"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
(ص ۱۱۹-۱۰۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 3, Autumn 2021
(pp: 101-119)
DOI: 10.22034/ijsst.2021.353719.1386
Research Article

اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک (*Securigera securidaca*) تحت تنش دمای پایین

آرزو اسپنانی[۱]، فرزاد شریف‌زاده[۲*]، محمد رضا نقوی[۳]

۱. دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران
۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸)

چکیده

در این تحقیق، اثر تیمارهای پرایمینگ بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی عدس‌الملوک در شرایط تنش دمای پائین مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا بذرها در معرض هشت سطح دمائی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. سپس تیمارهای آزمایشی شامل پرایمینگ های مختلف (هیدروپرایم، اسموپرایم شامل نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم و عدم پرایم) جهت بهبود خصوصیات جوانه‌زنی تحت تنش دمای پائین مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که درجه حرارت به طور معنی‌دار سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌نی، طول و وزن خشک گیاهچه، درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر شد. تیمار ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بیشترین درصد جوانه‌زنی، تیمار ۱ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بیشترین وزن خشک گیاهچه و تیمارهای ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین درصد گیاهچه نرمال را به خود اختصاص دادند اما تیمار هیدروپرایم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و بنیه بذر را دارا بود و همچنین در صفت درصد گیاهچه نرمال نیز جز بهترین تیمارها محسوب شد. بنا براین تیمار هیدرو پرایم را به لحاظ این که در اکثر صفات جوانه‌زنی بهتر بوده و انجام آن ساده تر و ارزان تر می باشد می توان به عنوان تیمار مناسب برای این گیاه معرفی نمود.

کلمات کلیدی: کلرید کلسیم، نیترات پتاسیم، هیدروپرایمینگ، تنش دمای پائین، جوانه‌زنی

The effect of different priming treatments on germination traits of *Securigera securidaca* seeds under low temperature stress

A. Espanani[1], F. Sharifzadeh[*2] and M.R. Naghavi[3]

1. Ph.D. Student of Seed Science and Technology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
2. Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
(Received: Feb. 22, 2021 – Accepted: Jun. 29, 2021)

Abstract

In this research, the effect of different seed priming treatments was investigated on seed germination parameters of *Securigera securidaca* seeds in the low temperature stress conditions. Seeds first were exposed to eight temperature levels (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C). Experimental treatments included different priming (hydropriming, osmopriming including potassium nitrate and calcium chloride and no priming). The results showed that temperature significantly reduced germination percentage and rate, seedling length and seedling dry weight, normal seedling percentage and seed vigor. 5 mM of calcium chloride treatment at 10°C for 20 h had the highest germination percentage, and 1% of potassium nitrate treatment at 10°C for 20 hours had the maximum seedling dry weight and 0.5% of potassium nitrate at 10°C for 20 hours and 10 mM of calcium chloride treatments at 15°C for 20 hours had the highest percentage of normal seedlings. Hydropriming treatment at 15°C for 20 hours had the highest germination rate, seedling length and seed vigor and was also one of the best treatments in terms of normal seedling percentage. So this treatment can be introduced as a suitable treatment for this plant because it is better in most germination traits and it is easier and cheaper to do.

Keywords: Calcium Chloride, Potassium Nitrate, Hydropriming, Cold stress, germination

* Email: sharifz@ut.ac.ir

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی هستند که جایگزین داروهای شیمیایی شده‌اند زیرا در مقایسه با آنها کمترین عوارض جانبی را دارند. علاوه بر این، این گیاهان دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی فراوانی مانند برخی از ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها، کومارین‌ها، استرول‌ها و توکوفرول هستند (Ahmadipour *et al.*, 2015). گرایش روزافزون به سمت طب گیاهی در درمان بیماری ها چه در سطح جهانی و چه در داخل کشور تقاضا را برای استفاده از گیاهان دارای مواد ارزشمند افزایش داده است اما از آنجایی که این گیاهان به صورت خودرو رویش می‌یابند، جمع آوری آنها برای صنایع دارویی کافی نیست، بنابراین لزوم کشت انواع گیاهان دارویی اجتناب ناپذیر می‌شود (Karkanisa *et al.*, 2011). از این رو به منظور حفاظت از گونه‌های گیاهی ارزشمند از نظر دارویی، کشت و پرورش گیاهان دارویی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Tiwari and Das, 2014). *Securigera securidaca* گیاه علفی، دو لپه و یکساله متعلق به خانواده Fabaceae است که در غرب آسیا، اروپا و آفریقا (Garjani *et al.*, 2009) و در ایران در استان تهران و اطراف آن، فارس، آذربایجان شرقی و در استان‌های خوزستان و شمالی رویش می‌یابد (Ghahraman, 1988). گزارش شده است که برای درمان اختلالات مختلف از جمله چربی خون، دیابت، صرع، فشار خون، سودمند است (Garjani *et al.*, 2009). تجزیه و تحلیل فیتوشیمیایی عصاره‌های اتانولی و آبی دانه‌های *Securigera securidaca* وجود فنل، فلاونوئید، آلکالوئید، ساپونین، کومارین ها، استرول‌ها، توکوفرول و تانن را نشان داد که اثرات دارویی بسیاری ایجاد می کنند (Baharvand-Ahmadi *et al.*, 2016).

در میان مراحل مختلف رشد گیاه، جوانه‌زنی بذر حساس‌ترین مرحله به تنش سرما، خشکسالی و شوری می‌باشد (Patade *et al.*, 2011) چرا که فرآیند پیچیده و چند مرحله‌ای است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می گردد که خود تحت تأثیر محیط می باشند (Kaur *et al.*, 2015) و همچنین به عنوان اولین و اساسی ترین مرحله تعیین کننده رشد گیاه شناخته می‌شود، به طوریکه با موفقیت گذراندن این دوره نقش بسیاری مهی را در رشد مطلوب بعدی گیاه در پی خواهد داشت و خسارت در این مرحله به هیچ عنوان قابل جبران نیست (Riazi and Sharifzadeh, 2009). گیاهان به رنج وسیعی از دماهای مختلف سرد تا گرم سازگار هستند. دمای خارج از دمای بهینه می‌تواند اثرات مختلفی در رشد گیاهان داشته باشد. دمای بهینه جوانه‌زنی که در آن فرایندهای رشد و نمو گیاه اتفاق می‌افتد، برای اکثر بذرها بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد تعریف شده است (Rajeev *et al.*, 2015). بنایان و همکاران (Bannayan *et al.*, 2006) گزارش کردند که بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای پونه‌سای بینالودی و پونه‌سای البرزی بدست آمد. دمای پایین یکی از عوامل اصلی محدود کننده بهره وری و توزیع جغرافیایی بسیاری از محصولات زراعی مهم است که از نظر ترمودینامیکی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی را در گیاهان کاهش می‌دهد (Ruelland *et al.*, 2009). اثر سوء تنش سرما، در مرحله‌ی جذب آب در فرآیند جوانه‌زنی بذر رخ می‌دهد (Orr *et al.*, 1983). گزارش شده است که تنش دمای پایین به دلیل القای تنش اکسیداتیو و تجمع مقدار زیادی گونه اکسیژن فعال (ROS) در سلول گیاهان، باعث پراکسیداسیون لیپید در غشاها می‌شود که این امر به نوبه خود افزایش تراوش سلول را طی سرمازدگی و به هنگام جذب آب به‌همراه دارد و به شدت یکنواختی و بنیه بذر را از بین می‌برد و با اختلال در خروج ریشه‌چه بذر، مراحل رشد گیاه را به تأخیر می‌اندازد (Ruelland *et al.*, 2009). گیاه عدس الملک اگر در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد مانند بسیاری از گیاهان جوانه‌زنی و استقرار آن دچار مشکل

می‌شود، به همین دلیل خسارت سرما و خشکی در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن در این گیاه بعنوان مشکل بزرگ محسوب می‌شود (Alipoor and Mahmodi, 2015).

یکی از روش های مؤثر جهت غلبه بر مشکل کاهش جوانه‌زنی و شاخص‌های آن، استفاده از پیش تیمار بذرها قبل از جوانه زدن می‌باشد. شواهد نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض تنش‌های مختلف در مراحل قبلی می‌تواند پاسخ‌های بعدی را در پی داشته باشد و از این رو آماده‌سازی بذرها سبب واکنش سریع‌تر و فعالانه‌تر به تنش‌های آینده می‌شود (Li *et al.*, 2014). پرایمینگ فرایندی است که در آن گیاه در یک تنش اولیه قرار می‌گیرد تا بتواند در مقابل تنش‌های بعدی مقاومت بیشتری نشان دهد (Li and Liu, 2016)، که طی آن، بذر به طور محدود و کنترل شده داخل آب یا محلول اسمزی قرار گرفته و تا مرحله‌ای پیش می‌رود که بذر خیس خورده، ولی جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد و در نتیجه بذر در فاز تأخیر به حالت تعلیقی می‌ماند (Nawaz *et al.*, 2017) و فقط برخی از فرآیندهای فیزیولوژیکی رخ می‌دهد. تیمار پرایمینگ باعث افزایش نسبت RNA، بهبود سنتز پروتئین، افزایش تضعیف دیواره آندوسپرم و تجزیه مواد ذخیره‌ای، افزایش ATP برای رشد سریع‌تر جنین و بهبود ظهور گیاهچه پس از کاشت بذر می‌شود، همچنین با کنترل هیدراسیون بذرها مانع از تخریب بیشتر غشاء سلولی آسیب دیده و نشت مواد ذخیره شده می‌گردد (Parmoon *et al.*, 2017). تحت شرایط نامساعد، پیش تیمار بذر با محلول نمکی، پتانسیل متفاوت اسمزی، استفاده از هورمون‌ها و هیدروپرایمینگ می‌توانند مقاومت گیاه به تنش را افزایش دهند و منجر به بهبود میزان و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی شوند (Patade *et al.*, 2011).حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2016) و رحمان و همکاران (Rehman *et al.*, 2015) گزارش کردند پرایمینگ بذر به ترتیب برنج و ذرت با کلرید کلسیم توانست درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر کاهش یافته برنج تحت تنش سرما را افزایش دهد. گنجی ارجناکی و همکاران (Ganji Arjenaki *et al.*, 2011) بیان داشتند که تنش سرما بشدت منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه در گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) شد، درحالیکه هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ موفق به بهبود پارامترهای جوانه‌زنی گیاه اشاره شده تحت تنش سرما شدند.

تقاضای روزافزون جهانی به گیاهان دارویی نیاز به کشت آن‌ها در سیستم زراعی را افزایش می‌دهد، این درحالی است که در مناطق سرد، جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک با مشکل روبه رو می‌گردد ازاین رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ (هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با کلرید کلسیم و نیترات پتاسیم) بر جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی بذر

بذرهای گیاه دارویی عدس الملوک (*Securigera securidaca*) از شرکت پاکان بذر استان اصفهان(تولید شده و جمع آوری شده در سال منتهی به انجام آزمایش) تهیه و تا زمان استفاده در این تحقیق، در دمای مناسب (۷-۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند. این تحقیق در قالب دو آزمایش جداگانه با اهداف: ۱- بررسی صفات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی عدس‌الملوک در دماهای مختلف از ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد (به‌عنوان پیش آزمایش برای تعیین دمای اپتیمم جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک و دمایی که در آن کمترین میزان جوانه‌زنی مشاهده شد). ۲- بررسی اثر تیمارهای پرایمینگ بر روی صفات مورفولوژیکی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پایین در محیط ژرمیناتور (اتاقک رشد) با سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در پاییز سال ۱۳۹۷ اجرا شد.

قبل از شروع آزمایش، بذرها به منظور ضدعفونی سطحی در محلول هیپوکلریت سدیم ۱درصد به مدت ۳ دقیقه قرار گرفتند و سپس سه مرتبه با آب مقطر شست‌وشو داده شدند و سپس جهت اعمال تیمارهای دمایی و یا تیمارهای پرایمینگ، مورد استفاده قرار گرفتند.

آزمون جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت دماهای مختلف

جهت بررسی اثر دما بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار ۵۰ بذری انجام شد. بذرها در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری بر روی دو لایه کاغذ صافی و با افزودن ۸ میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری‌دیش، در ژرمیناتور تحت شرایط تاریکی به مدت ۱۴ روز (بر اساس نتائج پیش آزمایش انجام شده جوانه‌زنی بیش از این مدت افزایش نیافت)کشت شدند و سپس صفات جوانه‌زنی (توضیح داده شده در قسمت اندازه گیری صفات جوانه‌زنی) مورد آزمایش قرار گرفتند.

تیمارهای پرایمینگ

پس از انجام آزمون جوانه‌زنی بذرهای عدس‌الملوک تحت دماهای مختلف و یافتن دمای اپتیمم و نقطه دمای پایین (بعنوان نقطه تنش دمای پایین)، بذرها در پتری‌دیش شیشه‌ای بدون کاغذ صافی بصورت معلق در محلول‌های تیمارهای مختلف از جمله هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با نیترات پتاسیم در سه غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد و کلرید کلسیم در سه غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار و در سه دمای پرایمینگ ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و برای زمان‌های مختلف پرایمینگ، قرار داده شدند. پیش از انجام پرایم‌ها تمام زمان‌های موردنیاز پرایم به‌وسیله پیش آزمایش تعیین شد. ۱۰، ۱۲ و ۱۶ ساعت بعنوان نیمی از زمان‌های ۲۰، ۲۴ و ۳۶ ساعت در نظر گرفته شدند (جدول ۱). پس از اتمام فرآیند پرایمینگ، بذرها به‌طور کامل جهت از بین رفتن محلول‌های اسمزی باقی مانده بر روی سطحشان، با آب مقطر استریل شده چندین مرتبه شست‌وشو شدند و پس‌ازآن جهت خشک شدن و رسیدن به رطوبت اولیه قبل از پرایم، هر یک از تیمارها در دمای پرایمینگ مربوطه به مدت ۲ الی ۳ روز قرار گرفتند.

جدول ۱- زمان‌های متفاوت پرایمینگ برای ظهور اولین ریشه‌چه از میان پوسته بذر در تیمارهای مختلف پرایمینگ.

Table 1- Various time periods of priming to emergence the first radicle through seed coat in different priming treatments.

دمای پرایم Temperature (ċ)	زمان پرایم Time (h)	تیمارهای پرایمینگ Priming treatments						
		نیترات پتاسیم KNO3 (%)			کلرید کلسیم CaCl2 (mM)			هیدروپرایمینگ Hydropriming
		0.5	1	1.5	5	10	15	
5	12	✓	✓	✓	✓			✓
	24	✓	✓	✓	✓			✓
	16					✓	✓	
	32					✓	✓	
10	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ زمان مورد نیاز برای خروج ریشه‌چه در هر یک از غلظت‌ها و دماها

✓ The time required for emergence the first radicle at each concentration and temperature.

آزمون جوانه‌زنی بذرهای عدس‌الملوک پرایم شده با تیمارهای مختلف پرایمینگ تحت تنش دمای پایین

آزمایش تیمارهای پرایمینگ در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گرفت. بذرهای پرایم شده در محلول‌ها، زمان‌ها و دماهای مختلف پرایمینگ، در معرض تنش دمای پایین موردنظر به‌دست‌آمده از مرحله قبل، قرار گرفتند. بذرها در سه تکرار ۵۰ بذری به ازای هر یک از تیمارها (بذرهای پرایم شده در سطوح، دما و زمان‌های مختلف و بذرهای بدون پرایم به‌عنوان شاهد) در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری بر روی دو لایه کاغذ صافی با اضافه کردن ۸ میلی‌لیتر آب مقطر استریل شده در دمایی که کمترین درصد جوانه‌زنی در آن مشاهده شد (بعنوان تنش دمای پایین) تحت شرایط تاریکی و محیط ژرمیناتورکشت شدند. پس از ۱۴ روز، تمام صفات جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری صفات جوانه‌زنی

برای تمام بذرهای تیمار شده در دماهای مختلف و تحت تیمارهای پرایمینگ مختلف، جوانه‌زنی هنگامی حادث شد که ریشه‌چه به‌اندازه ۲ میلی‌متر از پوسته بذر خارج گردید.. شمارش جوانه‌زنی هر ۲۴ ساعت یک‌بار ثبت و تا روز چهاردهم ادامه یافت. درنهایت پس از ۱۴ روز، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاه‌چه، درصد گیاهچه نرمال (گیاهچه های دارای اندام های ضروری برای تبدیل شدن به یک گیاه کامل) و شاخص بنیه بذر محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه (برای به دست آوردن طول گیاهچه) از هر پتری ۱۰ عدد از گیاهچه‌های نرمال به‌صورت تصادفی جدا شد و اندازه‌گیری بر روی آن‌ها صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه، گیاهچه‌ها در روز پانزدهم در داخل فویل آلومینیومی در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و در پایان با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری طول گیاه‌چه‌ها نیز از خط‌کش فلزی با دقت ۱ میلی‌متر استفاده شد.

درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ به دست آمد (Ikic *et al*., 2012).

رابطه ۱

$$GP=\frac{Total\ germinated\ seeds\ after\ 14\ days}{Total\ number\ of\ planted\ seeds}\times 100$$

که در این رابطه GP،GS و S به ترتیب درصد جوانه‌زنی، تعداد کل بذر جوانه‌زده در انتهای آزمایش و تعداد کل بذر کشت‌شده در هر پتری دیش می‌باشند.

سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Ellis and Roberts, 1980):

رابطه ۲

$$GR=\Sigma\frac{n}{D}$$

که در این رابطه GR: سرعت جوانه‌زنی، n: بذرهایی که در زمان t جوانه‌زده‌اند و D: تعداد کل بذور جوانه‌زده در پایان آزمایش می‌باشد.

شاخص بنیه بذر نیز از رابطه ۳ (Kalsa and Abebie, 2012) محاسبه شد.

رابطه ۳

$$VI = GP\ (\%) \times LS\ (cm)$$

در این رابطه VI، GP و RL به ترتیب بنیه بذر، درصد جوانه‌زنی و طول گیاه‌چه می‌باشد.

تجزیه داده‌ها

آزمایش‌ها با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS.9.4 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Exel ۲۰۱۳ رسم گردیدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول: واکنش جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک به تیمارهای مختلف دمایی

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر دماهای مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر عدس‌الملوک در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت دماهای مختلف

Table 2- Analysis of variance of seed germination traits of *securigera securidaca* under different temperature.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات (MS)					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	درصد گیاهچه نرمال Normal seedling (%)	بنیه بذر Seed vigor
تیمار Treatment	7	2490.57**	176.03**	71.789**	0.0036**	2560.73**	571735.31**
خطا Error	16	2.33	0.078	0.036	0.0000029	7.33	424.7
ضریب تغییرات Coefficient of variation		2.2	2.54	2.88	3.53	4.99	3.7

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at the 1% probability level.

درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تیمارهای مختلف دمایی

داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک در جدول ۳ ارائه شده است. رفتار جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت دماهای مختلف متفاوت بود. در دماهای به ترتیب ۵ (بعنوان دمای پایین‌تر از بهینه) (۵۸ درصد) و ۴۰ درجه سانتی‌گراد (بعنوان دمای بالاتر از بهینه) (۲ درصد) کمترین میزان جوانه‌زنی بدست آمد. بیشترین میزان جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برابر با ۹۰ درصد مشاهده شد. با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان جوانه‌زنی رو به افزایش بود. اما اوج‌گیری دما از ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش معنی‌دار میزان بذرهای جوانه زده شد. در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد میزان جوانه‌زنی کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد اما بیشتر از ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. برای بذر اکثر گونه‌های گیاهی دمای بهینه جوانه‌زنی ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. محدوده دمایی جوانه‌زنی بذر عدس الملک نشان دهنده قدرت تحمل بالای این گیاه برای جوانه‌زنی در شرایط نامساعد محیطی است. علی‌پور و محمودی (Alipoor and Mahmodi, 2015) بیان کردند که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر دارویی رازیانه تحت دماهای ۳۵ و ۵ درجه سانتی‌گراد بعنوان به ترتیب دمای بالاتر و پایین‌تر از بهینه کاهش یافت. بنظر می‌رسد کاهش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با جوانه‌زنی در درجه حرارت کم و مختل شدن آنها در دمای بالا و کاهش انتقال و مصرف اندوخته بذر توسط جنین علت اصلی کاهش درصد

جوانه‌زنی است.

همچنین با توجه به جدول ۳ مشخص است که بهبود شرایط دمایی از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب تسریع در فرایند جوانه‌زنی بذرها شد. کوتاهترین دوره جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در حالی که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه زدن بذرها در مدت زمان بیشتری به طول انجامید (جدول ۳). با افزایش دما تا سطح بهینه (۲۰ درجه سانتی‌گراد)، سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد و در درجه حرارت‌های بالاتر از دمای بهینه سرعت رشد کاهش یافت.بذرهای کشت شده در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد به استثناء ۴۰ درجه سانتی‌گراد، همچنان از سرعت بالاتری نسبت به بذرهای کشت شده در دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد برخوردار بودند. کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۸) را دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به خود اختصاص داد (جدول ۳). نتایج ما مطابق با نتایج علی‌پور و محمودی (Alipoor and Mahmodi, 2016) بود که گزارش کردند که بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک در دامنه دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. از آنجایی که جوانه‌زنی شامل فرایندهای آنزیمی متعددی از نوع کاتابولیسم و آنابولیسم می‌باشد، بنابراین به شدت نسبت به درجه حرارت واکنش نشان می‌دهد. بنابراین سرعت جوانه‌زنی کم در دمای پایین را می‌توان به کاهش جذب آب، تنفس سلولی کمتر، آهسته بودن سرعت واکنش‌های متابولیسمی، آسیب غشایی و افزایش رادیکال‌های آزاد در این محدوده دمایی نسبت داد (Li *et al.*, 2013).

جدول ۳- اثر دماهای مختلف بر صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک

Table 3- The effect of the different temperature on seed germination traits of *securigera securidaca*.

دما Temperature (°C)	صفات جوانه‌زنی Germination Traits					
	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	درصد گیاهچه نرمال Normal seedling (%)	بنیه بذر Seed vigor
5	58.66 f	3.848 f	1.2 g	0.011 f	26.667 g	70.40 g
10	73.33 e	4.751 e	2.92 f	0.03 e	46 f	214.19 f
15	81.33 c	7.823 d	7.59 d	0.0453 d	57.333 e	617.31 d
20	90.66 a	18.93 a	12.35 a	0.096 a	86 a	1119.87 a
25	86 b	18.56 a	11.88 b	0.0941 a	80.66 b	1022.07 b
30	83.333 c	17.918 b	10.98 c	0.0604 b	74.667 c	915.19 c
35	78 d	15.829 c	6.28 e	0.0498 c	62.667 d	490.19 e
40	2 g	0.088 g	0 h	0 g	0 h	0 h

حروف مشابه بدون اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از ازمون دانکن

Similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه بذر عدس‌الملوک تحت تیمارهای مختلف دمایی

با استناد به جدول ۳ می‌توان دریافت که با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه افزوده شد. بیشترین طول گیاهچه و تجمع ماده خشک در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد که به ترتیب برابر با ۱۲/۳۵ سانتی‌متر و ۰/۰۹۶ گرم بود. با پیشروی دما تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد طول و وزن خشک گیاهچه بشدت روند نزولی داشت؛ به گونه‌ای که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد هیچ طول و وزن خشک گیاهچه‌ای ثبت نشد و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نیز کوتاه‌ترین طول گیاهچه (۱/۲ سانتی‌متر) و کمترین تجمع ماده خشک (۰/۰۱ گرم) حاصل شد. دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد همچنان از طول و وزن خشک گیاهچه بیشتری نسبت به دماهای ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد برخوردار بودند (جدول ۳)، که نشان می‌دهد گیاه عدس‌الملوک به دمای کمتر از بهینه نسبت به دماهای بالاتر از بهینه حساسیت بیشتری دارد. با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه از به ترتیب ۱/۲ سانتی‌متر به ۱۲/۳۵ سانتی‌متر و از ۰/۰۱ به ۰/۰۹۶ گرم افزایش یافتند درحالیکه با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه از به ترتیب ۱۲/۳۵ سانتی‌متر و ۰/۰۹۶ گرم به ۶/۲۸ سانتی‌متر طول و ۰/۰۴۹ گرم وزن خشک کاهش یافتند. حداکثر طول و وزن خشک گیاهچه بذر رازیانه و شاهدانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Alipoor and Mahmodi, 2015). تنش دمای پایین ممکن است از طریق جلوگیری از تقسیم و طویل شدن سلول و یا عدم تعادل متابولیکی در بافت‌های گیاهی، باعث کاهش رشد گیاهچه و تجمع ماده خشک آن شود (Li *et al.*, 2013). انصاری و شریف زاده (Ansari and Sharif zadeh, 2012) کاهش صفات جوانه‌زنی بذر چاودار کوهی را تحت تنش دمای پایین گزارش کردند. تنش‌های محیطی علاوه بر اینکه سبب کاهش در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شوند، در روند مصرف مواد ذخیره‌ای و کاهش در وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و در نهایت گیاهچه نیز اثرگذارند (Ansari and Sharif zadeh, 2012).

درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر عدس‌الملوک تحت تیمارهای مختلف دمایی

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر عدس‌الملوک در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در حداکثر میزان خود بودند که به ترتیب برابر با ۸۶ درصد و ۱۱۱۹ بود در حالیکه با کاهش دما از ۲۰ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و افزایش دما از ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد از میزان صفات اشاره شده بطور معنی‌داری کاسته شد. کاهش صفات درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر در دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد شدت بیشتری نسبت به دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد داشت. حداکثر بنیه گیاهچه بذر رازیانه و شاهدانه در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و دماهای بالاتر و پایین‌تر از این محدوده سبب کاهش بنیه بذر شدند (Alipoor and Mahmodi, 2015). حسین و همکاران (Hussain et al., 2016) گزارش کردند که تنش سرما سبب کاهش در درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر برنج گردید. در دمای پایین، اختلال در مورفولوژی گیاهچه دلیل ثانویه آسیب ناشی از دمای پایین به اندام های سلولی و دخالت آن در فرایندهای فیزیولوژیکی کلیدی است (Hussain et al., 2016).

با توجه به نتایج حاصل، هر چند که کمترین میزان صفات جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (تنش دمای بالا) مشاهده شد اما دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با کمترین میزان جوانه‌زنی در میان دماهای زیر اپتیمم، بعنوان نقطه تنش دمای پایین (تنش دمای پائین) برای اعمال تیمارهای پرایمینگ در نظر گرفته شد. همچنین دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با داشتن حداکثر جوانه‌زنی، بعنوان دمای بهینه جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک شناخته شد.

آزمایش دوم: اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر بهبود صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پایین

با توجه به جدول ۴ اثر تیمارهای پرایمینگ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاچه، وزن خشک گیاهچه، درصد گیاهچه نرمال و بنیه بذر عدس‌الملوک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پایین

Table 4- Analysis of variance of priming treatments on seed germination traits of *securigera securidaca* under low temperature stress

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات (MS)					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	درصد گیاهچه نرمال Normal seedling (%)	بنیه بذر Seed vigor
تیمار Treatment	7	79.38**	54.34**	0.2313**	0.000005**	229.03**	2308.92**
خطا Error	16	1.42	0.21	0.0016	0.00000004	3.16	10.83
ضریب تغییرات Coefficient of variation		1.46	3.09	1.9	1.48	2.54	1.88

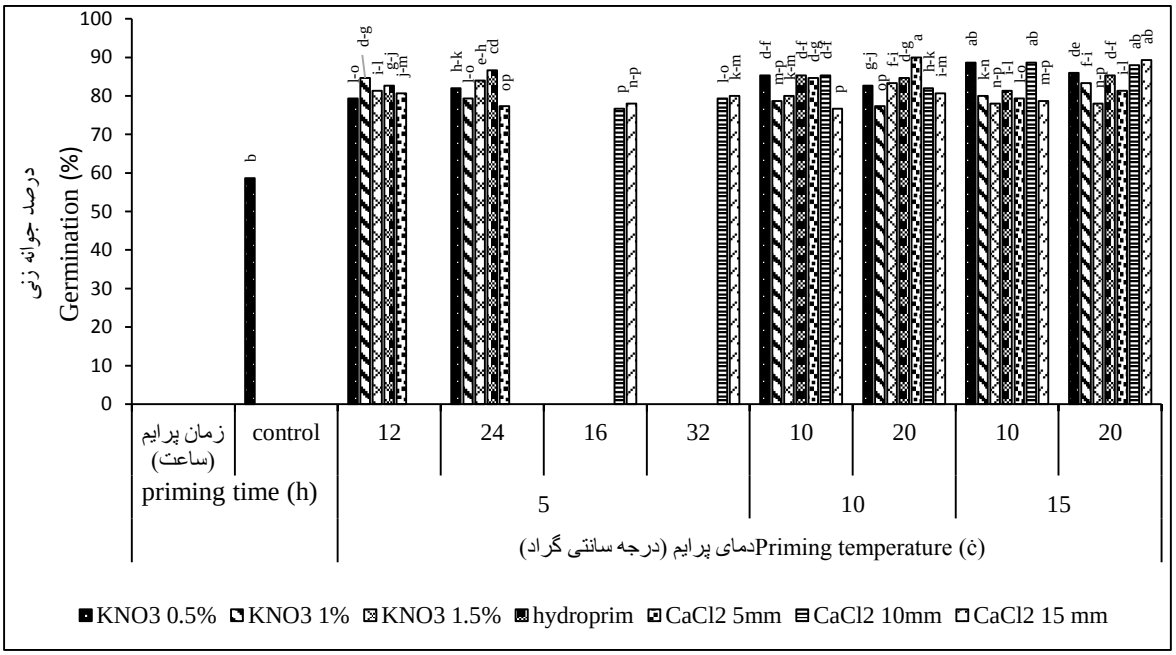
** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant at the 1% probability level

درصد جوانه‌زنی

مطابق با شکل ۱ می‌توان دریافت که تمام تیمارهای پرایمینگ بذر در تمام غلظت‌ها، دماها و زمان‌های پرایمینگ درصد جوانه‌زنی بیشتری را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. با تغییر دما و زمان پرایمینگ، روند جوانه‌زنی بین تیمارهای مختلف متفاوت بود و از اصول ثابتی پیروی نکرد. میزان جوانه‌زنی در بذرهای بدون پرایم ۵۸ درصد بود. در میان تمام تیمارهای پرایمینگ (هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم)، در تیمار ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین درصد جوانه‌زنی مشهود بود که به ۹۰ درصد رسید که با تیمارهای ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ و ۲۰ ساعت، تیمار ۱۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و تیمار ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین در میان غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت بدست آمد که ۸۸ درصد بود. درحالیکه در تیمار هیدروپرایمینگ، بذرهای هیدروپرایم شده در ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت میزان جوانه‌زنی بیشتری را شامل شدند که ۸۶ درصد بود. بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ و ۲۰ ساعت و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت اختلاف معنی‌داری با بذرهای هیدروپرایم شده در ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نشان ندادند (شکل ۱). در

تیمار کلرید کلسیم نیز، بذرهای پرایم شده با غلظت ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت دارای میزان جوانه‌زنی بالاتری نسبت به سایر تیمارهای کلرید کلسیم بودند، البته تیمار اشاره شده با تیمارهای ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ و ۲۰ ساعت و همچنین تیمار ۱۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت فاقد اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۱). پرایمینگ بذر ذرت با کلرید کلسیم تحت تنش دمای پائین منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول و وزن خشک گیاهچه شد (Rehman *et al.*, 2015). در شرایط پرایمینگ به دلیل وقوع یکسری فرایندهای فیزیولوژیکی در بذر مانند فعال شدن آنزیم‌های هیدرولاز و تجزیه سریع‌تر مواد ذخیره‌ای لازم برای جوانه‌زنی بذر، افزایش تنفس بذر و تولید ATP، جوانه‌زنی تحت تنش سرما سریع‌تر رخ می‌دهد (Li et *al.*, 2014; Hussain *et al.*, 2016). حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2016) گزارش کردند که پرایمینگ بذر برنج با کلرید کلسیم توانست تمامی صفات مورفولوژیکی جوانه‌زنی را تحت تنش سرما افزایش دهد.



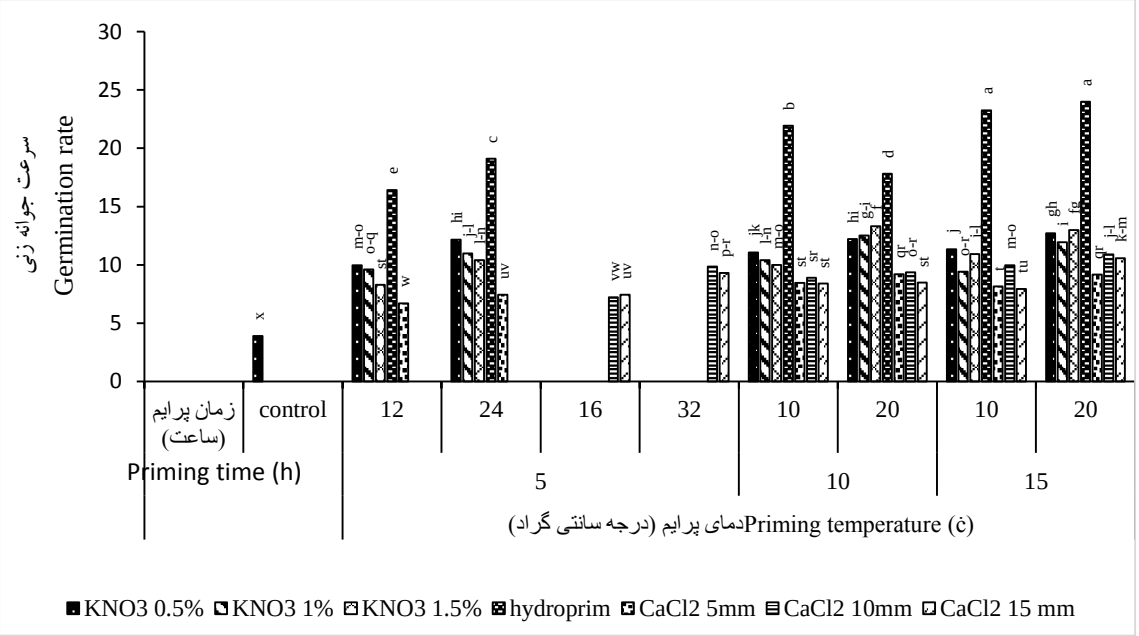
شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین.
میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در تیمارهای ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و بدون پرایم مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب مخفف نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

Figure 1- the effect of different priming treatments on germination percentage of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress.
Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test. The highest and the lowest germination percentage was observed at 5 mM of $CaCl_2$ at 10 ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

سرعت جوانه‌زنی

طولانی‌ترین دوره جوانه‌زنی که تا ۱۲ روز به طول انجامید مربوط به تیمار شاهد برابر با ۳/۸۴ بود. تمام تیمارهای پرایمینگ سبب کوتاه شدن دوره جوانه‌زنی به ۱۰ روز شدند. بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت کوتاه‌ترین دوره جوانه‌زنی را

با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها (تیمارهای نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم) به خود اختصاص دادند و با تیمار هیدروپرایم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت فاقد اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین.

میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب در بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و تیمار شاهد مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب مخفف نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

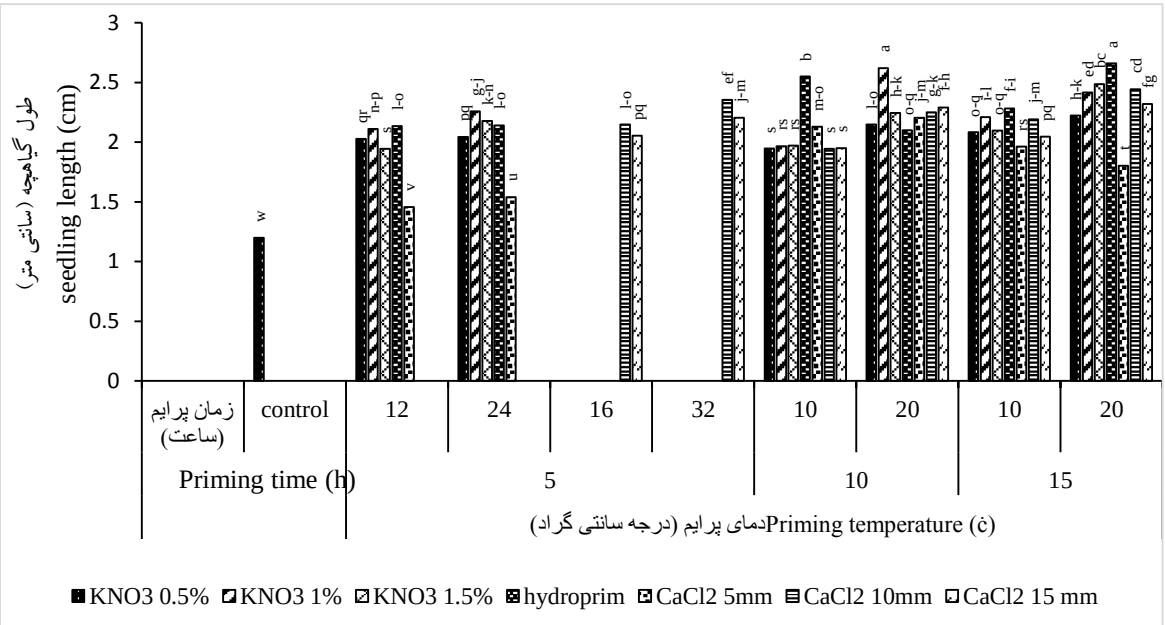
Figure 2- the effect of different priming treatments on germination rate of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress. Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test. The highest and the lowest germination rate was obtained in hydroprimed seeds at 15 ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

انصاری و شریف‌زاده (Ansari and Sharifzadeh, 2012) گزارش کردند که بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر چاودار کوهی تحت تیمار هیدروپرایمینگ در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۱۶ ساعت بود و بیشترین طول گیاهچه و بنیه بذر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. به طور کلی می‌توان بیان داشت که دمای بالای پرایمینگ (۱۵ درجه سانتی‌گراد) در هر سه تیمار بذری تأثیر بهتری بر تسریع دوره جوانه‌زنی گذاشت. در میان همه تیمارهای بذری (هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم)، زمان‌های کامل پرایمینگ (۲۰ و ۲۴ ساعت) نسبت به ۱/۲ زمان‌ها (۱۰ و ۱۲ ساعت) سبب تسریع در جوانه‌زنی بذرها شدند. در خصوص تیمار نیترات پتاسیم، با افزایش غلظت نیترات پتاسیم سرعت جوانه‌زنی در همه دماها به استثناء دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (در تیمار ۱/۵ درصد نیترات پتاسیم) کاهش یافت. تیمار ۱/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت از بیشترین سرعت جوانه‌زنی برخوردار بود (۱۳/۳۲) که با تیمار ۱/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت اختلاف آماری نداشت.اما در تیمار کلرید کلسیم افزایش غلظت محلول‌ها در دماها و زمان‌های مختلف، سبب

افزایش سرعت جوانه‌زنی شد. تیمار ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۱۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین سرعت (۱۰/۹) را ثبت کرد. افزایش سرعت جوانه‌زنی تحت هیدروپرایمینگ به علت جذب سریع‌تر آب و شروع زودتر فعالیت‌های متابولیسمی در هنگام جذب آب، مانند همانندسازی DNA، ترمیم غشای سلولی و افزایش غلظت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی مانند اتیلن می‌باشد که مجموع این عوامل مقدمات جوانه‌زنی را فراهم می‌آورند و باعث می‌شوند که هنگامی که بذرها تحت تنش سرما قرار می‌گیرند قبل از آسیب به غشا ونشت الکترولیت‌ها در مقایسه با شاهد جوانه بزنند و استقرار یابند (Yusefi Tanha *et al.*, 2015).

طول گیاهچه

با استناد به شکل ۳، تمام تیمارهای پرایمینگ موفق به بهبود طول گیاهچه نسبت به تیمار بدون پرایم شدند. کوتاه‌ترین طول گیاهچه برابر با ۱/۲ سانتی‌متر از تیمار بدون پرایم بدست آمد که با سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بود. تیمار هیدروپرایمینگ در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت توانست طول گیاهچه را به ۲/۶۶ سانتی‌متر برساند که بعنوان بلندترین طول در بین سایر تیمارها شناخته شد و با تیمار ۱ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۲/۶۲ سانتی‌متر) تفاوتی را ثبت نکرد. افزایش دمای پرایمینگ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد سبب رشد بیشتر طول گیاهچه در همه تیمارها شد. با کاهش بیشتر دما سرعت جذب آب و به دنبال آن سرعت فعالیت‌های بیوشیمیایی حین پرایمینگ نیز کاهش یافت.



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر طول گیاهچه عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین.

میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین طول گیاهچه به ترتیب در بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و تیمار شاهد مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب مخفف نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

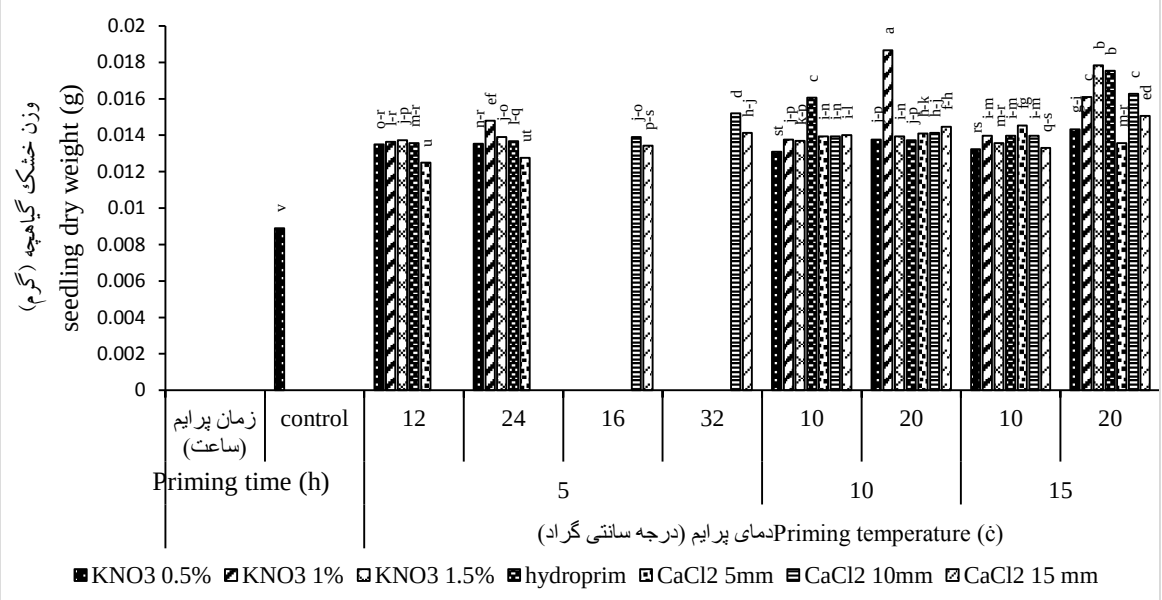
Figure 3- the effect of different priming treatments on seedling length of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress. Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test. The highest and the lowest seedling length was obtained in hydroprimed seeds at 15 ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

در تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات پتاسیم، زمان‌های کامل پرایمینگ (۲۰، ۲۴ و ۳۲ ساعت) نسبت به ۱/۲ زمان‌ها (۱۰، ۱۲ و ۱۶ ساعت) از طول گیاهچه بلندتری برخوردار بودند. در حالیکه در تیمار هیدروپرایم در دمای ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد، زمان‌های کامل (۲۰ و ۲۴ ساعت) پرایمینگ دارای طول کوتاه‌تری نسبت به ۱/۲ آن زمان‌ها (۱۰ و ۱۲ ساعت) بودند (شکل ۳). افزایش غلظت محلول‌های نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم نیز نسبت به غلظت کمتر (۰/۵ درصد نیترات پتاسیم و ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم) منجر به بهبود طول گیاهچه شد. در تیمار نیترات پتاسیم، تیمار ۱ درصد در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۲/۶۲ سانتی‌متر) منجر به افزایش بیشتر طول نسبت به سایر تیمارهای نیترات پتاسیم شد. در تیمار کلرید کلسیم، تیمار ۱۰ میلی‌مولار در بالاترین دمای پرایمینگ (۱۵ درجه سانتی‌گراد) و زمان پرایمینگ (۲۰ ساعت) بیشترین طول گیاهچه را به خود اختصاص داد که با تیمارهای دیگر کلرید کلسیم دارای تفاوت معنی‌داری بود (شکل ۳). گنجی ارجناکی و همکاران (Ganji Arjenaki *et al.*, 2011) بیان داشتند که هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه را در گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) تحت تنش سرما افزایش دادند. در تیمار هیدروپرایمینگ، آب بدون هیچگونه محدودیتی (پتانسیل منفی ناشی از حل شدن مواد) در اختیار بذر قرار می‌گیرد و که سبب آغاز سریع‌تر فرآیندهای متابولیکی قبل از آسیب دیدن غشا می‌شود و رشد گیاهچه افزایش می‌یابد. پاتادا و همکاران (Patade *et al.*, 2011) نشان دادند که تیمار هیدروپرایمنیگ برای ۲۴ ساعت و پتاسیم نیترات سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و بنیه بذر فلفل (*Capsicum annuum*) شدند. اسموپرایمینگ می‌تواند با افزایش بیان آکواپورین‌ها، بهبود فعالیت ATPase، RNA، سنتز آمیلازها، لیپازها و پروتئاز به بهبود ظهور گیاهچه کمک کند (Ashraf and Foolad, 2005).

وزن خشک گیاهچه

تمام تیمارهای پرایمینگ بذر از تجمع ماده خشک بالاتری نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند (شکل ۴). در مقایسه بین تیمارهای بذری می‌توان اظهار داشت که بذرهای تیمار شده با محلول ۱ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت وزن خشک بیشتری را ثبت کردند و میزان آن را از ۰/۰۰۸۹ (در بذرهای شاهد) به ۰/۰۱۸۶ گرم (در بذرهای پرایم شده با تیمار اشاره شده) رساندند که تفاوت قابل توجهی با سایر تیمارهای بذری داشت. افزایش دمای پرایمینگ از ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد شرایط را برای رشد بیشتر گیاهچه و همچنین افزایش تجمع ماده خشک بیشتر آنها محیا کرد. همچنین در تیمار کلرید کلسیم و نیترات پتاسیم زمان کامل پرایمینگ (۲۰، ۲۴ و ۳۲ ساعت) نسبت به ۱/۲ آن زمان‌ها (۱۰، ۱۲ و ۱۶ ساعت) منجر به بهبود بیشتر وزن خشک گیاهچه‌ها شد. در حالیکه در تیمار هیدروپرایم تنها در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، زمان کامل پرایمینگ نسبت به ۱/۲ آن زمان (۲۰ ساعت نسبت به ۱۰ ساعت) اثر بهتری بر وزن خشک گیاهچه بر جای گذاشت (شکل ۴). در تیمار هیدروپرایمینگ، بذرهای قرار داده شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۰/۰۱۷۵ گرم) دارای تجمع ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارهای هیدروپرایمینگ بودند و در تیمار کلرید کلسیم نیز بذرهای تیمار شده با محلول ۱۰ میلی‌مولار قرار داده شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۰/۰۱۶۲ گرم) وزن خشک گیاهچه‌ی بیشتری نسبت به سایر تیمارهای کلرید کلسیم نشان دادند. افزایش غلظت محلول‌های نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم، وزن خشک گیاهچه را بیش از غلظت‌های کم (۰/۵ درصد نیترات پتاسیم و ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم) افزایش داد. بیان شده است که تیمارهای هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با افزایش رشد طولی ریشه‌چه و در نتیجه افزایش تجمع ماده

خشک، پس از جوانه‌زنی امکان استقرار بهتر این گیاه در شرایط تنش سرما را فراهم می‌کنند (Yusefi Tanha and Fallah, 2016). صفات مورفولوژیکی جوانه‌زنی بذر پنبه با استفاده از تیمار نیترات پتاسیم ۲ درصد، بهبود یافت (Cokkizgin and Bolek, 2015).



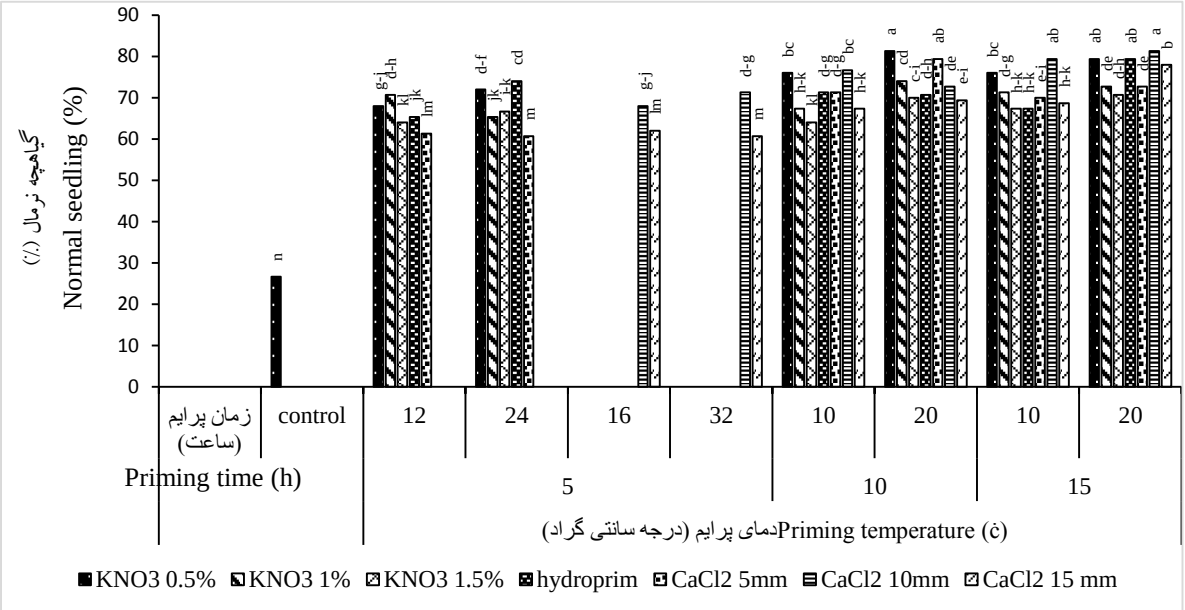
شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر وزن خشک گیاهچه عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین.
میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین وزن خشک گیاهچه به ترتیب در تیمارهای ۱ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و شاهد مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب مخفف نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

Figure 4- the effect of different priming treatments on seedling dry weight of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress.
Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.
The highest and the lowest seedling dry weight was recorded at 1% of KNO_3 at 10 ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

درصد گیاهچه نرمال

در شکل ۵ پاسخ درصد گیاهچه نرمال تیمارهای مختلف پرایمینگ به تنش دمای پائین ارائه شده است. تعداد گیاهچه‌های نرمال در تیمار شاهد (۲۶/۶۶ درصد) بسیار کمتر از سایر تیمارها بود. در حالیکه تیمارهای ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت، درصد گیاهچه نرمال را از ۲۶ درصد به ۸۱/۳۳ درصد رساندند که با تیمارهای ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت (۷۹/۳۳ درصد)، تیمار ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۷۹/۳۳ درصد)، تیمار ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۷۹/۳۳ درصد) و تیمار هیدروپرایم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت (۷۹/۳۳ درصد) هیچ اختلاف معنی‌داری را ثبت نکردند (شکل ۵). افزایش دمای پرایمینگ از ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد در افزایش تجمع ماده خشک اثربخش‌تر بود. یون نیترات نمک نیترات پتاسیم در سنتز آنزیم‌ها و رونویسی DNA و RNA

نقش دارد و یون پتاسیم قابلیت نفوذ پذیری دیواره سلولی را افزایش می‌دهد (El-Bassiony, 2006) که موجب سهولت پویایی اندوخته‌های غذایی بذر از آندوسپرم به سمت محور جنینی، سنتز پروتئین‌ها، نوکلئوتیدها و به دنبال آن رشد بیشتر جنین و در نتیجه بهبود صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک می‌گردد (Umair et al., 2010).



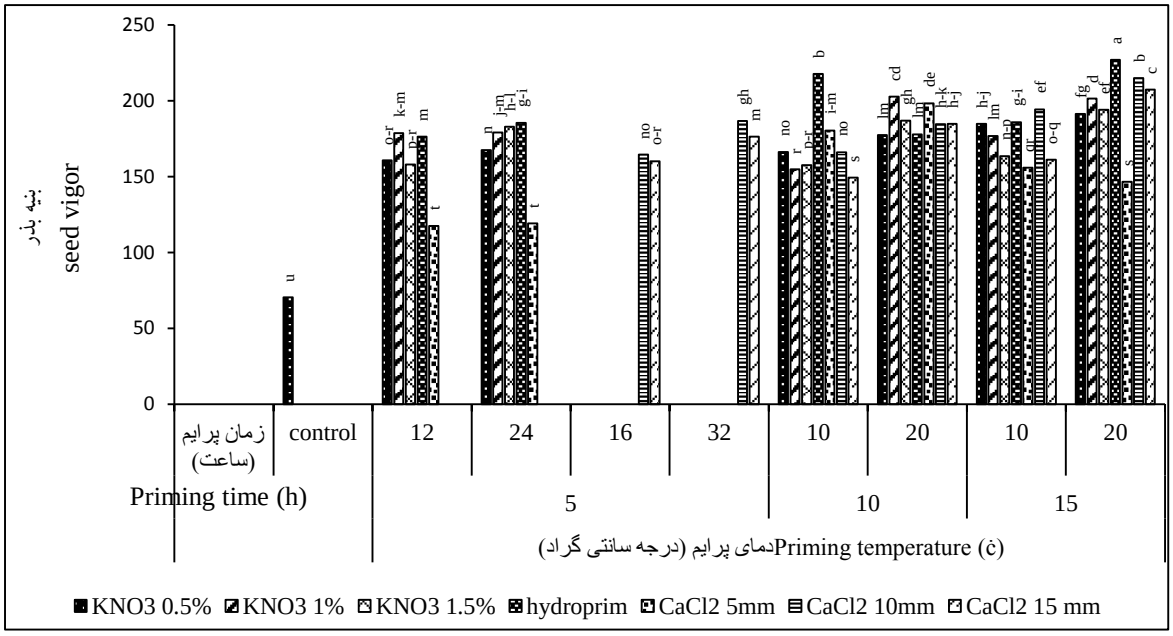
شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد گیاهچه نرمال عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین. میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین درصد گیاهچه نرمال به ترتیب در تیمارهای ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم و ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و شاهد مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب اختصار نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

Figure 5- the effect of different priming treatments on normal seedling percentage of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress. Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test. The highest and the lowest normal seedling percentage was recorded at 0.5 % of KNO_3 and 10 mM of $CaCl_2$ at 10ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

بنیه بذر

با توجه به شکل ۶، شاخص بنیه بذرهای بدون پرایم (۷۰) به طور قابل توجهی کمتر از بذرهای پرایم شده بود. تیمارهای پرایمینگ توانستند بنیه بذرها را تا حد زیادی نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشند. بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین شاخص بنیه بذر (۲۲۷) را نسبت به سایر تیمارها به طور قابل ملاحظه‌ای شامل شدند. از آنجایی که بنیه بذر حاصلضرب طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی می‌باشد، از اینرو با توجه به اینکه افزایش دمای پرایمینگ از ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد سبب بهبود درصد جوانه‌زنی (شکل ۱) و افزایش طول گیاهچه‌ها (شکل ۳) شد در نتیجه بنیه بذر عدس‌الملوک نیز در دمای بالاتر (۱۵ درجه سانتی‌گراد) میزان بیشتری را نسبت به دمای پایین نشان داد. همچنین بذرهای پرایم شده در زمان‌های کامل از درصد جوانه‌زنی بالاتر و طول گیاهچه بیشتری برخوردار بودند که باعث بهبود قدرت و بنیه بذر در دماهای کامل (۲۰، ۲۴ و ۳۲ ساعت) نسبت به ۱/۲ آن زمان‌ها (۱۰، ۱۲ و ۱۶ ساعت) شد، به استثناء تیمار هیدروپرایم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد که در زمان ۲۰ ساعت شاخص بنیه بذر کمتری نسبت به زمان ۱۰ ساعت پرایمینگ بدست آمد.

در میان تیمارهای مختلف نیترات پتاسیم (از لحاظ دما، زمان و غلظت‌های بکاررفته)، تیمار ۱ درصد نیترات پتاسیم در دماهای ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت از شاخص بنیه بالاتری برابر با به ترتیب ۲۰۱ و ۲۰۲ نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. تنها در دمای ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ۱۰ ساعت پرایمینگ، تیمار ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم شاخص بنیه بیشتری را نسبت به سایر غلظت‌ها نشان داد. در تیمار کلرید کلسیم، تیمار ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بنیه بذر بیشتری را (به میزان ۲۱۴) نسبت به سایر تیمارهایش به خود اختصاص داد، همچنین غلظت ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در همه دماها و زمان‌ها از بنیه بذر بیشتری نسبت به سایر غلظت‌ها برخوردار بود، به استثناء دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ و ۲۰ ساعت که غلظت کمتر کلرید کلسیم (۵ میلی‌مولار) دارای بنیه بذر بالاتری نسبت به سایر غلظت‌های آن بود. پرایمینگ با بازسازی DNA و RNA و در نتیجه پروتئین‌سازی نقش به سزایی را در حفظ بنیه بذر به عهده دارد، چرا که این امر سبب ادامه یافتن تقسیم سلولی سلول‌های جنینی می‌شود و در نتیجه رشد سلول‌ها و تقسیم آنها را به دنبال دارد (Ventura et al., 2012).



شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر شاخص بنیه بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پائین. میانگین‌ها با حروف مشابه در آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین بنیه بذر به ترتیب در بذرهای هیدروپرایم شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و شاهد مشاهده شد. KNO_3 و $CaCl_2$ به ترتیب اختصار نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم هستند.

Figure 6- the effect of different priming treatments on seed vigor index of *securigera securidaca* seeds under low temperature stress. Means with similar letters are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test. The highest and the lowest seed vigor was observed in hydroprimed seeds at 15 ċ for 20 h and control, respectively. Potassium nitrate and calcium chloride are abbreviated to KNO_3 and $CaCl_2$, respectively.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان اظهار داشت که دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با کمترین میزان جوانه‌زنی بعنوان نقطه تنش دمای پایین و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بعنوان دمای اپتیمم (مطلوب‌ترین دما) جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک شناخته شد. در میان تیمارهای پرایمینگ بذر، هر چند که تیمار ۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای

۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بیشترین درصد جوانه‌زنی، تیمار ۱ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بیشترین وزن خشک گیاهچه و تیمارهای ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت بالاترین درصد گیاهچه نرمال را به خود اختصاص دادند، اما تیمار هیدروپرایمینگ در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت از بالاترین سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و بنیه بذر برخوردار بود و همچنین در صفت درصد گیاهچه نرمال نیز با تیمارهای ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت و ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت فاقد اختلاف معنی‌دار بود پس می‌توان بیان داشت که باتوجه به اینکه تیمار هیدروپرایمینگ در اکثر صفات جوانه‌زنی (به استثناء درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه) بذر عدس‌الملوک جزءِ بهترین تیمارهای پرایمینگ (بیشترین میزان صفات جوانه‌زنی را نشان داد) به حساب آمد و از طرفی به دلیل اینکه نسبت به سایر تیمارهای پرایمینگ (نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم)، ساده‌ترین، ارزان‌ترین و کاربردی‌ترین تیمار می‌باشد در نتیجه می‌توان آن را جهت بهبود صفات جوانه‌زنی بذر عدس‌الملوک تحت تنش دمای پایین معرفی کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مساعدت مالی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جهت اجرای این پژوهش قدردانی می گردد.

منابع

Reference

Ahmadipour, B., H. Hassanpour, F. Rafiei, and F. Khajali. 2015. Antioxidative, Antihyperlipidemic, and Growth-Promoting Effects of *Kelussia odoratissima* in Meat-type Chickens. Poult. Sci. J. 3 (1): 37-46.

Alipoor, Z., and S. Mahmodi. 2015. Effect of Different Temperature on Germination Properties of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Cannabis (*Cannabis sativa* L.) and Sesame (*Sesamus indicum* L.). Iranian J. Seed Res. 2(1): 37-52. (In Persian, with English Abstract)

Alipoor, Z., and S. Mahmodi. 2016. Determination of cardinal temperatures and response of *Securigera securidaca* L. to different temperatures of germination. Iranian J. seed Res. 2(2): 137-147.

Ansari, O., and F. Sharifzadeh. 2012. Osmo and hydro priming mediated germination improvment under cold stress conditions in mountain rye (*Secale montanum*). Cercetă. Agron. Moldova. 3(151):53-62.

Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and nonsaline conditions. Adv. Agron. 88:223-271.

Baharvand-Ahmadi, B., M. Bahmani, P. Tajeddini, N. Naghdi, and M. Rafieian-Kopaei. 2016. An ethno-medicinal study of medicinal plants used for the treatment of diabetes. J. Nephropathol. 5(1): 44–50.

Bannayan, M., F. Nadjafi, M. Rastgoo, and L. Tabrizi. 2006. Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. Seed Technol. 28: 80-86.

Cokkizgin, H., and Y. Bolek. 2015. Priming treatments for improvement of germination and emergence of cotton seeds at low temperature. Plant Breed. Seed sci. 71 (1).

El-Bassiony, A.M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth, yield and quality of onion plant. Appl. Sci. Res. 2:780-785.

Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. Pp 605-635. In P.D. Hebblethwaite (ed). Seed Production. Butterworths, London.

Ganji Arjenaki, F., M. Amini Dehaghi, and R. Jabbari. 2011. Effects of Priming on Seed Germination of Marigold (*Calendula officinalis*). Adv. Environ. Biol. 5(2): 276- 280.

Garjani, A., F. Fathizad, and A. Zakheri. 2009. The effect of total extract of *securigera securidaca* (L.) seeds on serum lipid profiles, antioxidant status, and vascular function in hypercholesterolemic rats. J. Ethnopharmacol. 126(3): 525-532.

Ghahraman, A. 1988. Color flora of Iran. 1st ed. 4:1478. Research Institute of Forest and Rangeland, Tehran.

Hussain, S., F. Khan, H.A. Hussain, and L. Nie. 2016. Physiological and Biochemical Mechanisms of Seed Priming-Induced Chilling Tolerance in Rice Cultivars. Front. Plant Sci. 7: 116

Ikic, I., M. Maric evic, S. Tomasovic, J. Gunjaca, Z.S. Atovic, and H.S. Arcevic. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. Euphytica. 188:25-34.

International Seed Testing Association. 2009. International Rules for Seed Testing. ISTA. Inter. Seed Test. Associate Bassersdorf Switzerland.

Kalsa, K.K., and B. Abebie. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp., dasycarpa (Ten,). Afr. J. Agric. Res. 7 (21):3202–3208.

Karkanisa, A., D. Bilalis, and A. Efthimiadouc. 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. Ind. Crops. Prod. 34(1): 825-830.

Kaur, H., B. Petla, N. Kamble, A. Singh, V. Rao, P. Salvi, S. Goosch, and M. Majee. 2015. Differentially expressed seed aging responsive heat shock protein OsHSP18.2 implicates in seed vigor, longevity and improves germination and seedling establishment under abiotic stress. Front. Plant Sci. 6: 713-723.

Li, X., H. Jiang, F. Liu, J. Cai, T. Dai, W. Cao, D. Jiang. 2013. Induction of chilling tolerance in wheat during germination by pre-soaking seed with nitric oxide and gibberellin. Plant Growth Regul. 71:31–40.

Li, X., J. Cai, F. Liu, T. Dai, W. Cao, and D. Jiang. 2014. Cold priming drives the sub-cellular antioxidant systems to protect photosynthetic electron transport against subsequent low temperature stress in winter wheat. Plant Physiol. Biochem. 82: 34–43.

Li, X., and F. Liu. 2016. Drought Stress Memory and Drought Stress Tolerance in Plants. p.17-44. In: M.A. Hossain, Sh. Hussain, W. Soumen, B. David, B.J. Lam-Son (eds.) Biochemical and Molecular Basis.. Spring Inter. 1. Pub. Switzerland. Copenhagen, Højbakkegaard Allé 13, Taastrup 2630, Denmark.

Nawaz, H., N. Hussain, A. Yasmeen, S.A.H. Bukhari, and M.B. Hussain. 2017. Seed priming: A potential stratagem for ameliorating soil water deficit in wheat. Pakistan J. Agric. Sci. 54:241-254.

Orr, W., A.I. De La Roche, J. Singh, and H. Voldeng. 1983. Imbibition chilling injury in cultivars of soybeans differing in temperature sensitivity to pod formation and maturation period. Can. J. Bot. 61:2996-3005.

Parmoon, G., A. Ebadie, S. Jahanbakhsh, and S.A. Mossavi. 2017. Effect of salicylic acid on antioxidant enzymes of accelerated aging seeds of milk thistle (*Silybum marianum*). J. Plant Proc. Fun. 6(20):57-65.

Patade, V.Y., K. Maya, and A. Zakwan. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Res. J. Seed Sci. 4: 125-136.

Rajeev, N., and S.V. Krishna. 2015. Temperature regulation of plant phonological development. Environ. Exp. Bot. 111: 83–90.

Rehman, H., H. Iqbal, S. Basra, H. Afzal, M. Farooq, A. Wakeel, and N. Wang. 2015. Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize. J. Integr. Agric. 14(9):1745–54.

Riazi A.A.S., and F. Sharifzadeh. 2009. Germination Response of Primed Forage Millets Species Seeds to Low Temperature, Drought and Salt Stress. Iranian J. Field Crop Sci. (Iranian J. Agric. Sci.). 40(2): 53- 66. (In Persian)

Ruelland, E., M.N. Vaultier, A. Zachowski, and V. Hurry. 2009. Cold signaling and cold acclimation in plants. Adv. Bot. Res. 49:35–150.

Sadeghi, H., F. Khazaei, L. Yari, and S. Sheidaei. 2011. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). ARPN J. Agric. Biol. Sci. 6 (1): 39-43.

Tiwari, R.K.S., and K. Das. 2014. Impact of differential storage conditions on seed germination and viability of some medicinal plants. Afr. J. Agric. 9(20):1578-1585.

Umair, A., S. Ali, K. Bashir, and S. Hussain. 2010. Evaluation of different seed priming techniques in mung bean (*Vigna radiate*). Soil Environ. 29:181-186.

Ventura, L., M. Donà, A. Macovei, D. Carbonera, A. Buttafava, A. Mondoni, G. Rossi, and A. Balestrazzi. 2012. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. Plant Physiol. Biochem. 60:196-206.

Yusefi Tanha, E., and S. Fallah, and A. Tadayon. 2015. Effect of seed priming on some physiological characteristics affecting pea (*Pisum sativum* L) seed germination under cold stress. J. Plant Proc. Fun. 4(13): 1-15. (In Persian)

Yusefi Tanha, E., and S. Fallah. 2016. The effect of seed priming on germination parameters of annual medic (*Medicago scutellata* L.) seed under chilling stress conditions. J. Plant Res. (Iranian J. Biol.). 29(3): 659-674. (In Persian, with English abstract)