

## تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش تیمار بذر در گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی

مهدی بیات<sup>۱\*</sup>، آزاده رحمنی<sup>۲</sup>، رضا امیرنیا<sup>۳</sup>، سید محمد علوی سینی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان، ۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ۴- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۵)

### چکیده

به منظور تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش تیمار بذر بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای گیاه سرخارگل در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی، دو آزمایش به صورت مجزا در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به اجرا درآمد. هر دو آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا شدند که روش‌های مختلف پیش تیمار بذر (هاردنینگ، هیدروترمال، هیدروپرایم، کلریدپتاسیم، نیترات کلسیم، کلریدسدیم، نیترات پتاسیم و شاهد) و مدت زمان (۳ و ۶ ساعت) تیمارهای آزمایشی بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف کاملاً معنی‌داری بین روش‌های مختلف پرایمینگ چه در شرایط آزمایشگاهی و چه در شرایط گلدانی وجود داشت ولی بین مدت زمان پرایمینگ در شرایط آزمایشگاهی هیچ‌گونه اختلافی مشاهده نشد. با این حال با افزایش مدت زمان در شرایط گلدانی، تأثیر مثبت تیمار بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بیشتر شد. نکته قابل توجه در این تحقیق این بود که تمامی روش‌های پیش تیمار باعث بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی نمی‌شوند، به طوری که کلریدسدیم در شرایط آزمایشگاهی و هیدروترمال در شرایط گلدانی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد شدند. به طور کلی روش‌های مختلف پیش تیمار، تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی گیاه سرخارگل و پیش تیمارهای هاردنینگ و کلریدپتاسیم در مدت زمان ۶ ساعت بیشترین تأثیر را بر صفات درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی داشتند. بنابراین می‌توان از این پیش تیمارها جهت بهبود قدرت و کیفیت بذر گیاه سرخارگل به منظور افزایش تحمل گیاه به شرایط نامساعد محیطی و افزایش یکنواختی و سطح سبزمزرعه استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** ویژگی‌های گیاهچه‌ای، سرخارگل، کیفیت بذر، مؤلفه‌های جوانه‌زنی

## مقدمه

مواد دارویی مصنوعی (شیمیایی) اگرچه به طور سریع اثر می‌بخشند و دارای تأثیر مشخصی هستند، ولی اکثر آن‌ها عوارض جانبی نامطلوبی بر بدن انسان می‌گذارند. لذا امروزه کشت گیاهان دارویی و تولید مشتقات حاصل از آن‌ها، سبب ایجاد تجارت پر رونق گیاهان دارویی شده است (Omidbaigi, ۲۰۰۰). از جمله گیاهان دارویی بسیار مطلوب که در طب جدید از مواد مؤثره دانه آن در درمان بیماری‌های ویروسی از جمله ایدز استفاده می‌شود، گیاه سرخارگل است. سرخارگل (*Echinacea Purpurea*) گیاهی علفی چندساله و از خانواده کاسنی است. این گیاه بومی آمریکای شمالی بوده (Bernath, ۱۹۹۳) و به دلیل خواص دارویی بسیار مطلوب آن امروزه در اکثر نقاط اروپا و آسیا و حتی برخی از نقاط ایران به طور انبوه کشت می‌شود. این گیاه با شرایط اکولوژیکی ایران سازگار بوده و به طور کلی جزء گیاهان کم‌توقع محسوب می‌شود. مواد مؤثره موجود در تمام پیکره این گیاه اعم از ریشه و پیکر رویشی گونه‌های مختلف سرخارگل خاصیت ضد قارچی، ضد باکتری و ضد ویروسی داشته و از آن‌ها جهت معالجه سرماخوردگی، بیماری‌های دهان و دندان، معالجه انواع مسمومیت‌ها، بیماری‌های تنفسی و تقویت سیستم دفاعی بدن استفاده می‌شود (Hobbs, ۱۹۹۴; Melchart and Linde, ۱۹۹۴; Bruneton, ۱۹۹۵; Bauer and Remiger, ۱۹۸۹; Barrett, ۲۰۰۳; Seemanova et al., ۲۰۰۶). علاوه بر این، گونه‌های مختلف سرخارگل در بعضی کشورهای اروپایی و آمریکایی به‌عنوان گیاهان زینتی در پارک‌ها و باغ‌ها کشت می‌شوند (Wagner and Farnsworth, ۲۰۰۵; Miller, ۱۹۹۱).

امروزه اگرچه وارثه‌های اصلاح شده دارای قوه نامیه بالایی می‌باشند ولی به دلیل وجود تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده، تولید گیاهچه در آنها با مشکل روبرو می‌شود و درصد ظهور گیاهچه کاهش خواهد یافت. یکی از تکنیک‌های رایج جهت افزایش بهبود جوانه‌زنی بذر، اعمال تکنیک پیش تیمار بذر است (Heydecker and Coolbear, ۱۹۷۸). پیش تیمار بذر به عنوان یک تکنیک آسان، کم‌هزینه و سریع، راه‌حلی است که برای بهبود جوانه‌زنی بذر، کاهش پیشنهاد شده است. هدف از اعمال پیش تیمار بذر، کاهش دادن زمان جوانه‌زنی و بهبود درصد و

یکنواختی جوانه‌زنی در آن می‌باشد (Hill, ۱۹۹۹; Taylor, ۱۹۹۷; Basra et al., ۲۰۰۳; Ghiyasi et al., ۲۰۰۸). طی فرایند پیش تیمار، بذر آب جذب می‌کند و فعالیت‌های متابولیکی ضروری برای جوانه‌زنی انجام می‌شود ولی ظهور ریشه‌چه صورت نمی‌گیرد. به عقیده ناسیمنتو و آراگائو (Nascimento and Aragão, ۲۰۰۴)، اشرف و فولاد (Ashraf and Foolad, ۲۰۰۵) و طالبیان و همکاران (Talebian et al., ۲۰۰۸) این تکنیک باعث بهبود سرعت و قدرت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه شده و در نهایت عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. کروچ و همکاران (Koroch et al., ۲۰۰۲) عملیات تولید سرخارگل را به خاطر ظهور ضعیف گیاهچه و هزینه بالای بذر بسیار متغیر گزارش کردند و بیان نمودند که بذریابی مستقیم در مزرعه باعث ظهور تعداد گیاهچه کم و غیر قابل قبول می‌شود. یکی از دلایل این امر را نفوذپذیری کم غشاء داخلی بذر سرخارگل عنوان کرده‌اند که این موضوع باعث خواب بذر می‌شود. لذا اعمال تکنیک‌های پیش تیمار در این گیاه می‌تواند بسیار مفید واقع شود. باسرا و همکاران (Basra et al., ۲۰۰۳) عنوان کردند پیش تیمارهای مختلف از قبیل سخت شدن، پیش تیمار بذر، خیس کردن بذر و پوشش‌دار کردن بذر، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاهان مختلف را افزایش می‌دهد. موبشار و همکاران (Mubshar et al., ۲۰۰۶) گزارش نمودند که بهبود ناشی از پیش تیمار تحت تأثیر عواملی از قبیل گونه گیاهی، پتانسیل آب برای انجام پیش تیمار، مدت زمان انجام پیش تیمار، دما، قدرت بذر و شرایط انبارداری بذرهای پرایم شده قرار می‌گیرد. بیشونی و همکاران (Bishnoi et al., ۲۰۱۰) گزارش نمودند که پیش تیمار بذرهای سرخارگل با پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ در پتانسیل آبی ۰/۵- مگاپاسکال با خراش‌دهی مکانیکی، میانگین روز تا جوانه‌زنی و همچنین درصد جوانه‌زنی بذرهای سرخارگل را به طور معنی‌داری افزایش داده است.

با توجه به اثر مثبت پیش تیمار بذر برویژگی‌های جوانه‌زنی گیاهان مختلف و نیز وجود تنش‌های محیطی مختلف و اهمیت کاربرد گیاه دارویی سرخارگل در طب سنتی، این تحقیق جهت تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش تیمار بذر بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای گیاه سرخارگل به مرحله اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

باشند. قابل ذکر است که عامل دوم (مدت زمان پرایمینگ) برای تیمارهای شوری و با استفاده از محلول‌های نمک اعمال شد. در نهایت پس از اتمام دوره‌های پرایمینگ مورد نظر، بذره‌های پرایمینگ شده توسط آب مقطر شسته و تمامی بذرها تا رسیدن به وزن اولیه در دمای اتاق و شرایط تاریکی خشک شدند. بذرها در شرایط آزمایشگاهی در دمای  $1 \pm 20$  درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور قرار گرفتند و بررسی جوانه‌زنی در ظرف‌های پتری پلاستیکی با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صورت گرفت. قبل از شروع آزمایش ظرف‌های پتری با استفاده از الکل ضدعفونی شده، در داخل هر ظرف پتری ۱۰۰ عدد بذر قرار داده شد. در شرایط گلدانی در هر گلدان ۲۵ بذر به فاصله ۵ سانتی‌متر و به عمق حدود نیم‌سانتی‌متر کشت شدند. شمارش بذره‌های جوانه‌زده در شرایط آزمایشگاهی و بذره‌های سبز شده در شرایط گلدانی، ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش و هر روز در ساعت ۱۲ ظهر انجام می‌گرفت. مدت زمان آزمایش در شرایط آزمایشگاهی ۱۴ روز و در شرایط گلدانی ۲۱ روز طول کشید. معیار جوانه‌زنی بذرها در شرایط آزمایشگاهی، خروج ریشه‌چه حداقل به طول ۲ میلی‌متر (ISTA, ۲۰۰۹) ولی در شرایط گلدانی بیرون آمدن از سطح خاک و قابل رویت شدن آن در نظر گرفته شد.

به‌منظور مطالعه تأثیر روش‌های مختلف پیش‌تیمار و مدت‌زمان پیش‌تیمار بذر بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای و شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی سرخارگل، دو تحقیق به‌صورت مجزا در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به اجرا درآمد. هر کدام از آزمایش‌ها شامل تیمارهای زیر بودند: عامل اول روش‌های مختلف پرایمینگ در هشت سطح (هاردنینگ، هیدروترمال، هیدروپرایمینگ، کلریدپتاسیم، نیترات کلسیم، کلریدسدیم، نیترات پتاسیم و بدون تیمار (شاهد)) و عامل دوم مدت‌زمان پرایمینگ در دو سطح ۳ و ۶ ساعت. در تیمار هاردنینگ (روش خیس و خشک کردن بذر) بذرها پس از ضدعفونی شدن به مدت سه ساعت در آب مقطر قرار داده شده و سپس به مدت یک ساعت در داخل دستمال کاغذی نگه داشته شدند و این کار دو بار تکرار شد. در تیمار هیدروترمال (روش آب گرمایشی) بذرها پس از ضدعفونی شدن به مدت شش ساعت در آب مقطر دارای دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در تیمار هیدروپرایمینگ (روش آب مقطر) بذرها پس از ضدعفونی شدن به مدت شش ساعت در آب مقطر نگهداری شدند. همچنین غلظت کلیه نمک‌ها (کلریدپتاسیم، نیترات کلسیم، کلریدسدیم، نیترات پتاسیم) مورد استفاده در این آزمایش طوری تهیه شدند که پتانسیل اسمزی ۱/۳- مگاپاسکال ایجاد کرده

## جدول ۱- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 1- Equations of germination indices

شماره معادله (equation number)	شاخص (Index)	رابطه (equation)	منابع مورد استفاده (References)
(۱)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	$GP = \frac{n}{N} \times 100$	Panwar and Bhardwaj, ۲۰۰۵
(۲)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	$GR = \sum \frac{n_i}{t_i}$	Kulkarni <i>et al.</i> , ۲۰۰۷
(۳)	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean germination time	$MGT = \frac{\sum (t_i \times n_i)}{\sum n}$	Kulkarni <i>et al.</i> , ۲۰۰۷
(۴)	قدرت جوانه‌زنی Germination vigour	$GV = \frac{GR \times \text{Mean}(PL + RL)}{100}$	ISTA, ۲۰۰۹

$n$  = کل بذره‌های جوانه‌زده طی دوره،  $n_i$  = تعداد بذره‌های جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص  $t_i$ ،  $t_i$  = تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی،  $N$  = تعداد بذره‌های کاشته شده،  $PL$  = طول ساقه‌چه،  $RL$  = طول ریشه‌چه  
 $n$  = Total of germinated seeds during period,  $n_i$  = The number of germinated seeds at an interval of distinct period;  $t_i$ ,  $t_i$  = The number of days after the start of germination,  $N$  = Number of sowed seeds,  $PL$  = Plumule length,  $RL$  = Radicle Length

داشته‌اند. بنابراین می‌توان با انجام مقایسه میانگین، برهمکنش بهترین روش پیش تیمار و مدت زمان پیش تیمار را برای بذرهای گیاه سرخارگل تعیین نمود و از آن‌ها جهت بهبود قوای زیستی بذرها قبل از کاشت، به‌خصوص در شرایط مزرعه‌ای و محیط‌های نامطلوب و تنش‌زا استفاده نمود. شاکرمی و همکاران (Shakarami et al., 2011) با مطالعه اثر تیمارهای پرایمینگ بر مقاومت به شوری بذرهای *Festuca ovina* L و *Festuca arundinacea* Schreb در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه، ضمن بیان اختلاف معنی‌دار بین ارقام از لحاظ عکس‌العمل به پیش تیمار، بیان نمودند که روش‌های مختلف پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی داشتند و پرایمینگ باعث کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی و افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بنیه در مقایسه با بذرهای شاهد یا بدون پرایمینگ شده است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش پیش تیمار در مدت زمان پرایم در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی به ترتیب در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، پیش تیمار بذر تکنیکی است که در آن اجازه داده می‌شود بذرها تا اندازه‌ای هیدراته شوند (آماس کنند)، به طوری که مراحل اولیه جوانه‌زنی انجام گردد اما ریشه‌چه خارج نشود. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله‌ی دوم جذب آب پیش می‌روند ولی وارد مرحله سوم نمی‌شوند (Badek et al., 2006; Ghassemi and Esmaeilpour, 2008). این بذرها چنانچه دوباره در شرایط جوانه‌زنی قرار بگیرند، در مقایسه با بذرهای غیر پرایم دارای بنیه و کیفیت بالاتری می‌باشند و سریعاً جوانه می‌زنند. با این حال این موضوع همیشه صادق نبوده و در بعضی از مواقع پیش تیمار بذر باعث کاهش بنیه و کیفیت بذر می‌شود. در این تحقیق مشخص شد که در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۴) کلرید سدیم در مدت زمان ۳ ساعت (۵۳/۳۳ درصد جوانه‌زنی) در مقایسه با شاهد (۵۸/۶۷ درصد جوانه‌زنی) باعث کاهش درصد جوانه‌زنی شده است (در حدود ۱۰ درصد کاهش یافته است) و در شرایط گلدانی (جدول ۵) روش هیدروترمال در مدت زمان ۳ و ۶ ساعت (۱ و ۴ درصد جوانه‌زنی) در مقایسه با شاهد (۱۲ درصد جوانه‌زنی) درصد جوانه‌زنی بذر سرخارگل را در حدود ۹۰-۷۰ درصد کاهش داده است.

در ضمن صفت روز تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی از طریق معادله خط رگرسیونی (درون یابی) محاسبه شد (Soltani et al., 2001). در روز آخر آزمایش برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، از هر ظرف پتری و هر گلدان به‌طور تصادفی ۱۰ نمونه برداشت شد و بعد قسمت هوایی و ریشه‌چه از هم جدا شدند و با خط‌کش بر حسب میلی‌متر محاسبه شدند و صفات وزن تر و وزن خشک گیاهچه نیز با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. جهت تجزیه و تحلیل آماری ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و همگنی واریانس داده‌ها به وسیله آزمون لون (Levene) آزمون شد. در نهایت کلیه محاسبه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹،۲) انجام شد.

## نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه سرخارگل در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۲) و گلدانی (جدول ۳) مشخص شد که روش‌های مختلف پیش تیمار تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه سرخارگل داشتند. لذا می‌توان از بین آن‌ها بهترین روش پیش تیمار را جهت آماده‌سازی بذرهای سرخارگل جهت کشت استفاده نمود. از طرفی مشخص شد که بین مدت‌زمان‌های پیش تیمار از لحاظ کلیه صفات در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۲) هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد ولی در شرایط گلدانی (جدول ۳) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. این نتیجه نیز بیان می‌دارد در شرایط آزمایشگاهی به دلیل این‌که شرایط مطلوب و قابل کنترل است، لذا اختلافی بین مدت‌زمان‌های تیمار، مشاهده نشده و هر دو مدت‌زمان شبیه هم عمل نمودند ولی در شرایط گلدانی به دلیل این‌که محیط کشت شبیه شرایط واقعی مزرعه می‌باشد، لذا بذرهایی که بهتر، پرایم شده‌اند از کیفیت بیشتر و بالاتری برخوردار می‌باشند. لذا بین مدت‌زمان‌های پیش تیمار، اختلاف‌های معنی‌داری مشاهده شده است. همچنین نتایج برهمکنش پیش تیمار × مدت‌زمان پیش تیمار نشان داد که در بیشتر صفات، به‌خصوص در شرایط گلدانی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت که این نتیجه بیان می‌دارد که هر کدام از روش‌های پیش تیمار در مدت‌زمان‌های پیش تیمار خاص، بیشترین تأثیر را بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر روش های مختلف پرایمینگ بر صفات مورد مطالعه در بذر سرخاگل در شرایط آزمایشگاه  
**Table 2- Variance analysis of the effect of different priming methods on studied traits of *Echinacea purpurea* seed in laboratory condition**

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات												
			درصد جوانزنی Germination percentage	سرعت جوانزنی Emergence rate	طول ریشهچه Radicle length	طول ساقچه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	قدرت جوانزنی Germination vigour	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	روز تا ۹۰٪ سبز شدن Day to 90% Emergence	طول گیاهچه Seedling length	قدرت سبز شدن Emergence vigour	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
Replication	تکرار	2	14.5	1.09	0.01	0.02	0.00	0.00	0.13**	0.00					
Priming	پیش تیمار	7	679.1**	6.2**	0.31**	0.05*	0.54**	1.15**	0.4**	0.01					
Priming×Time	مدتزمان پیش تیمار	1	0.26	2.81	0.01	0.00	0.02	0.05	0.01	0.00					
Priming×Time	پیش تیمار × مدتزمان	7	357.3**	4.1**	0.07	0.01	0.09	0.23**	0.1**	0.00					
Error	اشتباه آزمایشی	30	14.1	0.84	0.04	0.02	0.07	0.06	0.02	0.00					
CV (%)	ضریب تغییرات	—	4.9	12.1	16.5	12.3	11.6	13.3	14.1	13.6					

\*\* and \* are significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively

\*\*\* و \*\* : به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر روش های مختلف پرایمینگ بر صفات مورد مطالعه در بذر سرخاگل در شرایط گلدانی  
**Table 3- Variance analysis of the effect of different priming methods on studied traits of *Echinacea purpurea* seed in pot condition**

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات											
			درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن Emergence rate	میانگین مدت سبز شدن Mean emergence time	روز تا ۹۰٪ سبز شدن Day to 90% Emergence	طول گیاهچه Seedling length	قدرت سبز شدن Emergence vigour	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight				
Replication	تکرار	7	0.09**	0.39**	11.06**	4772.12**	1.21**	3.77**	0.00	0.00				
Priming	پیش تیمار	1	0.12**	0.88**	6.02**	6061.73**	3.05**	7.69**	0.06**	0.02**				
Priming×Time	مدتزمان پیش تیمار	7	0.01**	0.12**	0.99**	407.13**	0.70**	1.31**	0.02**	0.01**				
Error	اشتباه آزمایشی	30	0.00	0.01	0.28	66.58	0.1	0.05	0.00	0.00				
CV (%)	ضریب تغییرات	—	9.7	18.9	9.2	17.46	18.5	20.8	17.6	13.6				

\*\* and \* are significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively

\*\*\* و \*\* : به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

طرف دیگر مشخص شد که با افزایش مدت زمان پرایم، تأثیر این پیش تیمارها بهتر شده است. در این راستا مطالعات متعددی اثر نور، سرما، اتیلن، اسید جیبرلیک، خراش دهی بذر و پیش تیمار با پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ را به منظور غلبه بر خواب بذر و بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی سرخارگل مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نتایج مثبتی در این زمینه به دست آمده است (Bishnoi *et al.*, ۲۰۱۰). از طرفی نیز گزارش‌های بسیار زیادی حاکی از بهبود رفتار جوانه‌زنی و شاخص‌های متوسط زمان جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نرخ جوانه‌زنی و استقرار اولیه در بذور پرایم شده می‌باشد (Lee and Kim, ۲۰۰۰). نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهم کنش برای صفت سرعت جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۴) نشان داد که همانند صفت درصد جوانه‌زنی، پیش تیمار کلرید سدیم در مدت زمان سه ساعت (۴/۶۴) نه تنها باعث بهبود سرعت جوانه‌زنی نشده است، بلکه حتی در مقایسه با شاهد (۶/۲) در حدود ۲۵ درصد آن را کاهش داده است. همچنین در شرایط گلدانی پیش تیمار هیدروترمال در مدت زمان سه ساعت (۱/۷۳) در مقایسه با شاهد (۲/۴۳) در حدود ۳۰ درصد سرعت جوانه‌زنی را کاهش داده است. رضایی سوخت آبان‌دانی (Ramezani and Rezaei, ۲۰۱۱) در تحقیقی روی پیش تیمار بذر سورگوم دانه‌ای بر ویژگی‌های جوانه‌زنی به این نتیجه رسیدند که کمترین سرعت جوانه‌زنی در نیترات پتاسیم با غلظت دو درصد و مدت زمان ۴ ساعت می‌باشد. خواجه حسینی و همکاران (Khajeh-Hosseini *et al.*, ۲۰۰۳) بیان کردند که کلرید سدیم بیشتر از پلی اتیلن گلیکول سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذر سویا می‌شود. مرادی دزفولی و همکاران (Moradi Dezfuli *et al.*, ۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که پیش تیمار بذرهای ذرت باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد، در حالی که پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. در مقابل مشخص شد که پیش تیمار هاردنینگ در مدت زمان شش ساعت چه در شرایط آزمایشگاهی و چه در شرایط گلدانی بیشترین تأثیر مثبت را بر صفت سرعت جوانه‌زنی داشتند و به ترتیب توانستند ۱/۵ و ۵/۵ برابر سرعت جوانه‌زنی را افزایش دهند. همان طور که مشاهده می‌شود اختلاف بین روش‌های پیش تیمار و شاهد در شرایط گلدانی بیشتر از شرایط آزمایشگاهی است که علت آن به شرایط غیرقابل-

ممکن است یکی از دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی در پرایمینگ هیدروترمال استفاده از آب گرم (۳۵ درجه سانتی‌گراد، توضیح بیشتر در مواد و روش‌ها) می‌باشد که این امر تأثیر منفی بر روی دیواره سلولی، آنزیم‌ها و مواد غذایی بذر داشته و در مجموع باعث شده است که کیفیت بذر کاهش یافته و بر درصد جوانه‌زنی بذر به شدت اثر منفی داشته است. در این راستا پنالوسا و ایرا (Penalosa and Eira, ۱۹۹۳) بیان نمودند که تعیین زمان مناسب پیش تیمار موجب جلوگیری از تأثیر منفی پیش تیمار بر ویژگی‌های جوانه‌زنی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذور پرایم شده می‌شود. خواجه حسینی و همکاران (Khajeh-Hosseini *et al.*, ۲۰۰۳) در تحقیق خود مشاهده کردند که کلرید سدیم باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرها شده است. آن‌ها علت را این گونه بیان کردند که یون‌های سدیم و کلر موجود در کلرید سدیم باعث مسمومیت بذرها شده و اجازه جذب و نفوذ آب را به آن‌ها نمی‌دهد. در واقع شوری، اثر زیان‌آوری مثل تنش اسمزی، سمیت یونی و اختلال در جذب عناصر غذایی داشته و جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه‌های آن‌ها را کاهش می‌دهد (Alshammari *et al.*, ۲۰۰۴). یاگهمور و کایدان (Yaghamur and Kaydan, ۲۰۰۸) در گندم و قاسمی و اسماعیل پور (Ghassemi and Esmaeilpour, ۲۰۰۸) در بذرهای هندوانه نیز بیان کردند که بعضی از روش‌های پیش تیمار، اثر منفی بر جوانه‌زنی و رشد بذرها دارند.

روش‌های دیگر پیش تیمار مطالعه شده در این تحقیق نشان دادند که باعث بهبود و افزایش میزان درصد جوانه‌زنی در گیاه سرخارگل می‌شوند و از این بین، روش‌های هاردنینگ، کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم در مدت زمان شش ساعت در شرایط آزمایشگاهی (به ترتیب ۹۴، ۹۳/۳۳ و ۸۸ درصد جوانه‌زنی) در مقایسه با شاهد (۵۸/۶۷ درصد جوانه‌زنی) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شده‌اند (۶۰-۵۰ درصد). از طرفی در شرایط گلدانی روش‌های هاردنینگ و کلرید پتاسیم در مدت زمان شش ساعت به ترتیب با ۴۷ و ۴۴ درصد جوانه‌زنی بیشترین تأثیر مثبت را بر شاخص درصد جوانه‌زنی گیاه سرخارگل داشتند و در مقایسه با شاهد (۱۲ درصد جوانه‌زنی) توانستند تا حدود ۴ برابر جوانه‌زنی را افزایش دهند. بنابراین به طور کلی می‌توان از این روش‌ها جهت بهبود قوای زیستی بذرهای سرخارگل به خصوص در شرایط نامساعد محیطی استفاده نمود. از

کنترل و نامساعد گلدانی در مقایسه با شرایط آزمایشگاهی برمی‌گردد. به عبارت دیگر در شرایط گلدانی که شباهت زیادی به شرایط مزرعه‌ای دارد، به دلیل این‌که بستر بذر حاوی شرایط نامطلوب از جمله باکتری‌ها، ریزجانداران و عوامل بیماری‌زا و همچنین تنش‌های محیطی از جمله خشکی، غرقاب و سفتی خاک بستر بذر است که این عوامل در مجموع باعث می‌شود بذرهای حاصل از پیش‌تیمارهای مختلف که دارای بنیه و کیفیت متفاوتی هستند، به‌طور یکسان سبز نشوند. بنابراین در شرایط گلدانی اختلاف‌های مشاهده شده در بین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای بذر حاصل از پیش‌تیمارهای مختلف بسیار زیادتر است ولی در شرایط آزمایشگاهی به‌دلیل این‌که شرایط مطلوب و کنترل‌شده می‌باشد، لذا اختلاف‌های مشاهده شده بین بذرهای حاصل از تیمارهای مختلف اندک می‌باشد که این نتایج با نتایج اشرف و فاروغ (Ashraf and Foolad, ۲۰۰۵) و طالبیان و همکاران (Talebian et al., ۲۰۰۸) هم‌خوانی کامل دارد.

از طرف دیگر نتایج حاصل از درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی چه در شرایط گلدانی و چه در شرایط آزمایشگاهی دقیقاً شبیه هم بودند و پیش‌تیمارهایی که درصد جوانه‌زنی بیشتری داشتند، متعاقباً از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. به عبارت دیگر روش‌های پیش‌تیماری که اثرات مطلوبی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بذر داشته‌اند، باعث شده است که بذرهای این پیش‌تیمارها چه در شرایط گلدانی و چه در شرایط آزمایشگاهی نسبت به بذرهای حاصل از روش‌های پیش‌تیمار نامطلوب بهتر عمل کرده و از شاخص‌های جوانه‌زنی مطلوب‌تری برخوردار باشند. به‌طور کلی همان‌طور که می‌دانیم هرچه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، بذر در مدت زمان کمتری به سطح سبز قابل قبولی می‌رسند. لذا می‌توان از پیش‌تیمار هاردنینگ در مدت‌زمان شش ساعت جهت بهبود سرعت جوانه‌زنی بذرهای سرخارگل به‌خصوص در شرایط نامساعد اول فصل استفاده نمود. باسرا و همکاران (Basra et al., ۲۰۰۳) بیان کردند که پیش‌تیمارهایی از قبیل اسمو پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، ماتریکو پرایمینگ و پیش‌تیمار هورمونی برای تسریع جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد اغلب گیاهان زراعی تحت شرایط طبیعی و تنش به‌کار گرفته می‌شوند. دمیرکایا و همکاران (Demir Kaya

۲۰۰۶، *et al.*) در تحقیق خود بر روی آفتابگردان، افضل و همکاران (Afzal et al., ۲۰۰۶) در تحقیق خود بر روی بذرهای کلزا و مورونگو و همکاران (Murungu et al., ۲۰۰۳) در تحقیق خود بر روی پنبه گزارش نمودند که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر می‌شود. یکی از ویژگی‌های مهم بذرهای پرایم‌شده در مقایسه با بذرهای غیرپرایم این است که وقتی در شرایط مطلوب جوانه‌زنی قرار می‌گیرند، سریعاً جوانه‌زده و تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌کنند و طول گیاهچه بذرهای پرایم شده بسیار بیشتر از بذرهای غیرپرایم می‌باشد (Heydecker and Coolbear, ۱۹۷۸; Lee and Kim ۲۰۰۰; Murungu et al., ۲۰۰۳). در این تحقیق مشخص شد که کلیه روش‌های پیش‌تیمار در مقایسه با شاهد تأثیر مثبتی بر شاخص‌های رشد رویشی سرخارگل (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه) در شرایط آزمایشگاه (جدول ۴) و گلدانی (جدول ۵) داشتند. در شرایط آزمایشگاهی نیتراپتاسیم در مدت زمان شش ساعت و هاردنینگ در مدت زمان سه ساعت به ترتیب با ۲/۷۹ و ۲/۸۷ سانتی‌متر طول گیاهچه، در مقایسه با شاهد (کمترین طول گیاهچه ۱/۶۸ سانتی‌متر) بیشترین تأثیر مثبت را در افزایش رشد رویشی گیاه سرخارگل در شرایط آزمایشگاهی داشتند و به ترتیب توانستند طول گیاهچه را ۷۱ و ۶۶ درصد افزایش دهند. در شرایط گلدانی نیز روش هاردنینگ در مدت‌زمان شش ساعت در مقایسه با دیگر روش‌های پیش‌تیمار بیشترین تأثیر مثبت را در افزایش طول گیاهچه داشت (۲/۸۵ سانتی‌متر) و در مقایسه با بذرهای شاهد (کمترین طول گیاهچه، ۰/۸۵ سانتی‌متر) طول گیاهچه را ۳/۴ برابر افزایش داد. آرتولا و همکاران (Artola et al., ۲۰۰۳) و کاسیرو و همکاران (Caseiro et al., ۲۰۰۴) در تحقیق خود بیان نمودند که هیدروپرایمینگ باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد بذر می‌شود. آن‌ها دلیل این امر را قرار گرفتن بذر در آب با مدت‌زمان بیشتر نسبت به شاهد دانستند. به‌طور کلی هر چه کیفیت بذر و بنیه بذرهای تیمار شده بیشتر باشد، این بذر در درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتر خواهند داشت، لذا در مدت‌زمان کمتری به ۹۰ درصد جوانه‌زنی می‌رسند (Basra et al., ۲۰۰۴).

از طرف دیگر نتایج حاصل از درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی چه در شرایط گلدانی و چه در شرایط آزمایشگاهی دقیقاً شبیه هم بودند و پیش‌تیمارهایی که درصد جوانه‌زنی بیشتری داشتند، متعاقباً از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. به عبارت دیگر روش‌های پیش‌تیماری که اثرات مطلوبی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بذر داشته‌اند، باعث شده است که بذرهای این پیش‌تیمارها چه در شرایط گلدانی و چه در شرایط آزمایشگاهی نسبت به بذرهای حاصل از روش‌های پیش‌تیمار نامطلوب بهتر عمل کرده و از شاخص‌های جوانه‌زنی مطلوب‌تری برخوردار باشند. به‌طور کلی همان‌طور که می‌دانیم هرچه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، بذر در مدت زمان کمتری به سطح سبز قابل قبولی می‌رسند. لذا می‌توان از پیش‌تیمار هاردنینگ در مدت‌زمان شش ساعت جهت بهبود سرعت جوانه‌زنی بذرهای سرخارگل به‌خصوص در شرایط نامساعد اول فصل استفاده نمود. باسرا و همکاران (Basra et al., ۲۰۰۳) بیان کردند که پیش‌تیمارهایی از قبیل اسمو پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، ماتریکو پرایمینگ و پیش‌تیمار هورمونی برای تسریع جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد اغلب گیاهان زراعی تحت شرایط طبیعی و تنش به‌کار گرفته می‌شوند. دمیرکایا و همکاران (Demir Kaya

۲۰۰۳) نیز در تحقیق خود بیان نمودند که بذره‌های پرآیم- شده دارای قدرت جوانه‌زنی بسیار مطلوب‌تری نسبت به بذور غیر پرآیم هستند. لذا می‌توانند از رطوبت خاک، عناصر غذایی و تشعشع خورشیدی به‌طور بهینه استفاده نمایند و در این صورت گیاه قادر خواهد بود قبل از وقوع تنش‌های زودرس، دوره نمو خود را به پایان برساند.

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش برای صفت وزن تر و خشک گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۴) و گلدانی (جدول ۵) نیز نشان داد که روش‌های مختلف پیش تیمار در مقایسه با شاهد باعث افزایش وزن تر و خشک گیاهچه سرخارگل شده‌اند. این نتیجه، قابل انتظار و پیش‌بینی بود، چون همان‌طور که در صفات قبلی مشاهده شد، پیش تیمار بذر باعث بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی به‌خصوص درصد و سرعت جوانه‌زنی و افزایش رشد ریشی (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه) می‌شوند که این امر در نهایت باعث افزایش وزن گیاهچه می‌گردد. در این تحقیق مشخص شد که وزن تر و خشک گیاهچه بذره‌های شاهد چه در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۴) و چه در شرایط گلدانی (جدول ۵) در مقایسه با بذره‌های پرآیم‌شده کمترین مقدار را داشتند و این نتیجه تأثیر مطلوب روش‌های پیش تیمار را در بهبود شاخص‌های رشد بذرها نشان می‌دهد. در نهایت مشخص شد که روش هاردنینگ در مدت زمان شش ساعت بیشترین مقدار وزن تر و خشک گیاهچه را داشتند. هریس و همکاران (Harris et al., ۲۰۰۱) گزارش کردند که پیش تیمار بذر ذرت باعث استقرار و رشد بهتر گیاه، گلدهی زودتر و عملکرد بیشتر آن می‌شود، الیاس و همکاران (Ellis and Butcher, ۱۹۸۸) با انجام آزمایشی تأثیر پرآیمینگ را بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه پیاز بیان نمودند که بذره‌های پرآیم‌شده نسبت به شاهد دارای درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه بیشتری بودند. با مطالعه روابط همبستگی بین صفات در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۶) مشخص شد که صفت درصد جوانه‌زنی با کلیه صفات ارتباط مثبتی دارد و بیشترین همبستگی را با صفات قدرت جوانه‌زنی، وزن خشک و وزن تر گیاهچه برقرار کرده است.

در این تحقیق مشخص شد که روش هیدروترمال در مدت زمان سه ساعت (جدول ۵) که کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشت، متعاقباً کمترین مقدار میانگین مدت جوانه‌زنی و بیشترین مدت روز تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی را دارا بود، در حالی که روش هاردنینگ در مدت زمان شش ساعت در مقایسه با دیگر روش‌های پیش تیمار، ایده‌آل-ترین موقعیت را از لحاظ میانگین مدت جوانه‌زنی و روز تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشت. باسرا و همکاران (Basra et al., ۲۰۰۴) در تحقیق خود بیان کردند که پیش تیمار بذر باعث کوتاه شدن زمان کاشت تا سبز شدن و حفاظت بذرها از عوامل زنده و غیرزنده در مرحله بحرانی استقرار گیاهچه می‌شود. همچنین این تیمارها یکنواختی سبز شدن را موجب می‌شوند که منجر به استقرار یکنواخت و بهبود عملکرد در محصول می‌شود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., ۲۰۰۶) بیان نمودند که جوانه‌زنی، اولین و حساس-ترین مرحله رشد و نمو گیاهی می‌باشد. این محققین همچنین یکنواختی جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و سبز شدن را از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت بذر معرفی کردند.

قدرت جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین صفات ارزیابی کیفیت و قدرت بذر می‌باشد و هر چه مقدار آن بیشتر باشد، نشان‌دهنده کیفیت و قدرت بالاتر بذر می‌باشد. همان‌طور که می‌دانیم این صفت از حاصل ضرب صفات درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه محاسبه می‌شود (ISTA, ۲۰۰۹). لذا پیش تیمارهایی که باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه شوند، متعاقباً باعث بهبود قدرت جوانه‌زنی بذرها می‌گردند. مقایسه میانگین اثرات متقابل برای صفت قدرت جوانه‌زنی نشان داد که کلیه روش‌های پیش تیمار در مقایسه با شاهد باعث بهبود صفت قدرت جوانه‌زنی شده‌اند. در شرایط آزمایشگاهی (جدول ۴) نیترات پتاسیم در مدت زمان شش ساعت با ۲/۵۳ بیشترین مقدار را برای صفت قدرت جوانه‌زنی داشت و در مقایسه با شاهد (۰/۹۹) توانست صفت قدرت جوانه‌زنی را ۲/۵ برابر افزایش دهد. در شرایط گلدانی (جدول ۵) نیز مشخص شد پیش تیمار کلرید پتاسیم در مدت زمان شش ساعت (۳/۸۴) در مقایسه با شاهد (۰/۲۹) صفت قدرت جوانه‌زنی را ۱۳ برابر افزایش داد. سیوریتپ و همکاران (Sivritepe et al., )



جدول ۴ - مقایسه میانگین برهم کنش (پیش تیمار × مدت زمان پیش تیمار) ویژگی های مورد مطالعه در بذر سرخارگل در شرایط آزمایشگاه

Table 4- Mean comparison of interaction effects (Priming × Priming Time) on studied traits of *Echinacea Purpurea* seed in vitro condition

پیش تیمار	مدت	درصد جوانداری	سرعت جوانداری	طول ریشه چه	طول ساقچه	طول گیاهچه	قدرت جوانداری	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
Priming	زمان پیش تیمار	Germination percentage	Germination rate	رادیکل همترا (سانتی متر)	Plumule length (Cm)	Seedling Length (Cm)	Germination vigour	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
Priming	Priming Time	percentage	rate	Radicle length (Cm)	length (Cm)	Length (Cm)	vigour	weight (mg)	weight (mg)
شاهد	—	58.67 d-e	6.20 a-c	0.78 c	0.90 a	1.68 b	0.99 f	0.61 d	0.21 a
کلرید سدیم	3 hours	53.33 e	4.64 c	1.02 b-c	1.13 a	2.15 a-b	1.15 e-f	0.76 b-c	0.24 a
NaCl	6 hours	68.00 c-d	6.36 a-c	1.15 a-c	1.05 a	2.20 a-b	1.50 c-f	0.97 a-d	0.25 a
هیدروژن پراکسید	3 hours	83.33 a-b	8.41 a-b	1.01 b-c	1.20 a	2.20 a-b	1.83 a-f	1.30 a-b	0.26 a
Hydro ternal	6 hours	73.33 b-c	7.94 a-b	1.12 a-c	1.16 a	2.27 a-b	1.67 b-f	1.11 a-d	0.25 a
آب مقطر	3 hours	82.00 a-b	8.34 a-b	1.15 a-c	1.13 a	2.28 a-b	1.87 a-c	1.20 a-c	0.27 a
hydro priming	6 hours	60.00 c-e	5.74 b-c	1.02 b-c	1.10 a	2.12 a-b	1.27 d-f	0.78 b-d	0.37 a
نیترات کلسیم	3 hours	82.00 a-b	7.72 a-c	1.25 a-c	1.08 a	2.33 a-b	1.91 a-e	1.11 a-d	0.27 a
CaNo3	6 hours	60.67 c-e	7.01 a-c	1.12 a-c	1.15 a	2.26 a-b	1.65 b-f	1.08 a-d	0.24 a
هاردنینگ	3 hours	83.33 a-b	7.77 a-c	1.56 a-b	1.23 a	2.79 a	2.33 a-c	1.39 a	0.28 a
Hardening	6 hours	94.00 a	9.45 a	1.23 a-c	1.21 a	2.44 a-b	2.29 a-c	1.52 a	0.30 a
نیترات پتاسیم	3 hours	82.00 a-b	7.78 a-c	1.37 a-c	1.07 a	2.45 a-b	2.00 a-d	1.15 a-d	0.26 a
KNo3	6 hours	88.00 a	8.99 a-b	1.72 a	1.15 a	2.87 a	2.53 a	1.28 a-b	0.28 a
کلرید پتاسیم	3 hours	84.00 a-b	7.85 a-c	1.13 a-c	1.13 a	2.27 a-b	1.90 a-e	1.14 a-d	0.27 a
KCl <sub>3</sub>	6 hours	93.33 a	8.93 a-b	1.30 a-c	1.26 a	2.56 a-b	2.38 a-b	1.51 a	0.28 a

میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح ۵٪ می باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Tukey test

جدول ۵- مقایسه میانگین برهم کش (پیش تیمار × مدت زمان پیش تیمار) ویژگی های مورد مطالعه در بذر سرخارگل در شرایط گلدانی

پیش تیمار		مدت زمان	نرخ سبز شدن	سرعت سبز شدن	میانگین مدت سبز شدن	روز تا ۹۰٪ سبز شدن	طول گیاهچه (اصلی برآورد)	فورت سبز شدن	وزن تر گیاهچه (اصلی گرم)	وزن خشک گیاهچه (اصلی گرم)
Priming	Priming Time	Emergence percentage	Emergence rate	Mean of Emergence time	Day to 90% Emergence	Seedling Length (cm)	Emergence vigour	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)	
شاهد	—	12 i-j	2.44f	4.50 e-g	87.4 a-b	0.85 d	0.29g	0.31a	0.28a-b	
کلرید سدیم	3 hours	21 e-h	3.09 d-f	5.97 a-f	52.9 c-e	1.19 c-d	0.37 f-g	0.35 a	0.31 a-b	
NaCl	6 hours	28 c-e	5.67 c-d	6.20 a-e	75.9 a-c	1.89 a-d	1.35 c-d	0.40 a	0.34 a-b	
هیدروژن پراکسید	3 hours	1 k	1.71 f	3.30 g	74.3 a-d	1.24 b-d	0.40 f-g	0.40 a	0.35 a-b	
Hydro Ternal	6 hours	4 h-j	1.85 f	3.30 g	98.7 a	2.36 a-b	0.65 d-g	0.46 a	0.36 a-b	
آب مقطر	3 hours	19 f-i	2.75 d-f	5.50 b-f	22.9 f-g	1.48 b-d	0.56 d-g	0.45 a	0.37 a-b	
hydro priming	6 hours	25 d-g	3.13 d-f	6.53 a-d	45.7 d-f	0.98 d	0.30 g	0.36 a	0.32 a-b	
نیترات کلسیم	3 hours	12 i-j	2.17 f	4.73 d-g	26.6 e-g	1.07 d	0.31 g	0.33 a	0.29 a-b	
CaNo3	6 hours	43 a-b	6.24 c	7.07 a-c	79.6 a-c	2.24 a-c	1.65 c	0.48 a	0.37 a-b	
هاردنینگ	3 hours	35 b-c	5.52 c-e	7.40 a-b	15.3 g	1.97 a-d	1.48 c	0.36 a	0.23 b	
Hardening	6 hours	47 a	13.36 a	7.60 a	16.5 g	2.85 a	2.62 b	0.56 a	0.41 a	
نیترات پتاسیم	3 hours	18 g-i	2.49 f	5.23 c-f	22.7 f-g	1.35 b-d	0.51 e-g	0.36 a	0.31 a-b	
KNo3	6 hours	26 d-f	4.15 c-f	6.60 a-d	53.0 c-e	1.78 a-d	1.17 c-f	0.43 a	0.33 a-b	
کلرید پتاسیم	3 hours	31 c-d	4.43 c-f	6.93 a-c	5.8 g	1.85 a-d	1.28 c-e	0.37 a	0.27 a-b	
KCl <sub>2</sub>	6 hours	44 a	9.65 b	7.10 a-c	7.0 g	2.66 a	3.84 a	0.56 a	0.39 a-b	

میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح ۵٪ می باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Tukey test

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه در بذر سرخارگل در شرایط آزمایشگاه

**Table 6- Correlation coefficients between studied traits of *Echinacea purpurea* seed in laboratory condition**

Traits	صفات	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقچه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	قدرت جوانه‌زنی Germination vigour	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	0.92 **	1					
Radicle length	طول ریشه‌چه	0.60 **	0.45	1				
Plumule length	طول ساقچه	0.52 **	0.38	0.60 *	1			
Seedling length	طول گیاهچه	0.63 **	0.47	0.97 **	0.78 **	1		
Germination vigour	قدرت جوانه‌زنی	0.89 **	0.78 **	0.87 **	0.72 **	0.90 **	1	
Seedling fresh weight	وزن تر گیاهچه	0.87 **	0.77 **	0.70 **	0.84 **	0.81 **	0.94 **	1
Seedling dry weight	وزن خشک گیاهچه	0.25	0.10	0.35	0.48	0.43	0.34	0.33

\*\* and \* are significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively. \* and \*\* are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه در بذر سرخارگل در شرایط کلدانی

**Table 7- Correlation coefficients between studied traits of *Echinacea purpurea* seed in pod condition**

Traits	صفات	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن Emergence rate	میانگین مدت سبز شدن Means of Emergence time	روز تا ۹۰٪ سبز شدن Day to 90% Emergence	طول گیاهچه Seedling length	قدرت سبز شدن Emergence vigour	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight
Emergence rate	سرعت سبز شدن	0.87 **	1					
Means of Emergence time	میانگین مدت سبز شدن	0.95 **	0.73 **	1				
Day to 90% Emergence	روز تا ۹۰٪ سبز شدن	-0.51 **	-0.42	-0.58 *	1			
Seedling length	طول گیاهچه	0.66 **	0.79 **	0.48	-0.21	1		
Emergence vigour	قدرت سبز شدن	0.81 **	0.89 **	0.64 **	-0.43	0.84 **	1	
Seedling fresh weight	وزن تر گیاهچه	0.56 *	0.76 **	0.35	-0.16	0.87 **	0.81 **	1
Seedling dry weight	وزن خشک گیاهچه	0.25	0.51 *	0.04	-0.09	0.55 *	0.48	0.86 **

\*\* and \* are significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively. \* and \*\* are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

شد که بین روش‌های مختلف پیش تیمار و مدت زمان پیش تیمار از لحاظ کلیه صفات در شرایط گلدانی اختلاف-های بیشتری مشاهده شد. این نتیجه بیان می‌کند در شرایط آزمایشگاهی به دلیل این که شرایط مطلوب و قابل کنترل است اختلاف‌های بین روش‌های مختلف پیش تیمار و شاهد کم می‌باشد ولی در شرایط گلدانی به دلیل این که محیط کشت نامطلوب است و بذرهائی که پریم شده‌اند از کیفیت بیشتر و بالاتری برخوردار می‌باشند، لذا اختلاف‌های بین روش‌های مختلف پیش تیمار و شاهد بیشتر می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از شرایط گلدانی قابل اعتمادتر می‌باشند. همچنین نتایج نشان دادند که بین مدت زمان پیش تیمار اختلاف کاملاً معنی‌داری وجود دارد، لذا می‌توان بیان نمود که مدت زمان پیش تیمار بذر یکی از عوامل مهم پیش تیمار می‌باشد و باید در تحقیقات علمی و کاربردی آن را لحاظ نموده و بهترین مدت زمان پیش تیمار بذر را در هر گونه گیاهی تعیین کرد و باعث بهبود اثر پیش تیمار بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد. به طور کلی در این تحقیق مشخص شد که هر چه مدت زمان پیش تیمار افزایش می‌یابد، در اکثر موارد اثر پیش تیمارها بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بهبود می‌یابد و روش‌های هاردنینگ و کلرید پتاسیم در مدت زمان شش ساعت بیشترین اثر مثبت را بر شاخص‌های گیاهچه گیاه سرخارگل داشتند. لذا می‌توان از این تیمارها جهت بهبود قدرت و کیفیت بذرهائی سرخارگل به خصوص در شرایط نامساعد محیطی جهت استفاده بهینه از رطوبت خاک، عناصر غذایی و تشعشع خورشیدی استفاده نمود. این بذرها ضمن این که قادرند قبل از وقوع تنش‌های زودرس دوره نمو خود را به پایان برسانند، می‌توانند با افزایش سطح سبزه مزرعه باعث افزایش عملکرد گیاه شوند.

این نتیجه بیان می‌دارد که روش‌هایی از پیش تیمار که باعث بهبود جوانه‌زنی در گیاه می‌شوند، متعاقباً باعث بهبود شاخص‌های رشد رویش گیاه و افزایش وزن خشک گیاهچه می‌گردد، در حالی که مطالعه روابط همبستگی بین صفات در شرایط گلدانی (جدول ۷) نشان داد که بین کلیه صفات مورد مطالعه به جز روز تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی اثرات کاملاً مثبت و معنی‌داری وجود دارد که این امر بیانگر این موضوع است که بهبود در درصد جوانه‌زنی در شرایط مزرعه‌ای باعث بهبود در سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی و طول گیاهچه شده که این امر در نهایت باعث بهبود قدرت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه و کاهش مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی می‌شود. بنابراین همان‌طور که قبلاً اشاره گردید می‌توان از تکنیک پیش تیمار بذر جهت تقویت کیفیت و بنیه بذر و نیز بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی استفاده نمود که این امر متعاقباً باعث بهبود شاخص‌های رشد رویشی گیاه به خصوص در شرایط نامساعد اول فصل می‌شود.

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از پیش تیمار بذر در مجموع باعث بهبود قدرت و کیفیت بذرهائی سرخارگل شده و بذرهائی پریم شده دارای مؤلفه‌های جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد رویشی بهتری می‌باشند. لذا می‌توان از بین تکنیک‌های مختلف پیش تیمار بذر بهترین روش را جهت بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه سرخارگل استفاده نمود. با این حال نکته قابل توجه در این تحقیق این بود که بعضی از روش‌های پیش تیمار از جمله کلرید سدیم و هیدروترومال به عنوان روش‌های نامطلوب پیش تیمار بذر گیاه سرخارگل معرفی شدند و این روش‌ها نه تنها تأثیر مثبتی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی نداشتند، بلکه باعث کاهش بنیه و کیفیت بذرها شدند. از طرفی مشخص

#### منابع

- Afzal, A., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. ۲۰۰۶. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming Techniques. *Garden dequesqua Biology*, ۱۶(۱): ۱۹-۳۴.
- Alshammary, S. F., Qian, Y. L. and Wallner, S. J. ۲۰۰۴. Growth response of four turfgrass species to salinity. *Journal of Agricultural Water Management*, ۶۶: ۹۷-۱۱۱.
- Artola, A., Carrillo-Castaneda, G., Garcia, D. E. and Lossantos, G. ۲۰۰۳. Hydro-priming: a strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. *Journal of Seed Science and Technology*, ۳۱: ۴۵۵-۴۶۳.

- Ashraf, M. and Foolad, M. R.** ۲۰۰۵. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advance Agronomy**, ۸۸:۲۲۳-۲۷۱.
- Badek, B., Duijn, B. V. and Grzesik, M.** ۲۰۰۶. Effect of water supply methods and seed moisture content on germination of China aster and tomato seeds. **Journal of Agronomy**, ۲۴: ۴۵-۵۱.
- Barrett, B.** ۲۰۰۳. Medicinal properties of *Echinacea*: a critical review. **Phytomedicine**, ۱۰: ۶۶-۸۶.
- Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A. and Ahmad, R.** ۲۰۰۴. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cotton seed. **Seed Science and Technology**, ۳۲: ۷۶۵-۷۷۴.
- Basra, S. M. A., Zia, N., Mahmood, T., Afzal, A. and Khaliq, A.** ۲۰۰۳. Comparison of different in vigation techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. **Pakistan Journal of Arid Agriculture**, ۵: ۱۱-۱۶.
- Bauer, E. and Remiger, P.** ۱۹۸۹. Tlc and Hplc analysis of alkylamides in *Echinacea* drugs. **Planta Medica**, ۵۵: ۳۶۷-۳۷۱.
- Bernath, J.** ۱۹۹۳. Wild and cultivated medicinal plants. Mezo Publication, budapest, pp. ۵۶۶.
- Bishnoi, U. R., Willis, J. E. and Rao Mentreddy, S.** ۲۰۱۰. Methods to improve seed germination of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L. Moench). **Agriculture and Biology Journal North America**, ۱(۳): ۱۸۵-۱۸۸.
- Bruneton, J.** ۱۹۹۵. Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plant. Lovosisier publication, Paris.
- Caseiro, R., Bennett, M. A. and Marcos-Filho, J.** ۲۰۰۴. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. **Journal of Seed Science and Technology**, ۳۲: ۳۶۵-۳۷۵.
- Demir Kaya, M., Gamze, O., Atak, M., Çikili, Y. and Kolsarici, O.** ۲۰۰۶. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). **European Journal of Agronomy**, ۲۴: ۲۹۱-۲۹۵.
- Ellis, R. H. and Butcher, P. D.** ۱۹۸۸. The effects of priming and natural differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. **Journal of Experimental Botany**, ۳۹: ۹۳۵-۹۵۰.
- Ghassemi, G. and Esmailpour, B.** ۲۰۰۸. The effect of salt priming on the performance of differentially matured cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. **Journal of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, ۳۶: ۶۷-۷۰.
- Ghiyasi, M., Abbasi, A. S., Tajbakhsh, M., Amirnia R. and Salehzade, H.** ۲۰۰۸. Effect of osmopriming with poly ethylene glycol ۸۰۰۰ (PEG۸۰۰۰) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds under salt stress. **Research Journal of Biological Science**, ۳(۱۰): ۱۲۴۹-۱۲۵۱.
- Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeze, P.** ۲۰۰۱. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. **Agricultural Systems**, ۶۹: ۱۵۱-۱۶۴.
- Heydecker, W. and Coolbear, P.** ۱۹۷۸. Seed treatment for improved performance: Survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, ۵: ۳۵۳-۴۲۵.
- Hill, H. J.** ۱۹۹۹. Advances in seed technology. Seed dynamics, Inc. originally published in **Journal of New Seeds**, ۱(۱): ۱۱۲-۱۲۱.
- Hobbs, C. R.** ۱۹۹۴. *Echinacea*. A literature review. In seven grass species. **New Phytologist**, ۱۰۳: ۲۹۹-۳۰.
- ISTA: International Seed Testing Association.** ۲۰۰۹. International rules for seed testing. **Annexes. Seed Science and Technology Journal**, ۳۷: ۲۱-۳۶.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A. and Bingham, I. J.** ۲۰۰۳. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. **Journal of Seed Science and Technology**, ۳۱: ۷۱۵-۷۲۵. (In Persian)
- Koroch, A., Juliana, H. R., Kapetyn, J. and Simon, J. E.** ۲۰۰۲. In vitro regeneration of *Echinacea purpurea* from leaf explant. **Plant Cell Tissue and Organic Cell Culture**, ۶۹: ۷۹-۸۳.

- Kulkarni, M. G., Street, R. A. and Staden, J. V.** ۲۰۰۷. Germination and seedling growth requirements for propagation of *Dioscorea dregeana* (Kunth) Dur. and Schinz-A tuberous medicinal plant. **South African Journal of Botany**, ۳۳: ۱۳۱-۱۳۷.
- Lee, S. S. and Kim, J. H.** ۲۰۰۰. Total sugars, a-amylase activity and emergence after priming of normal and aged rice seeds. **Korean Journal of Crop Science**, ۴۵: ۱۰۸-۱۱۱.
- Melchart, D. and Linde, K.** ۱۹۹۴. Immunomodulation with *Echinacea*, a systematic review of controlled clinical trial. **Phytomedicine**, ۱: ۲۵۴-۲۵۵.
- Miller, S. C.** ۲۰۰۵. *Echinacea*, the genus *Echinacea*. CRC Press, London, pp. ۲۷۱.
- Moradi Dezfuli, P., Sharifzadeh, F. and Janmohammadi, M.** ۲۰۰۸. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, ۳ (۳): ۲۱۸-۲۲۸.
- Mubshar, H., Farooq, M., Basra, S. M. A. and Ahmad, N.** ۲۰۰۶. Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid Sunflower. **International Journal of Agriculture and Biology**, ۸(۱): ۱۴-۱۸.
- Murungu, F. S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L. J. and Whalley, W. R.** ۲۰۰۳. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). **Soil and Tillage Research**, ۷۴: ۱۶۱-۱۶۸.
- Nascimento, W. M. and Aragão, F. A. S.** ۲۰۰۴. Musk melon seed priming in relation to seed vigor. **Scientia Agricola**, ۶۱(۱): ۱۱۴-۱۱۷.
- Omidbeigi, R.** ۲۰۰۰. Production and processing of medicinal plants. Vol. ۳. Pub. Astane Ghodse Razaviee, pp. ۳۹۷. (In Persian)
- Panwar, P. and Bhardwaj, S.D.** ۲۰۰۵. Handbook of practical forestry. Agrobios (INDIA), ۱۹۱p.
- Penalosa, A. P. S. and Eira, M. T. S.** ۱۹۹۳. Hydration dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* mill.). **Seed Science and Technology**, ۲۱: ۳۰۹-۳۱۶.
- Ramezani, M. and Rezaei Sokht-Abandani, R.** ۲۰۱۱. Effect of priming techniques on the characteristics of quality grain sorghum seed germination (Kimia). **International Journal of AgriScience**, ۱(۶): ۳۵۶-۳۶۰.
- Seemanova, Z., Mistrikov, I. and Vaverkova, S.** ۲۰۰۶. Effect of growing methods and plant age on the yield and on the content of flavonoids and phenolic acids in *Echinacea purpurea* L. **Plant and Soil Environment**, ۵۲: ۴۴۹-۴۵۳.
- Shakarami, B., Dianati-Tilaki, G. H., Tabari, M. and Behtari, B.** ۲۰۱۱. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. **Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research**, ۱۸(۲): ۳۱۸-۳۲۸. (In Persian)
- Sivritepe, N., Sivritepe, H. O. and Eris, A.** ۲۰۰۳. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, ۹۷: ۲۲۹-۲۳۲.
- Soltani, A., Ghalipoor, M. and Zeinali, E.** ۲۰۰۶. Seed reserve utilization and seedling of wheat as affected by drought and salinity. **Journal of Environmental and Experimental Botany**, ۵۵: ۱۹۵-۲۰۰.
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N.** ۲۰۰۱. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. **Seed Science and Technology**, ۲۹: ۶۵۳-۶۶۲. (In Persian)
- Talebian, M. A., Sharifzadeh, F., Jahansouz, M. R., Ahmadi, A. and Naghavi, M. R.** ۲۰۰۸. Evaluation the effect of seed priming on germination, seedling stand and grain yield of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in three different regions in Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences**, ۳۹(۱): ۱۴۵-۱۵۴. (In Persian)
- Taylor, A. G.** ۱۹۹۷. Seed storage, germination and quality. In: The Physiology of Vegetable Crops, ed. H.C. Wien. Wallingford, U.K: **CAB International**. pp. ۱-۳۶
- Wagner, H. and Farnsworth, N. R.** ۱۹۹۱. Economic and medicinal plant research. Vol. ۵. Academic press, London.
- Yaghmur, M. and Kaydan, D.** ۲۰۰۸. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. **African Journal of Biotechnology**, ۷: ۲۱۵۶-۲۱۶۲.

## Determine the best method and time of priming of *Echinacea purpurea* seed in vitro and pot conditions

Mahdi Bayat<sup>1\*</sup>, Azadeh Rahmani<sup>2</sup>, Reza Amirnia<sup>3</sup> and Seyd Mohammad Alavi Siney<sup>4</sup>

1. Ph.D Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Urmia University, 2. MSc Former Student of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Zanjan University, 3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Urmia University, 4. Ph.D Student of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Zanjan University

(Received: September 10, 2013- Accepted: May 0, 2014)

### Abstract

To determine the best method and time of priming on seedling characteristics of *Echinacea purpurea* seed in vitro and pot conditions, two separated experiments were carried out at the Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran. Both of experiments were factorial experiments on a randomized design. Treatments contain methods of priming (Hardening, hydrothermal, hydro priming, KCl, CaNO<sub>3</sub>, NaCl, KNO<sub>3</sub> and control) and time of priming (3 and 6 h). Results of the variance analysis indicated that there were significant differences between priming methods both in vitro and pot conditions. But it is not reported any differences between priming times in vitro condition. However, with the increasing length of priming time in pot condition, positive effects of priming methods on germination components were more. Point of interest in this study was that all priming methods didn't improve germination components. NaCl priming in vitro and hydro thermal priming in pot condition reduced rate and percentage of germination as compared to control. However, in total, the different methods of priming had positive effects on germination characteristics of *Echinacea Purpurea* seed. Hardening and KCl priming at 6 h had the positive highest effects on rate and percentage of germination and seed vigor. Therefore, these methods can be used to increase quality and vigor of *Echinacea Purpurea* seed and subsequently increase plant tolerance to unfavorable environmental conditions as well as uniformity and seedling emergence.

**Key words:** *Echinacea purpurea*, Germination components, Seed quality, Seedling characteristics

\*Corresponding author: mahdibayat971@gmail.com