۲ و همکاران، ۲۰۰۹؛ فاروق و همکاران، ۲۰۱۰؛ فاروق و همکاران، ۲۰۱۱). به هر حال، مجموعه‌ای از فاکتورهای استفاده شده در طی پرایمینگ (مانند نوع پرایمینگ، پتانسیل اسمزی و غلظت عامل‌های پرایمینگ، دمای پرایمینگ و طول دوره پرایمینگ) و نیز کیفیت اولیه بذر، بلوغ بذر و گونه گیاهی ممکن کیفیت جوانه‌زنی را به‌طور مثبت یا منفی تحت تأثیر قرار دهد (پاپاستیلیانو و کارامانوس^۳ ۲۰۱۲). نتایج این مطالعه نیز تأیید کرد که بهبود کیفیت جوانه‌زنی بذره‌های خارمریم توسط هیدروپرایمینگ با جمعیت بذر، دما و دوره هیدروپرایمینگ مرتبط می‌باشد.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها برای صفات درصد جوانه‌زنی و میانگین روزانه جوانه‌زنی در پنج جمعیت خارمریم و در سطوح و دمای مختلف هیدروپرایمینگ نشان داد که پرایمینگ بذر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی و میانگین روزانه جوانه‌زنی را در مقایسه با بذره‌های پرایم نشده به میزان معنی‌داری از نظر آماری افزایش داد در حالی که این دو شاخص در بذره‌های پرایم شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری را نسبت به بذره‌های شاهد (پرایم نشده) نشان دادند (جدول ۳). این نتایج اهمیت تعیین دمای مناسب هیدروپرایمینگ را نشان می‌دهد به‌طوری که اگر هیدروپرایمینگ در دمای مناسب انجام نشود، اعمال تیمارهای پرایمینگ نه‌تنها مفید واقع نمی‌شود، بلکه ممکن است تأثیرات منفی نیز داشته باشد. علاوه بر دما، مدت‌زمان پرایمینگ نیز یک فاکتور مهم برای بالا بردن عملکرد بذر است. آدبیس و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که صفات کیفی بذر بعد از پرایمینگ تحت تأثیر دوره‌های زمانی و دمای پرایمینگ قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بذره‌های هیدروپرایم شده اهواز و گچساران برای مدت ۷۲ ساعت، ساری برای مدت ۱۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، اصفهان برای مدت ۱۰ و ۲۴ ساعت و دزفول برای مدت ۴۸ و ۷۲ ساعت دارای بالاترین درصد جوانه‌زنی و میانگین

⁴ Caseiro

⁵ Rithichai

⁶ Srivastava

⁷ Nakaune

⁸ El-Araby

⁹ Sung

¹ Korkmaz

² Zhuo

³ Papastylianou and Karamanos

فرآیند جوانه‌زنی و در نهایت ورود سریع بذر به فاز سوم جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه) است. در این مطالعه، برای بررسی تأثیر تیمارها و دمای هیدروپرایمینگ روی سرعت جوانه‌زنی، شاخص‌های میانگین زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در پنج جمعیت خارمریم مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). تأثیر تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ در ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد روی شاخص‌های ذکرشده در جمعیت‌های مورد بررسی متفاوت بود. ضریب سرعت جوانه‌زنی در جمعیت اهواز پرایم شده برای ۷۲ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با بذرهای پرایم نشده به میزان معنی‌دار بالاتر بود و در عین حال شاخص‌های میانگین زمان جوانه‌زنی و مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در این سطح تیمار در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد هرچند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در جمعیت‌های ساری و اصفهان نیز ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین زمان جوانه‌زنی و مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی را تا سطح قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد و در مقابل ضریب سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد (جدول ۳). تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ، شاخص مذکور را در جمعیت‌های دزفول و گچساران تحت تأثیر قرار ندادند؛ بنابراین این اختلافات در تأثیر تیمارهای هیدروپرایمینگ روی سرعت جوانه‌زنی در جمعیت‌های مختلف خارمریم نشان‌دهنده وجود تفاوت ژنتیکی بین جمعیت‌های مورد بررسی است. به‌علاوه، از آنجایی که تکنیک‌های پرایمینگ متابولیزم درونی بذر را برای تسریع فرآیند جوانه‌زنی فعال می‌کنند، بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که این تفاوت‌ها در سرعت جوانه‌زنی در بین جمعیت‌های مورد بررسی احتمالاً نتیجه سطح متفاوت فعالیت متابولیسمی بین بذرهای تیمار شده و شاهد در طی فاز دوم جوانه‌زنی می‌باشد. نتایج مشابه در مطالعات انجام‌شده روی گیاه آفتابگردان گزارش شده است (وحید^۴ و همکاران، ۲۰۰۸؛ کایا و همکاران، ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۶؛ ال-سیدی و همکاران، ۲۰۱۱). در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در جمعیت‌های اصفهان، دزفول و

شاخص تیمسون برای بررسی وضعیت بنیه یا قوه نامیه بذر در بذرهای پرایم شده در مقایسه با بذرهای شاهد (پرایم نشده) استفاده گردید (رانال و سانتانا، ۲۰۰۶). نتایج این مطالعه نشان داد که سطح هیدروپرایمینگ ۷۲ ساعت برای جمعیت‌های اهواز و گچساران، سطوح هیدروپرایمینگ ۱۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در جمعیت ساری، سطوح هیدروپرایمینگ ۱۰ و ۲۴ ساعت در جمعیت اصفهان و سطوح هیدروپرایمینگ ۴۸ و ۷۲ ساعت در جمعیت دزفول در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، شاخص تیمسون را به میزان معنی‌دار افزایش داد در صورتی که در جمعیت‌های هیدروپرایم شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش معنی‌دار در ضریب تیمسون مشاهده نشد (جدول ۳). براساس این نتایج احتمالاً تفاوت‌های ژنتیکی بین جمعیت‌های مورد بررسی به پاسخ‌های متفاوت به هیدروپرایمینگ منجر می‌شود که در توافق با مطالعات قبلی است (باسل^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). هماهنگ با این نتایج، در مطالعه انجام‌شده روی فلفل نیز افزایش ضریب تیمسون را بذرهای هیدروپرایم شده در مقایسه با بذرهای پرایم نشده گزارش شده است (یاداو^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

پرایمینگ فعالیت واکنش‌های متابولیسمی و بیوشیمیایی مربوط به فرآیند جوانه‌زنی را در فاز دوم جوانه‌زنی یا فاز تأخیری افزایش داده و به این ترتیب بذرها را برای وارد شدن به مرحله سوم جوانه‌زنی آماده‌تر می‌کند (رحیمی^۳، ۲۰۱۳). به‌عنوان مثال در طی طی پرایمینگ بذر، فعالیت آنزیم α -آمیلاز که یک آنزیم کلیدی هیدرولیز کننده نشاسته ذخیره‌ای بذر است افزایش پیدا می‌کند و از این طریق قندها برای رشد و توسعه جنین فراهم می‌شوند. به‌علاوه، پرایمینگ باعث افزایش فعالیت دهیدروژنازها (یک شاخص تنفس و متابولیسم بافت) و هیدرولازها می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۱۰). به این ترتیب می‌توان پیشنهاد کرد که افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده احتمالاً نتیجه افزایش فعالیت درونی بذر و کوتاه‌تر شدن مرحله اول (جذب آب) و مرحله دوم (فاز تأخیری)

¹ Bassel

² Yadav

³ Rahimi

⁴ Wahid

مریستم انتهایی ریشه است که این مسئله باعث جذب بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاهچه شده و در نهایت به استقرار بهتر گیاهچه‌ها کمک می‌کند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸). در مقابل، رشد ریشه‌چه تقریباً در تمامی سطوح پرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان داد که این نتایج تأیید می‌کند که انتخاب دمای مناسب برای پرایمینگ روی رشد گیاهچه تأثیر دارد (جدول ۴).

تیمارهای هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد تأثیر مثبت روی رشد ساقه نداشتند و حتی در برخی تیمارها مانند هیدروپرایمینگ ۲۴ ساعت جمعیت اهواز، هیدروپرایمینگ ۱۰ و ۴۸ ساعت جمعیت‌های ساری و اصفهان و هیدروپرایمینگ ۴۸ ساعت دزفول در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌دار در مقایسه با شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

نتایج مربوط به شاخص بنیه ۱ که شامل دو جزء مهم طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی است نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای هیدروپرایمینگ روی این شاخص در بین جمعیت‌های مورد بررسی متفاوت بود که احتمالاً به دلیل اختلافات ژنتیکی بین این جمعیت‌هاست. در جمعیت‌های ساری و اصفهان، تمامی تیمارهای هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه گیاهچه ۱ گردید در حالی که در اهواز و گچساران ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ و در دزفول ۴۸ و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه به افزایش معنی‌دار این شاخص در مقایسه با شاهد منجر گردید (جدول ۴). تقریباً در تمام تیمارهای هیدروپرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، این شاخص در مقایسه با بذرهای پرایم نشده کاهش معنی‌دار نشان داد. تفاوت در پاسخ جمعیت‌های خارمریم به تیمارهای هیدروپرایمینگ نیز در نتایج مربوط به شاخص بنیه گیاهچه ۲ که شامل دو جزء وزن خشک گیاهچه و درصد جوانه‌زنی است مشاهده شد.

گچساران تأثیر معنی‌داری روی سرعت جوانه‌زنی نداشت و حتی در جمعیت‌های اهواز (در طی ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ) و ساری (در طی ۲۴ و ۴۸ ساعت) کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۳).

ضریب یکنواختی جوانه‌زنی تنوع جوانه‌زنی را بین بذرهای از لحاظ میانگین زمان جوانه‌زنی نشان می‌دهد به طوری که ضریب یکنواختی جوانه‌زنی بزرگ‌تر نشان‌دهنده جوانه‌زنی بذر در یک محدوده زمانی کوتاه‌تری صورت گرفته است (رانال و ساتانا، ۲۰۰۶). نتایج این مطالعه نشان داد که ضریب یکنواختی جوانه‌زنی در بذرهای اهواز و ساری هیدروپرایم شده برای مدت ۱۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری را در مقایسه با بذرهای پرایم نشده نشان دادند که تأیید می‌کند در این جمعیت‌ها بذرهای هیدروپرایم شده در محدوده زمانی کوتاه‌تری جوانه می‌زنند. هیدروپرایمینگ جمعیت‌های دزفول و گچساران به ترتیب برای مدت ۷۲ و ۴۸ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز ضریب یکنواختی جوانه‌زنی را به میزان قابل‌ملاحظه نسبت به شاهد کاهش داد. در ارتباط با جمعیت اصفهان، ۴۸ و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد ضریب یکنواختی جوانه‌زنی را نسبت به بذرهای هیدرو پرایم نشده کاهش داد هرچند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در گزارش‌های متعددی بیان شده است که پرایمینگ باعث افزایش رشد گیاهچه‌ها می‌شود (یاگمور و کایدان^۱، ۲۰۰۸؛ جیشا^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج مطالعه اخیر نیز نشان داد که طول ریشه‌چه در تمام سطوح هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در جمعیت‌های اهواز، ساری، اصفهان، دزفول (به‌استثنای ۱۰ ساعت هیدروپرایمینگ) و گچساران (به‌استثنای ۱۰ ساعت هیدروپرایمینگ) در مقایسه با بذرهای پرایم نشده به میزان معنی‌دار افزایش پیدا کرد (جدول ۴). این افزایش رشد ریشه‌چه در بذرهای پرایم شده احتمالاً به‌واسطه افزایش تقسیمات سلولی در

¹ Yagmur and Kaydan

² Jisha

نصراصفهانی و محمدیان: تأثیر هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه...

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر دما و زمان هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی (اهواز، ساری، اصفهان، دزفول و گچساران)

میانگین مربعات							درجه آزادی	منبع تغییر
CUG	T50	TI	CVG	MGT	MDG	FGP		
۰/۰۶ ^{ns}	۱/۰۴ ^{ns}	۱/۷۳ ^{**}	۲/۸۱ ^{ns}	۰/۶۱ [*]	۱/۱ ^{**}	۱۸۹ ^{**}	۴	جمعیت (A)
۰/۳۵ ^{**}	۵/۲۳ ^{**}	۶/۲۱ ^{**}	۲۲/۷۸ ^{**}	۳/۶۷ ^{**}	۳/۹۷ ^{**}	۱۸۹۱۵ ^{**}	۴	زمان هیدروپرایمینگ (B)
۰/۱۷ ^{ns}	۲۴/۳۸ ^{**}	۱۵۲/۷۹ ^{**}	۹۰/۳۱ ^{**}	۱۸/۷۸ ^{**}	۹۷/۷۸ ^{**}	۸۳۴ ^{**}	۱	دمای هیدروپرایمینگ (C)
۰/۰۵۶ ^{ns}	۰/۹۱ ^{**}	۰/۶۸ [*]	۵/۳ ^{**}	۰/۸۵ ^{**}	۰/۴۴ ^{**}	۹۰ ^{**}	۴	A×B
۰/۰۵۶ ^{ns}	۲/۱۳ ^{**}	۲/۱۳ ^{ns}	۸/۲۶ ^{**}	۱/۳۰ ^{**}	۰/۳۹ ^{ns}	۴۳ [*]	۱۶	A×C
۰/۰۶۶ ^{ns}	۱/۰۶ ^{**}	۱۸/۷۴ ^{**}	۶/۳۷ [*]	۱/۲۲ ^{**}	۱۱/۹۹ ^{**}	۲۴۹۰ ^{**}	۴	B×C
۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۳/۲۲ ^{ns}	۰/۵۷ ^{**}	۰/۲۷ ^{ns}	۴۱ ^{**}	۱۶	A×B×C
۰/۰۵۴	۰/۵۱	۰/۲۸	۱/۹۹	۰/۲۴	۰/۱۸	۱۵	۸۸	خطای آزمایش
۰/۷۵	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۲۱	۲		ضریب تغییرات (/)

** معنی‌داری در سطح یک درصد؛ * معنی‌دار در سطح ۵ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار
 FGP: درصد نهایی جوانه‌زنی؛ MDG: میانگین روزانه جوانه‌زنی؛ MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی؛ CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی؛ TI: ضریب تیمسون؛ T50: زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی؛ CUG: ضریب یکنواختی جوانه‌زنی

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر دما و زمان هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های مختلف رشد در پنج جمعیت خارمریم (اهواز، ساری، اصفهان، دزفول و گچساران)

میانگین مربعات							درجه آزادی	منبع تغییر
VI2	VI1	SDW	RDW	CA	LS	LR		
۰/۳۱ [*]	۲۰۲۲۵ ^{**}	۰/۰۳۴ ^{**}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{**}	۰/۸۰ ^{ns}	۲/۳۲ ^{**}	۴	جمعیت (A)
۲/۱۰ ^{**}	۱۲۲۸۴۷ ^{**}	۰/۰۶۹ ^{**}	۰/۰۱۰ ^{**}	۰/۰۵۵ ^{**}	۱/۳۶ ^{**}	۵/۵۷ ^{**}	۴	زمان هیدروپرایمینگ
۵۰/۸۴ ^{**}	۵۹۷۸۵۸۱ ^{**}	۰/۱۰۲ ^{**}	۰/۰۱۶ ^{**}	۰/۰۳۷ ^{**}	۳/۰۰ ^{**}	۱۵۲/۱۳ ^{**}	۱	دمای هیدروپرایمینگ
۰/۴۹ ^{**}	۱۰۷۸۸ ^{**}	۰/۰۴۰ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۰/۱۹ ^{**}	۱/۲۲ ^{**}	۴	A×B
۰/۴۴ ^{**}	۱۷۷۵۰ ^{**}	۰/۰۷۳ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{**}	۰/۱۵ ^{ns}	۲/۱۸ ^{**}	۱۶	A×C
۵/۶۸ ^{**}	۲۴۲۴۶۷ ^{**}	۰/۰۷۱ ^{**}	۰/۰۱۵ ^{**}	۰/۰۴۴ [*]	۱/۸۱ ^{**}	۲/۸۳ ^{**}	۴	B×C
۰/۶۴ ^{**}	۲۱۵۰۴ ^{**}	۰/۰۸۱ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{**}	۰/۱۶ [*]	۱/۳۱ ^{**}	۱۶	A×B×C
۰/۰۹	۳۳۳۷	۰/۰۰۷	۱/۶۶	۰/۰۰۲	۰/۰۸	۰/۱۹	۸۸	خطای آزمایش
۰/۲۵	۳۱	۱/۴۴	۱/۵۸	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۶		ضریب تغییرات

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns غیرمعنی‌دار
 LR: طول ریشه‌چه، LS: طول ساقه‌چه، CA: ضریب آلومتری، RDW: وزن خشک ریشه‌چه، SDW: وزن خشک ساقه‌چه، VI1: شاخص ویگور ۱، VI2: شاخص ویگور ۲

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر دما و مدت‌زمان (ساعت) هیدروپرایمینگ روی برخی شاخص‌های جوانه‌زنی در پنج جمعیت گیاه خارمریم

FGP	MGD	MGT	CVG	TI	T50	CUG	زمان (ساعت)	دمای هیدروپرایمینگ	جمعیت
۸۵c-h	۶/۱c-h	۶/۲۳g-m	۱/۶c-f	۷/۶۱c-h	۵/۵۴e-k	۰/۷a	شاهد		اهواز
۷۸h-k	۵/۶h-k	۶/۲۸f-m	۱/۵۹c-g	۷/۲h-k	۵/۲۷f-l	۰/۲۶c-f	۱۰	۱۰°C	
۸۲e-j	۵/۹e-j	۶/۱۶g-m	۱/۶۲c-f	۷/۳۸e-j	۵/۷۳d-j	۰/۳۸a-f	۲۴	۱۰°C	
۸۸b-f	۶/۲b-f	۶/۸۹b-k	۱/۴۶d-k	۷/۸۵b-f	۵/۷۳d-j	۰/۲۷c-f	۴۸	۱۰°C	
۹۳ab	۶/۶ab	۵/۱۷l-m	۱/۹۳ab	۸/۳۳ab	۴/۲۶kl	۰/۳c-f	۷۲	۱۰°C	
۶۵l	۴/۶l	۶/۵۱d-k	۱/۵۳c-i	۵/۸۳l	۵/۵۱e-k	۰/۳۵b-f	۱۰	۲۵°C	
۷۳k	۵/۲k	۷/۳۳a-h	۱/۳۶e-k	۶/۵k	۶/۱۲c-i	۰/۱۹ef	۲۴	۲۵°C	
۵۳no	۳/۸no	۷/۴۹a-f	۱/۳۴f-k	۴/۷۶no	۶/۵a-f	۰/۲۷c-f	۴۸	۲۵°C	
۴۹o	۳/۵o	۷/۶۱a-e	۱/۳۱g-k	۴/۴o	۶/۷۵a-e	۰/۲۶c-f	۷۲	۲۵°C	
۷۴i-k	۵/۵i-k	۶/۳۲f-l	۱/۵۸c-h	۶/۹i-k	۵/۸۲d-j	۰/۶۸ab	شاهد		
۹۲a-c	۶/۵a-c	۶/۵۵d-k	۱/۵۴c-i	۸/۲۱a-c	۵/۳۳f-l	۰/۱۵f	۱۰	۱۰°C	
۹۲a-c	۶/۵a-c	۶/۹b-h	۱/۴۴d-k	۸/۲۱a-c	۶/۱۶c-i	۰/۱۹ef	۲۴	۱۰°C	
۹۰a-d	۶/۴a-d	۶/۸۱b-k	۱/۴۶c-k	۸/۰۹a-d	۵/۸۲d-j	۰/۱۱f	۴۸	۱۰°C	
۹۳ab	۶/۶ab	۵/۱m	۱/۹۷a	۸/۳۳ab	۴/۰۹l	۰/۲۸c-f	۷۲	۱۰°C	
۸۵c-h	۶/۱c-h	۶/۲۷f-m	۱/۵۹c-g	۷/۶۱c-h	۵/۲۵f-l	۰/۳۵b-f	۱۰	۲۵°C	
۷۶jk	۵/۴jk	۸ab	۱/۲۶j-k	۶/۷۸jk	۷/۴۶ab	۰/۱۷ef	۲۴	۲۵°C	
۵۸mn	۴/۱mn	۷/۹۲a-c	۱/۲۶j-k	۵/۲۳mn	۷/۲۴a-c	۰/۳c-f	۴۸	۲۵°C	
۶۱lm	۴/۳lm	۶/۲۵h-m	۱/۶۲c-e	۵/۴۷lm	۵/۶۶e-j	۰/۱۸ef	۷۲	۲۵°C	
۸۰g-k	۵/۷g-k	۷/۱۵b-i	۱/۴e-k	۷/۱۴g-k	۶/۴۷a-g	۰/۳۱c-f	شاهد		اصفهان
۹۸ b-e	۶/۳ b-e	۶/۴۴ d-k	۱/۵۵c-h	۷/۹۷ b-e	۵/۴۳e-k	۰/۳۷b-f	۱۰	۱۰°C	
۹۲a-c	۶/۵a-c	۶/۳۲f-l	۱/۵۸c-h	۸/۲۱a-c	۵/۵۵e-k	۰/۳c-f	۲۴	۱۰°C	
۸۶b-g	۳/۴n	۶/۲۸f-m	۱/۶c-f	۷/۷۳b-g	۵/۰۴kl	۰/۱۶ef	۴۸	۱۰°C	
۸۶ b-g	۶/۱ b-g	۵/۹i-m	۱/۷c-e	۷/۷۳b-g	۴/۶۶j-l	۰/۱۷ef	۷۲	۱۰°C	
۷۶jk	۵/۴jk	۷/۱۸a-h	۱/۳۹k	۶/۷۸jk	۶/۳۳b-h	۰/۳۱c-f	۱۰	۲۵°C	
۶۶l	۴/۷l	۸/۴a	۱/۱e-k	۵/۹l	۷/۶۵a	۰/۱۹ef	۲۴	۲۵°C	
۴۸o	۳/۴o	۷/۳۷a-g	۱/۳۵f-k	۴/۲۸o	۷/۲۵a-c	۰/۱۹ef	۴۸	۲۵°C	
۴۹o	۳/۵o	۷/۲۹a-h	۱/۳۸e-k	۴/۴o	۶/۰۸c-i	۰/۲۱۸c-f	۷۲	۲۵°C	
۸۲ j-e	۵/۹ j-e	۶/۳۸ e-k	۱/۵۶c-h	۷/۳۸ j-e	۵/۷۲d-j	۰/۵۵a-d	شاهد		
۸۶b-g	۶/۱b-g	۶/۴۱e-k	۱/۵۶c-h	۷/۷۳b-g	۵/۵e-k	۰/۳۲c-f	۱۰	۱۰°C	
۸۲e-j	۵/۹e-j	۶/۸۶b-k	۱/۴۶d-k	۷/۳۸e-j	۶/۰۹c-i	۰/۲۵c-f	۲۴	۱۰°C	
۹۳ab	۶/۶ab	۵/۸j-m	۱/۷c-e	۸/۳۳ab	۴/۹۶i-l	۰/۲۷c-f	۴۸	۱۰°C	
۹۰a-d	۶/۴a-d	۶/۰۸h-m	۱/۶۵c-e	۸/۰۹a-d	۵/۱۴g-l	۰/۱۷ef	۷۲	۱۰°C	
۸۸b-f	۶/۲b-f	۶/۶۱d-k	۱/۵۱c-j	۷/۸۵b-f	۵/۵e-k	۰/۲۹c-f	۱۰	۲۵°C	
۷۶jk	۵/۴jk	۷/۶۶a-e	۱/۳۱g-k	۶/۷۸jk	۶/۴۷a-g	۰/۲۱d-f	۲۴	۲۵°C	
۵۷mn	۴lm	۷/۱۹b-h	۱/۳۹k	۵/۱۱mn	۶/۶۹a-e	۰/۳۸a-f	۴۸	۲۵°C	
۳۸p	۲/۷o	۶/۸۱b-k	۱/۵۱c-j	۳/۴۵p	۵/۸۶d-j	۰/۲۲c-f	۷۲	۲۵°C	
۸۱f-j	۵/۸f-j	۶/۴۸d-k	۱/۵۴c-i	۷/۲۶f-j	۵/۷۹d-j	۰/۵۲a-e	شاهد		
۸۱fj	۵/۸f-j	۶/۷۱c-k	۱/۴۹c-j	۷/۲۶f-j	۵/۸۶d-j	۰/۵۶a-c	۱۰	۱۰°C	گچساران
۸۰g-k	۵/۷g-k	۷/۲۹a-h	۱/۳۷e-k	۷/۱۴g-k	۶/۳۹a-g	۰/۳۹a-e	۲۴	۱۰°C	
۸۴d-i	۶d-i	۶/۳۶f-l	۱/۵۹c-g	۷/۵d-i	۵/۱۳g-l	۰/۱۹ef	۴۸	۱۰°C	
۹۷a	۶/۹a	۶/۵۳d-k	۱/۵۴c-i	۸/۶۹a	۶/۸a-e	۰/۳۳c-e	۷۲	۱۰°C	
۸۰g-k	۵/۷g-k	۷/۱b-j	۱/۴۲d-k	۷/۱۴g-k	۶/۱۳c-i	۰/۱۸ef	۱۰	۲۵°C	
۶۰l	۴/۷l	۷/۹ab	۱/۲۶i-k	۵/۹l	۷/۰۴a-d	۰/۲۶c-e	۲۴	۲۵°C	
۵۰o	۳/۶n	۵/۷k-m	۱/۷a-c	۴/۵o	۴/۵۶j-l	۰/۳۵b-f	۴۸	۲۵°C	
۴۶o	۳/۳n	۶/۱۶g-m	۱/۶۲c-e	۴/۱۶o	۵/۰۲k-l	۰/۳۹a-e	۷۲	۲۵°C	

FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی، MGD: میانگین روزانه جوانه‌زنی، MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی، CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی، TI: ضریب تیمسون، T50: زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، CUG: ضریب یکنواختی جوانه‌زنی

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۵) نمی‌باشند.

نصراصفهانی و محمدیان: تأثیر هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه...

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر دما و مدت‌زمان هیدروپرایمینگ روی پارامترهای رشد گیاهچه در پنج جمعیت گیاه خارمریم

طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)	ضریب آلومتری	وزن خشک ساقه (g)	وزن خشک ریشه (g)	شاخص شاخص ویگور ۱	شاخص ویگور ۲	زمان (ساعت)	دمای هیدروپرایمینگ	جمعیت
۷/۴۶ mn	۲/۶a-d	۰/۳۵c-e	۰/۰۳۶۲a-i	۰/۰۱۱۴ a-f	۸۶۲f-i	۴/۰۶b-e	شاهد		
۹/۱۵b-g	۲/۷۵ab	۰/۳f-m	۰/۰۳۳۹d-i	۰/۰۱۱۵ a-f	۹۳۵d-f	۳/۵۷e-h	۱۰		
۸/۶ e-j	۲/۰۶e-l	۰/۲۴۶g-m	۰/۰۳۳۱e-i	۰/۰۱۱۴ a-f	۸۸۲fg	۳/۶۷d-h	۲۴	۱۰°C	
۸/۸ d-i	۲/۱d-l	۰/۲۴۶b-k	۰/۰۳۷۵a-g	۰/۰۱۲۲ a-e	۹۶۰c-f	۴/۳۸a-c	۴۸		اهواز
۹/۱۶ b-g	۲/۶۶a-d	۰/۲۹l-m	۰/۰۳۳۲d-i	۰/۰۱۱۴ a-f	۱۱۰۴ab	۴/۱۶a-e	۷۲		
۷/۲۶ n	۱/۸۱j-m	۰/۲۴۸d-k	۰/۰۳۲۸f-i	۰/۰۱۳۲ ab	۵۹۲l-n	۳ij	۱۰		
۷/۱ n	۱/۵lm	۰/۱۷a-h	۰/۰۳۲۸a-f	۰/۰۱۱۶ a-f	۷۴۹i-k	۳/۶۵d-h	۲۴	۲۵°C	
۵/۴ o	۱/۴lm	۰/۲۷a-f	۰/۰۳۶a-i	۰/۰۰۹۷ e-h	۳۷۲q	۲/۴۴j-l	۴۸		
۹/۱۶b-g	۴/۴۸ah	۰/۳۳a-e	۰/۰۳۱۲i	۰/۰۱۱۴ a-f	۴۹۱n-p	۲/۱l	۷۲		
۷/۱۶ n	۲/۷۲a-c	۰/۳۸bc	۰/۰۳۷a-h	۰/۰۱۰۱d-h	۷۶۴h-k	۳/۶۴d-h	شاهد		
۹/۳۶ a-e	۲f-l	۰/۲۱k-o	۰/۰۳۶۳a-i	۰/۰۱۱۱a-f	۱۱۰۵b-d	۴/۳۷a-c	۱۰		
۸/۶۳ e-j	۲/۵۵a-g	۰/۲۹d-k	۰/۰۳۲۱hi	۰/۰۱۱۱a-f	۱۰۳۰b-d	۳/۹۸b-f	۲۴	۱۰°C	
۸/۶۲ e-j	۱/۹۳h-m	۰/۲۲i-o	۰/۰۳۶۱a-i	۰/۰۱۲۲a-e	۹۵۶c-f	۴/۳۸a-c	۴۸		ساری
۸/۹۶ d-i	۲/۱۳d-k	۰/۲۳h-o	۰/۰۳۲۳g-i	۰/۰۱۱۷a-f	۱۰۳۶b-d	۴/۱۱a-e	۷۲		
۷/۶۶k-n	۱/۸۱i-m	۰/۲۴h-o	۰/۳۲hi	۰/۰۱۱۱ a-f	۸۱۳g-j	۳/۶۲d-h	۱۰		
۷/۸۲j-n	۱/۵۱lm	۰/۳m-o	۰/۳۳۹d-i	۰/۰۱۱۱ a-f	۷۱۳jk	۳/۴f-i	۲۴	۲۵°C	
۶/۱۱ o	۱/۸۱j-m	۰/۲۹d-j	۰/۳۸۶a-d	۰/۰۱۱۱a-e	۴۶۳o-q	۲/۹i-k	۴۸		
۶/۱۷ o	۲/۲۱b-k	۰/۳۵۸c-e	۰/۴۰۸a	۰/۰۱۱۵a-f	۵۱۴no	۳/۲۱hi	۷۲		
۷/۵۱ l-n	۲/۷۷ab	۰/۳۸bc	۰/۰۳۹۵a-c	۰/۰۱۲۵a-d	۸۲۲g-i	۴/۱۶a-e	شاهد		
۹/۲۳ a-f	۲/۱۱ d-k	۰/۲۲۹ i-o	۰/۰۳۶۳a-i	۰/۰۱۰۸ a-f	۱۰۱۳b-e	۴/۲۱a-d	۱۰		
۸/۸۷d-i	۲/۵۶a-f	۰/۲۸۹e-l	۰/۰۳۷۴a-h	۰/۰۱۲۲a-f	۱۰۵۱bc	۴/۵۷ab	۲۴		اصفهان
۸/۸۵ d-i	۱/۹۶g-l	۰/۲۲i-o	۰/۰۳۵۵a-i	۰/۰۱۲۴a-d	۹۵۰c-f	۴۰/۱۵a-e	۴۸	۱۰°C	
۹/۰۹ b-h	۲/۵۶ a-f	۰/۲۸۲e-m	۰/۰۳۴۵b-i	۰/۰۱۰۴c-f	۱۰۰۹b-e	۳/۸۸c-g	۷۲		
۵/۷۷ o	۱/۷۲j-m	۰/۲۹۷d-j	۰/۰۳۶۷a-h	۰/۰۱۲۱a-e	۵۷۱mn	۳/۷d-h	۱۰		
۵/۹۴ o	۱/۶۴k-n	۰/۲۷e-m	۰/۰۳۴۲c-i	۰/۰۰۹۳f-h	۵۰۵no	۲/۸۹i-k	۲۴		
۶/۱ o	۲f-l	۰/۳۳c-g	۰/۰۳۹۶ab	۰/۰۱۱a-e	۳۸۹pq	۲/۴۳j-l	۴۸	۲۵°C	
۶/۲۷ o	۲/۷۹a	۰/۴۸۵ab	۰/۰۱۸j	۰/۰۱۰۴c-f	۴۴۷o-q	۱/۳۱m	۷۲		
۸/۳۴ g-k	۲/۶۱a-e	۰/۳۱۲ c-h	۰/۰۳۸۳a-e	۰/۰۱۰۷b-f	۹۰۸e-g	۴/۰۶b-e	شاهد		
۸/۲۶ n-l	۲/۱۶c-k	۰/۲۶۲f-n	۰/۰۳۷۱a-h	۰/۰۱۱۱a-f	۹۰۴e-g	۴/۲۱a-d	۱۰		
۹/۰۳ c-h	۲/۰۶e-l	۰/۲۸e-m	۰/۰۳۳۵d-i	۰/۰۱۱۴a-f	۹۵۵c-f	۳/۷۲d-h	۲۴	۱۰°C	
۹/۲۸ a-e	۱/۹۶g-l	۰/۲۲۲i-o	۰/۰۳۴۸b-i	۰/۰۱۲۲a-e	۱۰۵۸bc	۴/۳۹a-c	۴۸		دزفول
۹/۶۱ a-d	۲/۵۶a-f	۰/۲۵۲g-o	۰/۰۴۰۸a	۰/۰۱۰۲c-g	۱۰۹۱ab	۴/۵۸ab	۷۲		
۷/۴mn	۱/۷۲j-m	۰/۲۲۴i-o	۰/۰۳۳۷d-i	۰/۰۱۳۴a	۸۰۲g-j	۴/۱۴a-e	۱۰		
۷/۱ n	۱/۶۴k-n	۰/۲۳۹h-o	۰/۰۳۴۷b-i	۰/۰۰۹۴f-h	۶۶۹k-m	۳/۷۲d-h	۲۴	۲۵°C	
۶/۲ o	۲f-l	۰/۲۸۳e-m	۰/۰۳۴۲c-i	۰/۰۱۱۷a-f	۴۵۷o-q	۲/۶j-l	۴۸		
۸/۱۴ l-m	۲/۷۹a	۰/۳۱۲c-h	۰/۰۱۵۶j	۰/۰۰۶۵i	۴۰۹o-q	۰/۸۵m	۷۲		
۸/۷۷ d-i	۲/۴۲a-i	۰/۲۷۶f-n	۰/۰۳۶۳a-i	۰/۰۱۰۷b-f	۹۱۰e-g	۳/۸۲c-g	شاهد		
۸/۳۹ f-k	۲/۱۲d-k	۰/۲۵۲g-o	۰/۰۳۷۷a-g	۰/۰۱۰۵c-f	۸۵۵f-i	۳/۹۲c-g	۱۰		
۹/۷۷a-c	۲/۱d-k	۰/۲۱۶j-o	۰/۰۳۶۹a-h	۰/۰۱۲۸a-c	۹۵۰c-f	۳/۹۸b-f	۲۴	۱۰°C	
۱۰ a	۲/۰۷e-l	۰/۳m-o	۰/۰۳۶۶a-i	۰/۰۱۳۴a	۱۰۱۵b-e	۴/۲۱a-d	۴۸		گچساران
۹/۸۹ ab	۲/۳a-j	۰/۲۳h-o	۰/۰۳۷۱a-h	۰/۰۱۱۳a-f	۱۱۸۸a	۴/۷۱a	۷۲		
۷/۱۱ n	۱/۳۶m	۰/۱۹۲no	۰/۰۳۴۵b-i	۰/۰۱۲۷a-d	۶۷۹kl	۳/۷۷c-h	۱۰		
۷/۰۸ n	۱/۵lm	۰/۲۱۲l-o	۰/۰۳۴۶b-i	۰/۰۰۷۹g-i	۵۷۲mn	۲/۸۳i-k	۲۴	۲۵°C	
۷/۰۵ n	۱/۹۸f-l	۰/۲۸۱e-m	۰/۰۳۴۳b-i	۰/۰۱۲۸a-c	۴۵۷o-q	۲/۳۸kl	۴۸		
۵/۵ o	۲/۶۷a-d	۰/۴۸a	۰/۰۴۰۸a	۰/۰۱۲۵a-d	۳۸۱q	۲/۴۸j-l	۷۲		

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه دانکن دارای تفاوت معنی‌دار (سطح احتمال ۵٪) نمی‌باشند

درجه سانتی‌گراد به میزان معنی‌داری کاهش نشان داد. به‌علاوه، مقایسه پاسخ شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد به دوره‌های مختلف هیدروپرایمینگ در پنج جمعیت مورد بررسی نشان داد که بهترین دوره هیدروپرایمینگ برای جمعیت‌های اهواز و گچساران ۷۲ ساعت، برای ساری و دزفول ۴۸ و ۷۲ ساعت و برای اصفهان ۱۰ و ۲۴ ساعت می‌باشد؛ بنابراین، هیدروپرایمینگ شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه را در بذر خارمریم بهبود بخشد ولی تأثیر هیدروپرایمینگ در جمعیت‌های مختلف خارمریم به شرایط پرایمینگ (دما و دوره) وابسته بود و به این ترتیب، برای موفقیت در هیدروپرایمینگ تعیین دما و دوره مناسب برای هر جمعیت خارمریم الزامی می‌باشد.

در جمعیت‌های اهواز، اصفهان و دزفول، تیمارهای هیدروپرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد روی شاخص بنیه گیاهچه ۲ تأثیر معنی‌داری نداشت ولی در تیمارهای ۱۰ و ۴۸ ساعت هیدروپرایمینگ جمعیت ساری و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ جمعیت گچساران، این شاخص افزایش معنی‌دار را در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که در پنج جمعیت مورد بررسی، شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد در حالی که این شاخص‌ها در بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۲۵

منابع

- فلاح حسینی، ح.، همتی مقدم، ا.ر. و علویان، س.م. ۱۳۸۳. مروری بر گیاه دارویی خارمریم. گیاهان دارویی، ۱۱(۳): ۲۴-۱۴.
- Adebisi, M.A., akintoye, S.O., Kehinde, T.O., and Adekunle, M.F. 2011. Seed priming for improved seedling emergence and vigour of cordia (*Cordia millenii*) seed. Research Journal of Seed Science, 4: 137-147.
- Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.
- Bassel, G.W., Fung, P., Chow, T.F.F., Foong, J.A., Provar, N.J., and Cutler, S.R. 2008. Elucidating the germination transcriptional program using small molecules. Plant physiology, 147(1): 143-155.
- Bijanzadeh, E., Nosrati, K., and Egan, T. 2010. Influence of seed priming techniques on germination and emergence of rapeseed (*Brassica napus* L.). Seed Science and Technology, 38(1): 242-247.
- Buitink, J., Vu, B.L., Pascale, S., and Leprince, O. 2003. The re-establishment of desiccation tolerance in germinated radicles of *Medicago truncatula* gaertn seeds. Seed Science Research 13(4): 273-286.
- Caseiro, R., Bennett, M.A., and Marcos-Filho, J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. Seed Science and Technology, 32: 365-375.
- Chen, K., and Arora, R. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. Environmental and Experimental Botany, 94: 33-45.
- El-Araby, M.M., Moustafa, S.A., Ismail, A.I., and Hegazi, A.Z.A. 2006. Hormone and phenol levels during germination and osmopriming of tomato seeds, and associated variations in protein patterns and anatomical seed features. Acta Agronomica Hungarica, 54(4): 441-458.

- El-Saidy, A.E.A., Farouk, S., and El-Ghany, H.M.A. 2011. Evaluating of different seed priming on seedling growth, yield and quality componenets in two sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Trends in Applied Sciences Research, 6(9): 977-991.
- Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., and Rehman, H. 2008a. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(2): 161-168.
- Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Wahid, A., Khaliq, A., and Cheema, M.A. 2008b. Exploring the role of calcium to improve chilling tolerance in hybrid maize. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(5): 350-359.
- Farooq, M., Basar, S.M.A., Afzal, I., and Khaliq, A. 2006a. Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology, 34(2): 507-512.
- Farooq, M., Basar, S.M.A., Ahmad, N., and Murtaza, G. 2009. Enhancing the performance of transplanted coarse rice by seed priming. Paddy and Water Environment, 7(1): 55-63.
- Farooq, M., Basar, S.M.A., and Hafeez, K. 2006b. Seed invigoration by osmohardening in fine and coarse rice. Seed Science and Technology, 34(1): 181-187.
- Farooq, M., Basar, S.M.A., Khalid, M., Tabassum, R., and Mehmood, T. 2006c. Nutrient homeostasis, reserves metabolism and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. Botany, 84(8): 1196-1202.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H., and Hussain, M. 2008c. Seed priming with polyamines improve the germination and early seedling growth in fine rice. Journal of New Seeds, 9(2): 145-155.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H., and Saleem, B.A. 2008d. Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(1): 55-60.
- Farooq, M., Aziz, T., ur Rehman, H., ur Rehman, A., and Cheema, S. A. 2011. Evaluating surface drying and re-drying for wheat seed priming with polyamines: effects on emergence, early seedling growth and starch metabolism. Acta physiologiae plantarum, 33(5): 1707-1713.
- Farooq, M., Wahid, A., Ahmad, N., and Asad, S.A. 2010. Comparative efficiency of surface drying and re-drying seed priming in rice: Changes in emergence, seedling growth and associated metabolic events. Paddy and Water Environment, 8(1): 15-22.
- Fessehazion, M.K. 2005. Predicting and improving seedling emergence of three vegetable crops. Ph.D thesis, University of Pretoria.
- Iqbal, M., and Ashraf, M. 2007. Seed treatment with auxins modulates growth and ion partitioning in salt-stressed wheat plants. Journal of Integrative Plant Biology, 49: 1003–1015.
- Gallardo, K., Job, C., Groot, S.P.C., Puype, M., Demol, H., Vandekerckhove, J., and Job, D. 2001. Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. Plant Physiology, 126: 835-848.
- Giri, G.S., and Schillinger, W.F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. Crop Science, 43(6): 2135-2141.
- Hampton, J.G. 2002. What is seed quality. Seed Science and Technology, 30(1): 1-10.
- Jisha, K.C., Vijayakumari, K., and Puthur, J.T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: An review. Acta Physiologia Plantarum, 35(5): 1381-1396.
- Karkanisa, A., Bilalis, D., and Efthimiadou, A. 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. Industrial Crops and Products, 34(1): 825-830.

- Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y., and Kolsarici O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus abbuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(4): 291-295.
- Korkmaz, A., and Korkmaz, Y. 2009. Promotion by 5-aminolevulinic acid of pepper seed germination and seedling emergence under low-temperature stress. *Scientia Horticulturae*, 119(2): 98-102.
- Nakaune, M., Hanada, A., Yin, Y.G., Matsukura, C., Yamaguchi, S., and Ezura, H. 2012. Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short-term low-concentration salt seed priming in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 52: 28-37.
- Papastylianou, P.T., and Karamanos, A.J. 2012. Effect of osmopriming treatments with mannitol on cottonseed germination performance under suboptimal conditions. *Seed Science and Technology*, 40(2): 248-258.
- Rahimi, A. 2013. Seed priming improves the germination performance of cumin (*Cuminum syminum* L.) under temperature and water stress. *Industrial Crops and Products*, 42: 454-460.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., and Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63: 507-533.
- Ranal, M.A., and Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, 29(1): 1-11.
- Rithichai, P., Sampantharat, P., and Jirakiattikul, Y. 2009. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed quality as affected by accelerated aging and subsequent hydropriming. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 217-221.
- Srivastava, A.K., Lokhande, V.H., Patade, V.Y., Suprasanna, P., Sjahril, R., and Dsouza, S.F. 2010. Comparative evaluation of hydro-, chemo-, and hormonalpriming methods for imparting salt and peg stress tolerance in indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(6): 1135-1144.
- Subramaniam, S., Vaughn, K., Carrier, D., and Clausen, E.C. 2008. Pretreatment of milk thistle seed to increase the silymarin yield: an alternative to petroleum ether defatting. *Bioresource Technology*, 99(7): 2501-2506.
- Sung, Y., Cantliffe, D.J., Nagata, R.T., and Nascimento, W.M. 2008. Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(2): 300-311.
- Tiryaki, I., Kizilsimsek, M., and Kaplan, M. 2009. Rapid and enhanced germination at low temperature of alfalfa and white clover seeds following osmotic priming. *TG: Tropical Grasslands*, 43(3): 171-177.
- Wahid, A., Saher, S., Perveen, M., Gelani, S., Basar, S.M.A., and Farooq, M. 2008. Seed pretreatment with hydrogen peroxide improves heat tolerance in maize at germination and seedling growth stages. *Seed Science and Technology*, 36(3): 633-645.
- Yadav, P.V., Kumari, M., and Ahmed, Z. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Research Journal of Seed Science*, 4: 125-136.
- Yagmur, M., and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic strength of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal of Biotechnology*, 7(13): 2156-2162.
- Zhuo, J., Wang, W., Lu, Y., Sen, W., and Wang, X. 2009. Osmopriming-regulated changes of plasma membrane composition and function were inhibited by phenylarsine oxide in soybean seeds. *Journal of Integrative Plant Biology*, 51: 858-867.

The Effect of Hydropriming on Germination Performance and Seedlings Growth in Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seeds

Maryam NasrEsfahani*, Sahar Mohammadiyan

Biology Department, Science Faculty, Lorestan University, Lorestan, Iran

*Corresponding author, E-mail address: esfahani.m@lu.ac.ir

(Received: 06.07.2015 ; Accepted: 26.01.2016)

Abstract

Efficient seed germination and rapid and uniform seedling emergence are important in commercial agriculture. Therefore, the use of strategies to improve germination and seedling establishment is necessary for increasing productivity. Hydropriming has been suggested as a simple pre-germination strategy to improve seed performance. In this study, the effects of different durations of hydropriming (10, 24, 48 and 72 hours) at different temperatures (10 and 25 °C) compared to unprimed seeds on the vigor and germination performance of five milk thistle accessions (Ahvaz, Sari, Esfahan, Dezfol and Gachsaran) were evaluated. An experiment was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Germination performance was evaluated by final germination percentage, mean daily germination, mean germination time, coefficient of velocity of germination, Timson's index, time to reach 50% the final germination percentage, germination value, coefficient of uniformity of germination, length and dry weight of seedlings and vigor index. The results show that germination capacity, germination rate and seedling vigor indexes increase significantly in hydroprimed seeds at temperature of 10°C, whereas decrease in hydroprimed seeds at temperature of 25°C. Our results also show that the efficacy of hydropriming on seedling emergence and vigor traits depends on the priming duration and temperature. Hydropriming at 10°C indicated the most effective on germination indicators and seedling vigor when compared to unprimed seeds. In addition, the comparison of germination and growth indicators in different durations of hydropriming in five milk thistle accessions indicated that the best duration of hydropriming for Ahvaz and Gachsaran is 72h, for Sari and Dezfol is 48 and 72h and for Esfahan is 10 and 24h. Therefore, the effect of hydropriming on germination performance and seedling vigor depends on plant association and hydropriming time and therefore, the selection of the best condition for hydropriming will improve the seed germinability and vigor.

Keywords: *Seed vigor, Priming, Coefficient of uniformity of germination, Coefficient of velocity of germination*