بهبود شاخص‌های رشدی و جوانه‌زنی بذر سرخارگل (*Echinacea purpurea*) توسط برخی تیمارهای قبل از برداشت و پرایمینگ بذر

حدیث حسن‌بیگی، میثم محمدی و مهدی صیدی*

ایران، ایلام، دانشگاه ایلام، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد قبل از برداشت و پرایمینگ بذر توسط اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سرخارگل (*Echinacea purpurea*) این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷ در شرایط مزرعه‌ای و سپس در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه ایلام طراحی و اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل اسید جیبرلیک در دو غلظت (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، اسید سالیسیلیک در دو غلظت (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نیتروژن با منبع اوره در دو غلظت (۳ و ۶ گرم در لیتر) بودند که بصورت جداگانه و در ترکیب با همدیگر (ترکیب اسید جیبرلیک با اسید سالیسیلیک و ترکیب اسید جیبرلیک با اوره) همراه با نمونه‌های شاهد بصورت محلول-پاشی قبل از برداشت گیاهان (در طول دوره رشد رویشی بوته‌ها و قبل از رسیدگی و برداشت بذر در مزرعه) و پرایمینگ بذر (بعد از برداشت بذر از مزرعه) اعمال شدند. نتایج نشان داد بیشترین درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه و طول ساقه‌چه در تیمار قبل از برداشت ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و نیتروژن ۶ گرم در لیتر بدست آمد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین وزن خشک گیاهچه مربوط به تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین طول ریشه‌چه نیز در تیمار قبل از برداشت ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. همچنین تیمار قبل از برداشت نیتروژن ۶ گرم در لیتر بطور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ساقه‌چه و وزن خشک بالاتری نسبت به پرایمینگ آن داشت. بنابراین در این پژوهش تیمارهای قبل از برداشت اسید جیبرلیک در ترکیب با نیتروژن و یا در مرتبه بعدی در ترکیب با اسید سالیسیلیک به عنوان برترین تیمارها از نظر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سرخارگل معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک، اوره و سرعت جوانه‌زنی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۳۴۲۹۲۰۶، پست الکترونیکی: saidi490@yahoo.com

مقدمه

گیاهان دارویی با دارا بودن خواص درمانی مختلف از نظر تأمین سلامت بشر و نیز ارزش اقتصادی و تجارت بین-المللی حائز اهمیت می‌باشند. از طرفی افزایش تولید در کشاورزی برای پاسخگویی به افزایش روزافزون جمعیت یک چالش مهم در تأمین تغذیه انسان است (۳۸). سرخارگل با نام علمی *Echinaceae purpurea* یکی از گیاهان مهم تیره Asteraceae است که بومی آمریکای شمالی بوده و امروزه در اکثر نقاط دنیا کشت می‌شود. در گذشته این گیاه برای درمان مارگزیدگی، بیماری‌های لثه و دهان، سرفه و گلودرد استفاده می‌شد (۱۹ و ۲۰). بومیان آمریکا طی سال‌های دور از عصاره ساقه و ریشه Echinacea بعنوان داروهای ضددرد و درمان‌کننده سرماخوردگی استفاده کرده‌اند (۵۲). هم‌اکنون نیز این گیاه

در درمان بیماری‌های دستگاه ادراری، اختلالات تنفسی و عفونت‌های ویروسی نیز استفاده می‌شود (۴۸).

اگرچه امروزه گیاه دارویی سرخارگل به دلیل ترکیبات بیولوژیکی موردنظر در گل‌ها، اندام‌های سبز و ریشه‌ها اهمیت اقتصادی بالایی دارد و به طور گسترده در ایران کشت می‌شود، ولی بدلیل قدرت جوانه‌زنی پایین و تولید بذرهایی با بنیه ضعیف دستیابی به دانش فنی تولید بهینه این گیاه دارویی ارزشمند ضروری می‌باشد (۱و ۴۹). از اینرو تلاش در جهت تولید بذرهایی با کیفیت بالا و ایجاد گیاهان با بنیه قوی می‌تواند سبب تولید محصول سودآور، کارآمد و پایدار در مناطق مختلف شود (۱۷).

نرخ جوانه‌زنی کم و عدم یکنواختی در جوانه‌زنی بذور سرخارگل به طور قابل‌توجهی مانع تولید بهینه می‌شود (۳۵) که این محدودیت جوانه‌زنی معمولاً به علت خواب جنین می‌باشد (۴۵). در تحقیقات گسترده‌ای که در مورد سرخارگل انجام گرفته است مشخص شد که ظهور جوانه-ها کمتر از ۱۰درصد بود (۶). این محدودیت‌ها در تکثیر بذر گونه‌های Asteraceae قابل استناد هستند و تا حدی به یک غشای داخلی نیمه نفوذپذیر بذر مربوط می‌شوند که ممکن است عبور آب و اکسیژن به جنین را محدود کند و از شستشوی مهارکننده‌های موجود در لپه‌ها جلوگیری کند (۶ و ۵۰). جوانه‌زنی ضعیف در گونه‌های دیگر Echinacea از جمله بذور *E. angustifolia* نیز گزارش شده است (۴۰). خراش پوشش بذر به‌عنوان یک راهکار ممکن است با تأثیر بر خواب بذر بدون چینه سرمایی، از طریق آب‌گیری سریع‌تر بذر یا شستشوی مهارکننده‌های جوانه‌زنی باعث افزایش جوانه‌زنی بذور Echinacea شود (۱۸). بطوریکه وقتی پوشش بذر *E. angustifolia* حذف شد، جوانه‌زنی آن از ۱۳ درصد به ۹۲ درصد افزایش یافت (۴۶). از طرفی روش‌های تکثیر غیرجنسی با استفاده از برش ریشه و ریزازدیادی با استفاده از تکنیک‌های کشت بافت وجود دارند که اغلب پرهزینه و دشوار هستند و نیاز به تخصص و تجهیزات خاص دارند (۳۲)، بنابراین تکثیر از طریق بذر در حال حاضر رایج‌ترین روش برای تولید تجاری سرخارگل است. امروزه اگرچه واریته‌های اصلاح شده سرخارگل دارای قوه نامیه بالایی می‌باشند ولی به دلیل وجود تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تولید گیاهچه در آن‌ها با مشکل روبرو است (۲و ۹). یکی از تکنیک‌های رایج جهت افزایش جوانه‌زنی بذرها، روش پرایمینگ بذر یا بهبود قدرت جوانه‌زنی در قبل از برداشت است (۲۵). پرایمینگ بذر بعنوان یک روش آسان، کم‌هزینه و سریع باعث کاهش زمان جوانه‌زنی و بهبود درصد و یکنواختی جوانه‌زنی در بذور می‌باشد (۲). بطوریکه پرایمینگ بذرها با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۸۰۰۰ در پتانسیل آبی ۰/۵- مگاپاسکال با خراش‌دهی مکانیکی، سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای سرخارگل را بطور معنی‌داری افزایش داد (۹). برای تولید در مقیاس زیاد پرایمینگ بذرها با روش‌های شیمیایی و غیرشیمیایی برای شکستن خواب بذر روشی کاربردی است (۹ و ۵۳). با اینکه پرایمینگ بذر یک روش مناسب برای بهبود جوانه‌زنی و قدرت بذر است ولی تغذیه و تیمار مناسب قبل از برداشت بذرها توسط انواع تنظیم‌کننده‌های رشد و عناصر غذایی نیز باعث تولید بذرهایی با بنیه قوی می‌شوند که می‌توانند شاخص‌های جوانه‌زنی را بهبود ببخشند (۷ و ۱۵). جیبرلین یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد سلولی و یک گروه از اسیدهای دی‌ترپنوئید است که تنظیم بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو گیاه، از جمله شکستن خواب و جوانه‌زنی بذر، توسعه جنین و تأثیر بر گل‌دهی، افزایش طول ساقه، گسترش برگ و توسعه گل و میوه را بر عهده دارد (۲۳ و ۴۷). اثرات جیبرلین بطور چشمگیری شبیه اثرات القاء شده در طبیعت به وسیله قرارگرفتن در معرض نور و یا به وسیله بهارش هستند (۱۲).

در تولید گیاهان دارویی از روش‌ها و عوامل زراعی بمنظور افزایش میزان مواد مؤثره آن‌ها استفاده می‌شود، بدیهی است که یکی از عوامل مهم زراعی نیتروژن است (۴۲). نیتروژن

یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاه است که در بیوسنتز ترکیبات پروتئینی، آنزیم‌ها، ترکیبات متابولیسمی واسط، ترکیباتی که در ساخت مواد و انتقال انرژی فعالیت دارند و حتی در ساختمان اسید دزوکسی ریبونوکلئیک که انتقال خواص ارثی را بر عهده دارد، نقش دارد. همچنین تغذیه مناسب نیتروژن می‌تواند باعث تولید بذرهایی با کیفیت مناسب شود و شاخص‌های جوانه‌زنی را بهبود ببخشد (۲۹ و ۳۱). در یک بررسی مشخص شد که افزایش میزان نیتروژن تا مقادیر مشخص در سطوح بالای تنش شوری تأثیر مثبت بر درصد ظهور گیاهچه‌ها و بهبود رشد در ارقام گندم دارد (۳۶). همچنین گزارش شده است اثر نامطلوب اوره در جوانه‌زنی بذر گندم، چاودار و جو در خاک به علت آمونیاک است که از طریق هیدرولیز اوره از طریق اوره‌آز ایجاد می‌شود ولی تغذیه مناسب، قبل از برداشت باعث بهبود دانه‌بندی گیاهان می‌شود (۱۱).

اسید سالیسیلیک نیز بعنوان یک مولکول سیگنال‌دهنده نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه و توسعه آن دارد (۲۸). جذب این مولکول توسط بذر موجب افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (۳۳). استفاده از اسید سالیسیلیک به طور قابل‌توجهی آسیب ناشی از تنش شوری در طی جوانه زدن نخود را کاهش داد (۲۲). همچنین غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک سبب جوانه‌زنی قابل‌توجهی در تمام ارقام بادام زمینی شد (۲۶). تاکنون گزارشی مبنی بر کاربرد جیبرلین، نیتروژن و اسید سالیسلیک در قبل از برداشت و در ترکیب با همدیگر مشاهده نشده است. بنابراین در این پژوهش کاربرد قبل از برداشت و پرایمینگ بذر توسط اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و نیتروژن بر شاخص‌های جوانه زنی گیاه دارویی سرخارگل مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روشها

این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷ در شرایط مزرعه‌ای و سپس در آزمایشگاه در گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام طراحی و اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل اسید جیبرلیک در دو غلظت (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، اسید سالیسیلیک در دو غلظت (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نیتروژن با منبع اوره در دو غلظت (۳و ۶ گرم در لیتر) بودند که بصورت جداگانه و در ترکیب با همدیگر (ترکیب اسید جیبرلیک با اسید سالیسیلیک و ترکیب اسید جیبرلیک با اوره) بصورت محلول‌پاشی قبل از برداشت گیاهان (در طول مرحله رشد رویشی بوته‌ها قبل از رسیدگی و برداشت بذر در مزرعه) و پرایمنگ بذر (بعد از برداشت بذر از مزرعه) اعمال شدند. بمنظور اجرای این پژوهش در فصل بهار پس از شخم زدن زمین، سه بلوک به طول ۲۷ متر و عرض ۳ متر موازی با هم ایجاد شد و نشاهای گیاه سرخارگل که از یک مرکز تولیدی در ارومیه تهیه شده بودند با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری نیز توسط لوله‌های آبیاری سوپردریپ انجام گرفت. برای تیمارهای قبل از برداشت بذر محلول‌پاشی با تیمارهای فوق یک بار در مرحله رشد رویشی گیاهان (سه هفته پس از کاشت) و یکبار در زمان شروع گل‌دهی (ظهور اولین گل‌ها) انجام گرفت. پس از گرده‌افشانی گل‌ها و رسیدن بذور گل‌های هر تیمار بصورت جداگانه برداشت شد. سپس آزمایش بر روی بذر تمامی نمونه‌هایی که پایه مادری آن‌ها تیمار شده بود انجام شد و برای پرایمینگ بذور با تیمارهای فوق از بذر گیاهانی که در مجاور مزرعه کشت شده بودند و هیچگونه تیماری بر روی آن‌ها اعمال نشده بود استفاده شد (شکل ۱).

تمامی بذور قبل از انجام آزمایش به مدت دو هفته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد برای شکستن خواب نگهداری شدند. پس از شستشو و ضدعفونی، بذوری که پایه مادری آن‌ها تیمار شده بود به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و برای اعمال تیمارهای پرایمینگ نیز بذور تیمار نشده در قبل از برداشت نیز به مدت ۲۴ ساعت در

تیمارهای مورد نظر (همان تیمارهایی که در قبل از برداشت استفاده شدند) خیسانده شدند. پس از آن از هر تیمار ۲۰ عدد بذر با سه تکرار در داخل پتری‌دیش‌های یکبار مصرف با قطر دهانه نه سانتی‌متر روی دو لایه کاغذ صافی سترون قرار داده شد و به انکوباتور با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ تا ۷۰ درصد منتقل شدند.

شکل ۱- مراحل مختلف اجرای آزمایش در قبل و پس از برداشت بذرها

شمارش بذرهای جوانه‌زده بصورت روزانه در ساعات معین و طی نه روز انجام گرفت. اولین روز شمارش و آخرین روز شمارش بذرهای جوانه‌زده برای گیاه سرخارگل بترتیب روز اول و روز نهم پس از شروع آزمایش بود. شمارش تا زمانی که تعداد بذور جوانه‌زده در دو شمارش متوالی تغییر نکرد ادامه یافت. درصد جوانه‌زنی از طریق شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده شده در روز آخر به تعداد کل بذور محاسبه شد. شاخص بنیه بذر از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در ارتفاع گیاهچه بدست آمد (۵).

ارتفاع گیاهچه × درصد جوانه زنی نهایی = شاخص بنیه بذر(شاخص ویگور بذر)

سرعت جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش ماگوئر (Maguire) محاسبه شد که برابر با مجموع نسبت $\frac{Ni}{Ti}$ است، که Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت می‌باشد (۴).

سرعت جوانه‌زنی = $\Sigma G.R.$[1] = $\frac{Ni}{Ti}$

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک گیاهچه نیز با ترازوی با دقت ۰/۰۰۲ گرم و وزن هزار دانه با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. در این آزمایش اثر تیمار، روش کاربرد و اثرمتقابل تیمار×روش کاربرد بررسی شدند. نتایج توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ تجزیه و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرایمینگ بذر توسط تیمارها برای طول ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد و برای سایر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی معنی‌دار شد. کاربرد تیمارها قبل از برداشت تنها بر طول ساقه‌چه معنی-دار نبود و برای سایر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارها بصورت اثر تیمار×روش کاربرد نیز اگرچه برای وزن تر گیاهچه و وزن هزار دانه بذر معنی‌دار نبود ولی برای سایر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد آزمون

[1] Germination.Rate

توکی معنی‌دار شد (جدول ۱). بنابراین در این مطالعه نتایج حاصل از اثرات متقابل کاربرد تیمارها مورد بررسی قرارگرفت.

جدول۱- تجزیه واریانس اثر اسید جیبرلیک، نیتروژن و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بذر و گیاهچه سرخارگل

میانگین مربعات	درجه آزادی	وزن هزار دانه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
تیمار	۱۴	۰/۱۴۶^{ns}	۵۰۹/۶۴**	۱۲/۹۸**	۹۲/۴۱**	۱۳/۹۷*	۲۲/۷۴**	۰/۰۰۰۰۷*	۱/۸۴**
روش کاربرد	۱	۵/۴۷**	۱۰۴۵۴/۴۴**	۵۹/۰۶**	۱۷۹۱/۴**	۳۸۳/۲**	۱/۴۶^{ns}	۰/۰۰۰۴**	۹/۶۹**
تیمار×روش کاربرد	۱۴	۰/۱۴۶^{ns}	۱۰۳۱/۲۳**	۱۱/۱۵**	۱۵۶/۶۲**	۲۴/۹۲**	۳۱/۵۶**	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۲/۸۷**
خطای آزمایش	۶۰	۰/۲۲	۱۴۳/۰۵	۲/۶۵	۲۱/۸۵	۶/۸۳	۸/۹۳	۰/۰۰۰۰۳	۰
ضریب تغییرات (CV)	-	۹/۴۶	۱۸/۱۲	۳۴/۰۹	۲۳/۰۴	۲۵/۹۸	۱۵/۲۵	۳۹/۴۲	۹/۴۱

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد آزمون توکی و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

اثر تیمارها بر وزن هزار دانه بذر گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد که بین وزن هزار دانه تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در تیمارهای قبل از برداشت ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر × نیتروژن ۶ گرم در لیتر و نیتروژن ۶ گرم در لیتر مشاهده شد که نسبت به تیمار پرایمینگ تفاوت معنی‌دار داشت، در تیمارهای قبل از برداشت اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر، و ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز درصد جوانه‌زنی، بطور معنی‌داری نسبت به تیمار پرایمینگ بالاتر بود. در بقیه تیمارها روش-های کاربرد تیمار تفاوت معنی‌داری با هم نداشت (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر سرعت جوانه‌زنی بذر گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که بطور معنی‌داری نسبت به شاهد سرعت جوانه-زنی بالاتری داشت. سرعت جوانه‌زنی در تیمار قبل از برداشت نیتروژن ۶ گرم در لیتر نیز بطور معنی‌داری نسبت به تیمار پرایمینگ بالاتر بود. بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار در سرعت جوانه‌زنی تیمار پایه مادری و پرایمینگ نداشتند (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر شاخص بنیه بذر گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد که بیشترین شاخص بنیه به ترتیب مربوط به تیمارهای قبل از برداشت ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر، ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر و تیمار نیتروژن ۶ گرم در لیتر بود که نسبت به تیمار پرایمینگ بطور معنی‌داری بالاتر بود. همچنین در ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر و ترکیب اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر شاخص بنیه تیمار پایه مادری بطور معنی‌داری نسبت به تیمار پرایمینگ بالاتر بود. همچنین تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمارهای قبل از برداشت نیتروژن ۶ گرم در لیتر ، ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۳ گرم در لیتر، ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر و ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی-گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نسبت به شاهد بطور معنی‌داری شاخص بنیه بالاتری داشتند (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر طول ریشه‌چه گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد بیشترین طول ریشه‌چه بترتیب در تیمارهای قبل از برداشت ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۳ گرم در لیتر و ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر مشاهده شد. همچنین در تیمارهای ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۳ گرم در لیتر و ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر طول ریشه‌چه تیمار قبل از برداشت نسبت به پرایمینگ بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر طول ساقه‌چه گیاه سرخارگل: نتایج نشان داد بیشترین طول ساقه‌چه بترتیب در تیمارهای پرایمینگ ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر و پرایمینگ اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. همچنین طول ساقه‌چه تیمار قبل از برداشت نیتروژن ۶ گرم در لیتر نسبت به پرایمینگ بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر وزن تر گیاهچه سرخارگل: نتایج نشان داد برای وزن تر گیاهچه بین هیچکدام از تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۲).

اثر کاربرد تیمارها بر وزن خشک گیاهچه سرخارگل: نتایج نشان داد بیشترین وزن خشک گیاهچه مربوط به تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. همچنین در تیمار قبل از برداشت نیتروژن ۶ گرم در لیتر، وزن خشک گیاهچه نسبت به پرایمینگ بطور معنی‌داری بیشتر بود. برعکس در تیمار پرایمینگ ترکیب اسید جیبرلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + نیتروژن ۶ گرم در لیتر وزن خشک گیاهچه بطور معنی‌داری نسبت به تیمار قبل از برداشت بیشتر بود (جدول ۲).

جدول۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید جیبرلیک، نیتروژن و اسید سالیسیلیک و نوع کاربرد آن‌ها بر ویژگی‌های بذر و گیاهچه سرخارگل

نوع کاربرد تیمار	اسید جیبرلیک (mg/L)	نیتروژن(gr/L)	اسید سالیسیلیک(mg/L)	جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (day)	شاخص بنیه
قبل برداشت	۰	۰	۰	۵۶/۶۶^{abcdefg}	۳/۸۲^{bcdefg}	۱۳/۸۵^{defghi}
پرایمینگ	۰	۰	۰	۵۶/۶۶^{abcdefg}	۳/۸۲^{bcdefg}	۱۳/۸۵^{defghi}
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۰	۷۶/۶۶^{abcd}	۶/۵۱^{abcd}	۲۳/۹۶^{abcde}
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۰	۷۶/۶۶^{abcd}	۷/۸۶^{ab}	۲۵/۶۲^{abcde}
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۰	۶۶/۶۶^{abcdef}	۵/۷۲^{abcdefg}	۲۲/۲۵^{abcdefg}
پرایمینگ	۲۰۰	۰	۰	۸۸/۳۳^{ab}	۹/۹۵^{a}	۳۰/۲۶^{ab}
قبل برداشت	۰	۳	۰	۷۵ ^{abcd}	۵/۲۵^{abcdefg}	۲۴/۸۴^{abcde}
پرایمینگ	۰	۳	۰	۶۶/۶۶ ^{abcdef}	۲/۴۰^{cdefg}	۱۸/۹۸^{abcdefghi}
قبل برداشت	۰	۶	۰	۹۱/۶۶^{a}	۶/۸۸^{abcd}	۳۱/۴^{ab}
پرایمینگ	۰	۶	۰	۳۳/۳۳^{efg}	۰/۹۸^{g}	۵/۶۱^{i}
قبل برداشت	۰	۰	۱۰۰	۶۰ ^{abcdefg}	۳/۲۷^{bcdefg}	۱۶/۳۹^{bcdefghi}
پرایمینگ	۰	۰	۱۰۰	۶۶/۶۶ ^{abcdef}	۳/۶۶^{bcdefg}	۱۹/۸۳^{abcdefghi}
قبل برداشت	۰	۰	۲۰۰	۷۱/۶۶^{abcde}	۴/۵۹^{bcdefg}	۲۰/۹۷^{abcdefgh}
پرایمینگ	۰	۰	۲۰۰	۲۵^{g}	۱/۱۵^{fg}	۶/۱۱^{hi}
قبل برداشت	۱۰۰	۳	۰	۷۶/۶۶^{abcd}	۴/۹۴^{abcdefg}	۲۲/۹۳^{abcdef}
پرایمینگ	۱۰۰	۳	۰	۸۰^{abc}	۴/۵۱^{bcdefg}	۲۴^{abcde}
قبل برداشت	۱۰۰	۶	۰	۷۶/۶۶^{abcd}	۶/۰۳^{abcdefg}	۲۵/۱۳^{abcde}
پرایمینگ	۱۰۰	۶	۰	۳۳/۳۳^{efg}	۱/۲۶^{efg}	۷/۵۳^{ghi}
قبل برداشت	۲۰۰	۳	۰	۸۸/۳۳^{ab}	۶/۴۶^{abcde}	۳۱/۶۳^{a}

پرایمینگ	۲۰۰	۳	۰	۶۵^{abcdef}	۵/۳۷^{abcdef}	۱۶/۳۸^{bcdefghi}
قبل برداشت	۲۰۰	۶	۰	۹۳/۳۳^{a}	۶/۴۷^{abcde}	۳۱/۹۹^{a}
پرایمینگ	۲۰۰	۶	۰	۳۸/۳۳^{defg}	۱/۸۶^{defg}	۱۱/۲^{efghi}
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۱۰۰	۸۳/۳۳^{abc}	۴/۳۹^{bcdefg}	۲۵/۳۹^{abcde}
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۰^{fg}	۲/۷۵^{bcdefg}	۸/۲^{fghi}
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۲۰۰	۸۱/۶۶^{abc}	۷/۳۶^{abc}	۲۶/۹^{abcd}
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۲۰۰	۵۱/۶۶^{bcdefg}	۳/۹۷^{bcdefg}	۱۴/۱۲^{cdefghi}
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۱۰۰	۷۱/۶۶^{abcde}	۵/۸۱^{abcdefg}	۲۴/۵۹^{abcde}
پرایمینگ	۲۰۰	۰	۱۰۰	۷۰^{abcde}	۶/۶۱^{abcd}	۲۱/۲۳^{abcdefg}
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۲۰۰	۸۱/۶۶^{abc}	۶/۲۲^{abcdef}	۲۸/۹۲^{abc}
پرایمینگ	۲۰۰	۰	۲۰۰	۴۶/۶۶^{cdefg}	۳/۲۷^{bcdefg}	۱۴/۳۹^{cdefghi}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

ادامه جدول ۲

نوع کاربرد تیمار	اسید جیبرلیک (mg/L)	نیتروژن (gr/L)	اسید سالیسیلیک (mg/L)	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه RS	وزن خشک گیاهچه DW	وزن تر گیاهچه FW	وزن هزار دانه W1000
قبل برداشت	۰	۰	۰	۸/۲۶abcde	۱۶/۰۶abc	۰/۰۰۲۴abcd	۰/۰۱۴۳a	۴/۷۳a
پرایمینگ	۰	۰	۰	۸/۲۶abcde	۱۶/۰۶abc	۰/۰۰۲۴abcd	۰/۰۱۴۳a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۰	۱۳/۸۶abc	۱۷/۶abc	۰/۰۰۲۸abcd	۰/۰۱۷۰a	۵/۷۶a
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۰	۹/۶abcde	۲۳/۸ab	۰/۰۰۳۲a	۰/۰۲۵۵a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۰	۱۲/۵۳abcde	۲۰/۲۶abc	۰/۰۰۲۸abcd	۰/۰۱۹۷a	۵/۳۳a
پرایمینگ	۲۰۰	۰	۰	۹/۸۶abcde	۲۴/۳۳ab	۰/۰۰۳۰abc	۰/۰۲۲۳a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۰	۳	۰	۱۲/۰۶abcde	۲۱/۱۳abc	۰/۰۰۲۶abcd	۰/۰۱۳۷a	۵/۲۶a
پرایمینگ	۰	۳	۰	۱۰/۵۳abcde	۱۷/۶۸abc	۰/۰۰۲۵abcd	۰/۰۱۱۸a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۰	۶	۰	۱۱/۳۳abcde	۲۳/۱۳ab	۰/۰۰۳۰abc	۰/۰۱۷۲a	۵/۴۳a
پرایمینگ	۰	۶	۰	۵/۱۱de	۱۱/۷۲c	۰/۰۰۲۱d	۰/۰۰۶۲a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۰	۰	۱۰۰	۹/۱۳abcde	۱۸/۶۶abc	۰/۰۰۲۶abcd	۰/۰۱۵۸a	۵/۰۳a
پرایمینگ	۰	۰	۱۰۰	۱۴/۲۶ab	۱۵/۴abc	۰/۰۰۲۲cd	۰/۰۱۲۳a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۰	۰	۲۰۰	۸/۹۳abcde	۱۹/۸abc	۰/۰۰۲۷abcd	۰/۰۱۶۶a	۵/۵۰a
پرایمینگ	۰	۰	۲۰۰	۶/۷۵bdde	۱۴/۷۵bc	۰/۰۰۲۳bcd	۰/۰۰۸۵a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۱۰۰	۳	۰	۹/۲abcde	۲۰/۴abc	۰/۰۰۲۶abcd	۰/۰۱۶۵a	a۵/۳۶
پرایمینگ	۱۰۰	۳	۰	۷/۷۳bcde	۲۲/۱۳ab	۰/۰۰۲۵abcd	۰/۰۱۰۸a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۱۰۰	۶	۰	۱۲/۰۶abcde	۲۰/۶۶abc	۰/۰۰۳۰abc	۰/۰۲۰۲a	a۵/۴۰
پرایمینگ	۱۰۰	۶	۰	۴/۸۸de	۱۷/۹۳abc	۰/۰۰۲۲cd	۰/۰۰۸۲a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۲۰۰	۳	۰	۱۶/۲a	۱۹/۶abc	۰/۰۰۳۱ab	۰/۰۲۲۱a	a۵/۳۰
پرایمینگ	۲۰۰	۳	۰	۵/۷۵cde	۱۹/۶۶abc	۰/۰۰۲۵abcd	۰/۰۱۴۸a	a۴/۷۳
قبل برداشت	۲۰۰	۶	۰	۱۴/۸ab	۱۹/۳۳abc	۰/۰۰۲۲cd	۰/۰۱۸۶a	a۴/۶۰
پرایمینگ	۲۰۰	۶	۰	۴/۱۶e	۲۴/۶۶a	۰/۰۰۳۱ab	۰/۰۲۲۷a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۱۰۰	۱۳/۰۳abcd	۱۷/۳۳abc	۰/۰۰۲۶abcd	۰/۰۱۵۳a	a۵/۰۳
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۱۰۰	۸/۲abcde	۲۰/۲abc	۰/۰۰۲۳bcd	۰/۰۰۸۷a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۱۰۰	۰	۲۰۰	۱۱/۲abcde	۲۱/۴۶ab	۰/۰۰۲۷abcd	۰/۰۱۷۳a	a۴/۸۶
پرایمینگ	۱۰۰	۰	۲۰۰	۸/۱abcde	۱۹/۳۳abc	۰/۰۰۲۲cd	۰/۰۰۷a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۲۰۰	۱۳abcd	۲۱/۲abc	۰/۰۰۲۸abcd	۰/۰۲۰۵a	a۵/۴۳

پرایمینگ	۲۰۰	۰	۱۰۰	۸/۰۸abcde	۲۲ab	۰/۰۰۲۷abcd	۰/۰۱۶۹a	۴/۷۳a
قبل برداشت	۲۰۰	۰	۲۰۰	۱۶/۲۶a	۱۹/۲abc	۰/۰۰۳abc	۰/۰۲۲۱a	a۵/۳۳
پرایمینگ	۲۰۰	۰	۲۰۰	۸/۶۸abcde	۲۲/۳۵ab	۰/۰۰۲۵abcd	۰/۰۱۳۲a	۴/۷۳a

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

بحث

مطالعات مختلفی برای افزایش جوانه‌زنی بذر در گونه Echinacea انجام گرفته است. مشخص شد که دوره‌های طولانی (حداکثر ۱۰ تا ۱۵ هفته) در شرایط سرد و مرطوب حداکثر جوانه‌زنی را در بذور *E. purpurea* و *E. angustifolia* ایجاد می‌کنند (۲۴ و ۳۹). بطوریکه حداکثر سرعت جوانه زنی پس از ۸ هفته چینه سرمایی برای *E. angustifolia* (۸) و پس از آن با ۴ هفته چینه سرمایی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد برای *E. purpurea* بدست آمد (۱۰).

همچنین مطالعات متعددی اثر نور، سرما، اتیلن، خراش‌دهی بذر، پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول و اسید جیبرلیک را بمنظور غلبه بر خواب بذر و بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی سرخارگل مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نتایج مثبتی در این زمینه بدست آمده است (۹) که با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشند.

جیبرلین‌ها بطور کلی توسط بذرها سنتز شده و نقش آن‌ها در جوانه‌زدن، هیدرولیز مواد مغذی ذخیره شده در بذرها و تأثیر مستقیم بر رشد جنین است (۳۴). یکی از دلایل اثر اسید جیبرلیک بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی در پژوهش حاضر احتمالاً مربوط به تعادل رسیدن نسبت هورمونی در بذر و کاهش مواد بازدارنده رشد مانند اسید آبسیزیک است. همانطور که در این آزمایش مشخص شد بیشترین سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک در تیمار پرایمینگ اسید جیبرلیک بدست آمد. بیشترین درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در تیمارهای ترکیب قبل از برداشت اسید جیبرلیک با اوره بدست آمد. این نتایج همسو با گزارش صابری و همکاران (۱۳۹۳) است که نشان دادند کاربرد اسید جیبرلیک بطور معنی‌داری جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea*) را در شرایط غیرتنش و تنش با ترکیبات آللوپاتیک اکالیپتوس افزایش داد (۳). همچنین همسو با نتایج حاضر، کاربرد جیبرلین بصورت محلول‌پاشی در غلظت‌های ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۱۴)، ۲۰۰ تا ۸۰۰ میلی-گرم در لیتر (۳۵) و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر (۳۰) درصد جوانه‌زنی را در بذور سرخارگل افزایش داد. از طرفی گزارش شد هنگامی که بذور سرخارگل با ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین تیمار شدند هیچ اثری بر جوانه‌زنی بذر نداشت که بیان داشتند دلیل این امر ممکن است به علت غلظت بالای جیبرلین باشد (۴۵).

نیتروژن نیز یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاه است که در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک وجود دارد و در فرایندهای فیزیولوژیکی و فعالیت‌های آنزیمی، بیوسنتز ترکیبات پروتئینی، ترکیبات متابولیسمی واسط، ترکیباتی که در ساخت مواد و انتقال انرژی فعالیت دارند، شرکت دارد (۲۹ و ۳۱). نتایج نشان داد افزایش میزان نیتروژن تا مقادیر مشخص در سطوح بالای تنش شوری تأثیر مثبت بر درصد ظهور گیاهچه و رشد آن در ارقام گندم دارد (۳۶). همچنین در بررسی دیگر اوره بهترین کود برای جوانه زدن بذرهای آفتابگردان (۸۷/۵ درصد) و رشد رویشی (ساقه، ریشه و طول ریشه) آن معرفی شد (۴۳). این گزارش‌ها با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد، بطوریکه تیمار قبل از برداشت اوره به تنهایی و در ترکیب با اسید جیبرلیک بالاترین درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه را در بذور نشان داد. همچنین با اعمال قبل از برداشت نیتروژن (اوره) در ترکیب با اسید جیبرلیک بیشترین طول ریشه‌چه و طول

ساقه‌چه بدست آمد. بهبود شاخص‌های مذکور در ترکیب این دو تیمار احتمالاً مربوط به نقش نیتروژن در بیوسنتز ترکیبات مختلف مورد نیاز گیاه از جمله پروتئین‌ها و بهبود قوه نامیه بذر در کنار نقش اسید جیبرلیک در شکستن خواب، کاهش سطح اسید آبسیزیک بذر و تنظیم رشد باشد (۱۴ و ۳۵).

یکی از مشکلات کاربرد کودهای اوره ممکن است اثرات نامطلوب در جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در خاک باشد (۲۱) که احتمالاً بدلیل ناخالصی‌های ایجاد شده توسط کود اوره است (۵۱). این ناخالصی‌ها ممکن است به علت آمونیاک تولید شده توسط هیدرولیز اوره باشد (۱۳). گزارش شد که هنگام استفاده میزان یک میلی‌گرم نیتروژن در هر گرم خاک در فرم اوره و یا هیدروکسید آمونیوم یا نیتریت در ظروف پتری دیش، بطور کامل جوانه‌زنی گندم، چاودار و جو مهار شد (۱۱). این موارد می‌تواند توجیهی بر نتایج حاصل از این بررسی باشد، بطوریکه اعمال تیمار نیتروژن (اوره) قبل از برداشت بطور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ساقه‌چه و وزن خشک بالاتری نسبت به تیمار پرایمینگ نشان داد. که اثر منفی پرایمینگ نیتروژن بر شاخص‌های رشدی و جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل هیدرولیز اوره و تولید آمونیاک باشد (۱۳).

مکانیسمی که اسید سالیسیلیک باعث افزایش جوانه‌زنی بذر می‌شود هنوز به وضوح مشخص نشده است (۲۷). نتایج یک گزارش نشان داد که اسید سالیسیلیک می‌تواند فعالیت کاتالاز را مهار می‌کند که کاهش فعالیت کاتالاز منجر به افزایش پراکسید هیدروژن می‌شود و می‌تواند جوانه‌زنی برخی از بذرها را بهبود بخشد (۳۷). در این بررسی مشخص شد که تیمار قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بطور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به تیمار پرایمینگ داشت. همچنین بیشترین طول ریشه‌چه در تیمار قبل از برداشت ترکیب اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک بدست آمد. افزایش شاخص بنیه و طول ریشه‌چه در ترکیب این دو تیمار می‌تواند به علت نقش سیگنالی اسید سالیسیلیک در رشد و توسعه گیاه در کنار نقش جیبرلین در تنظیم جنبه‌های رشد و نمو و توسعه جنین باشد. بطوریکه شاخص بنیه نیز در تیمار قبل از برداشت ترکیب اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک، بطور معنی‌داری نسبت به پرایمینگ بیشتر بود. این داده‌ها با نتایج حاصل از کاربرد اسید سالیسیلیک که منجر به بهبود صفات درصد جوانه‌زنی، وزن تر و خشک گیاهچه و طول ریشه و ساقه، در گلرنگ (۲۷) و گندم (۱۶) شد، مطابقت داشت. همچنین زمانی که بذر مسن شنبلیله با ۲۸۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک تیمار شده بود، این پارامترها (درصد جوانه‌زنی، طول اندام و سرعت جوانه زنی) بطور قابل توجهی بهبود یافته و درصد جوانه‌زنی از ۴۱ درصد به ۱۰۰ درصد رسید (۴۴). هرچند گزارش‌های متناقض در مورد اثرات اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر وجود دارد (۲۷)، ولی بررسی‌های دیگر نیز حاکی از اثرات مثبت غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر جوانه زدن بذر هستند (۳۹و ۴۱). بنابراین اثرات تحریک کننده این فیتوهورمون در جوانه‌زنی نیز به غلظت وابسته است (۲۷ و ۳۳).

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج این پژوهش اعمال تیمارهای قبل از برداشت اسیدجیبرلیک، اسید سالیسیلیک، نیتروژن و کاربرد ترکیبی آن‌ها (ترکیب اسید جیبرلیک با اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک با نیتروژن) در تمام پارامترهای مورد بررسی بجز وزن خشک گیاهچه اثربخشی بیشتری نسبت به کاربرد تیمارها بصورت پرایمینگ نشان دادند. از طرفی تیمارهای پرایمینگ نیتروژن، اسید سالیسیلیک، ترکیب اسید جیبرلیک+ اسید سالیسیلیک و ترکیب اسید جیبرلیک+ نیتروژن در برخی غلظت‌ها بطور معنی‌داری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذور نسبت به کاربرد قبل از برداشت شدند. بنابراین پیشنهاد

می‌شود تیمارهای مذکور و ترکیب آن‌ها جهت بهبود جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی بذور سرخارگل بصورت قبل از برداشت استفاده شوند.

منابع

۱- آقاعلیخانی، م.، ایرانپور، آ.، و نقدی بادی، ح.، ۱۳۹۲. تغییرات عملکرد زراعی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل *Echinacea purpurea* (L.) Moench تحت تأثیر اوره و کود زیستی. فصلنامه گیاهان دارویی. سال دوازدهم، دوره دوم، شماره مسلسل چهل و ششم. صفحات ۱۳۶-۱۲۱.

۲- بیات، م.، رحمنی، ا.، امیرنیا، ر.، و علوی سینی، س. م.، ۱۳۹۳. تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش‌تیمار بذر در گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شرایط آزمایشگاهی و گلدانی، علوم و تحقیقات بذر ایران، ۱ (۱)، صفحات ۱۵-۱.

۳- صابری، م.، طویلی، ع.، میری، م.، ۱۳۹۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید بر بهبود جوانه‌زنی گیاه *Festuca arundinacea* تحت تنش با ترکیبات آللوپاتیک، محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۶۷ (۴)، صفحات ۴۲۴-۴۱۵.

۴- محسن نسب، ف.، شرفی زاده، م.، سیادت، ع.، ۱۳۸۹. بررسی اثر فرسودگی بذر (پیری تسریع شده) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ی ارقام گندم در شرایط آزمایشگاه، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال دوم، شماره سوم. ۷۱-۵۹.

5- Agrawal, R. 2004. Seed technology. Oxford and IBh Publishing Company Pvt. 829 pages.

6- Altwater, B. R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. Seed Science and Technology. 8: 523-573.

7- Asgedom, H. and Becker, M. 2001. Effects of seed priming with different nutrient solutions on germination, seedling growth and weed competitiveness of cereals Eritrea in proc. deutscher tropentag. University of Bonn and ATSAF. Margraf publisher press. Weickersheim, 282p.

8- Baskin, C. C., Baskin, J. M., Hoffman, G. R. 1992. Seed dormancy in the prairie forb *Echinacea angustifolia* var. *angustifolia* (asteraceae): afterripening pattern during cold stratification. International Journal of Plant Science. 153 (2): 239-243.

9- Bishnoi, U. R., Willis, J. E., Rao Mentreddy, S. 2010. Methods to improve seed germination of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L. Moench). Agriculture and Biology Journal North America. 1 (3): 185-188.

10- Bratcher, C. B., Doyle, J. M., Cole, J. C. 1993. Stratification improves seed germination of five native wildflower species. Hortscience. 28 (9): 899-901.

11- Bremner, J. M. and Krogmeier, M.J. 1989. Evidence that the adverse effect of urea fertilizer on seed germination in soil is due to ammonia formed through hydrolysis of urea by soil urease. Agricultural Sciences. 86 (21): 8185-8188.

12- Brian, P. W. 2008. Effects of Gibberellins on plant growth and development. Biological Reviews. 34 (1): 37-77.

13- Court, M. N., Stephen, R. C. and Waid, J. S. 1964. Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. I. Review. Journal of Soil Science. 15 (1): 42-67.

14- Farhoudi, R., Modhej, A. And Jamshidi, A. R. 2015. *Echinacea purpurea* seed pretreatment to improve germination. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. 10 (9): 58-61.

15- Farooq, M., Basra, S. M. A., Warraich, E. A. and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydro priming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology. 34, 529- 534.

16- Fateh, E., Jiriaii, M., Shahbazi, S. And Jashni, R. 2012. Effect of salicylic acid and seed weight on germination of Wheat (CV. BC ROSHAN) under different levels of osmotic stress. European Journal of Experimental Biology. 2 (5):1680-1684.

17- Finch-Savage, W. E. 1995. Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. Seed quality: Basic mechanisms and agricultural implications. New York, Food Products Press. 470.

18- Foster, S. 1991. Echinacea, nature's immune enhancer. Rochester, VT, Healing Arts Press.

19- Ghatas, Y. A. A. and Abdallah, W. H. 2016. Effect of some fertilization and micro-nutrients treatments on growth and chemical constituents of *Echinacea purpurea* plant. Journal of Plant Production, Mansoura University. 7 (7): 709–719.

20- Gladisheva, O. 1995. Experimental studies on production and processing technology, and

establishment of raw material uses and seed plantation of ***E. Purpurea*** under samara region, Russian Academy. Agriculture Science. 214: 3.

21- Goyal, S. S. and Huffaker, R. C. 1984. In nitrogen in crop production. Dl.Sciencesocieties.Org. 97-118.

22- Grover, O., Gaur, I., Mitra, J. and Paul, P. K. 2015. Effect of salicylic acid on germination of *phaseolus vulgaris* and *cicer arietinum* under salt stress. Trends in Biosciences. 8 (16): 4142-4147.

23- Gupta, R. and Chakrabarty, S. K. 2013. Gibberellic acid in plant still a mystery unresolved. Plant Signaling and Behavior. 8: 9, e 25504.

24- Hemmerly, T. E. 1976. Life cycle strategy of a highly endemic cedar glade species: *Echinacea tennesseensis* (Compositae). Unpublished PhD thesis. Vanderbilt University, Nashville, Tennessee. 22-76.

25- Heydecker, W., Coolbear, P. 1978. Seed treatment for improved performance: Survey and attempted prognosis. Seed Science and Technology. 5: 353-425.

26- Jadhav, S. H. and Bhamburdekar, S. B. 2011. Effect of salicylic acid on germination performance in groundnut. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 2 (4): 224_227.

27- Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Azimi, M. R. and Zangani, E. 2012. Effect of priming by salicylic acid on germination and seedling growth of safflower seeds under $cacl_2$ stress. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2: 1097-1105.

28- Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology. 6 (1): 5-8.

29- Khorsand, A. 2006. Medicinal plants. Pajvak Andishe Pub. 131 - 4.

30- Kochankov, V.G., Grzesik, M. Chojnowski, M. and Nowak, J. 1998. Effect of temperature, growth regulators and other chemicals on *Echinacea purpurea* (L.) Moench seed germination and seedling survival. Seed Science and Technology. 26:547-554.

31- Kodithuwakku, D.P. and Kirthisinghe, J.P. 2009. The effect of different rates of nitrogen fertilizer application on the growth, yield and postharvest life of cauliflower. Tropical Agricultural Research. 21 (1): 110–114.

32- Koroch, A., Juliana, H. R., Kapetyn, J. and Simon, J. E. 2002. *In vitro* regeneration of *Echinacea purpurea* from leaf explant. Plant Cell Tissue and Organic Cell Culture. 69: 79-83.

33- Kumar, S. P., Kumar, C. V., Bandana, B. 2010. Effects of salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (Cucumis sativus L.). Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 6 (3): 103-113.

34- Lecat, S., Corbineau, F. and Còme, D. 1992. Effects of gibberellic acid on the germination of dormant oat (*Avena sativa* L.) seeds as related to temperature, oxygen and energy metabolism. Seed Science and Technology. 20: 421–433.

35- Li, P., Wu, H., Geng, S. L., Wang, X., Lu, W., Yang, Y., ... & Zhang, N. 2007. Germination and dormancy of seeds in Echinacea purpurea (L.) Moench (Asteraceae). Seed Science and Technology, 35(1), 9-20.

36- Muhi Eldeen, H. I., Xinkai, Zh., Zhou1, G. and Eltayib, H. M. A. A. 2016. Effects of nitrogen on seedling growth of wheat varieties under salt stress. Journal of Agricultural Science. 8 (10): 131-146.

37- Nun, N. B., Plakhine, D., Joe, D., Mayer, A. 2003. Changes in the activity of the alternative oxidase in Orobanche seeds during conditioning and their possible physiological function. Phytochemistry. 64: 235-241.

38- Nyalambisa, M., Oyemitan, I. A., Matewu, R., Oyedeji, O. O., Oluwafemi, O. S., Songca, S. P., Nkeh-Chungag, B. N. and Oyedeji, A. O. 2017. Volatile constituents and biological activities of the leaf and root of Echinacea species from South Africa. Saudi Pharmaceutical Journal. 25: 381–386.

39- Ottoson, H. W. 1978. Wildflowers for Nebraska landscapes. The Agriculture Experimental Station, Univeristy of Nebraska, Lincoln.

40- Parmenter, G. A., Burton, L. C., Littlejohn, R. P. 1996. Chilling requirement of commercial Echinacea seed. 109-114.

41- Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, C., Nowak, J. 2002. Effect of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can. Journal Plant Science. 82: 443-450.

42- Saxena, A. 2004. Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. Indian Perfumer. 33 (3): 182-185.

43- Shahzaman, M., Ishtiaq, M. and Azam, A., 2017. Effect of different fertilizers on seed germination and seedling growth of sunflower (Helianthus annuus L.) from district Bhimber of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. International Journal of Botany Studies, 2(2), pp.10-15.

44- Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Noorhosseini, S. A., Heydarzadeh, S. and Mirzapour, M. 2018. Effect of seed priming

with salicylic acid on germinability and seedling Vigor fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum*). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 28 (2): 192-199.

45- Smith-Jochum, C. and Albrecht, M. L. 1987. Field establishment of three Echinacea species for commercial production. Acta Horticulturae. 208: 115-120.

46- Sorenson, J. T., Holden, D. J. 1974. Germination of native prairie forb seeds. Journal of Range Management. 27(2): 123-126.

47- Sun, T. P. 2010. Gibberellin-GID1-DELLA: a pivotal regulatory module for plant growth and development. Plant Physiology. 154: 567–570.

48- Tsai, Y. L., Chiou, S. Y., Chan, K. C., Sung, J. M., and Lin, S. D. 2012. Caffeic acid derivatives, total phenols, antioxidant and anti-mutagenic activities of *Echinacea purpurea* flower extracts. LWT-Food Science and Technology. 46: 169-176.

49- Tyler, J. W. and Arthur, R. D. 2006. Floral nectar production and nectary anatomy and ultrastructure of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). Annals of Botany. 97: 177–193.
various fertilizer salts at different soil temperatures. Soil Science Society of America. 25: 47-49.

50- Wareing, P. E., Saunders. P. R. 1971. Hormones and dormancy. Annu. Rev. Plant Physiol. 22:261-288.

51- Wilkinson, S. R. and Ohlrogge, A. J. 1960. Influence of biuret and urea fertilizers containing biuret on corn plant growth and development. Agronomy Journal. 52 (10): 560-562.

52- Wilson, D., 2000. Wild about *Echinacea*. Seed World. 138: 22-26.

53- Zhou, L., Wu, J. and Wang, S. 2003. Low-temperature stratification strategies and growth regulators for rapid induction of Paris polyphylla var. yunnanensis seed germination. Plant Growth Regulation. 41: 179-183.

The Improvement Growth Indices and Seed Germination of *Echinacea purpurea* by some of pre-Harvest and Priming Treatments of Seeds

Hasanbeigi H., Mohammadi M. and Saidi M.

Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, I.R. of Iran.

Abstract

In order to investigate the pre-harvest and priming application effects of gibberellic acid, salicylic acid and nitrogen on seed germination indices of *Echinacea purpurea*, this experiment was designed as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications at 2018 in field conditions and laboratory in the department of horticultural science of Ilam University. Experimental factors included gibberellic acid at two concentrations (100 and 200 mg/L), salicylic acid at two concentrations (100 and 200 mg/L) and nitrogen (from urea source) at two concentrations (3 and 6 g/L) that were investigated separately and in combination with each other. Treatments were applied with control samples as pre-planting (before maturity and seed harvesting) and seed priming (after seed harvesting). The results showed that the highest germination percentage, vigor index and shoot length were obtained in pre-harvest interaction with gibberellic acid 200 mg/L and nitrogen 6 g/L. The highest germination rate was observed in gibberellic acid 200 mg/L and the highest seed dry weight was obtained in gibberellic acid 100 mg/L. The highest root length was observed in pre-harvest treatment with 200 mg/L of gibberellic acid and 200 mg/L of salicylic acid. Also, pre-harvest nitrogen treatment had significantly higher germination percentage, germination rate, vigor index, shoot length and dry weight than their priming. Therefore, in present study, preharvest treatments of gibberellic acid in combination with nitrogen or salicylic acid were introduced for improving the seed germination of *Echinacea purpurea.*

Key words: Gibberellic Acid, Salicylic Acid, Germination Rate and Urea