پژوهش‌های بذر ایران/ سال هشتم/ شماره اول/ ۱۴۰۰/ صفحات: ۱۸۸-۱۷۳

مقاله کوتاه پژوهشی

تأثیر پرایمینگ با اسید جیبرلیک بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه بذر سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

فرشید یوسفی [۱]، عبدالرضا سیاهپوش [۲،*]، عبدالمهدی بخشنده [۳]، سید امیر موسوی [۲]

چکیده مبسوط

مقدمه: گیاه دارویی سرخارگل از خانواده آستراسه و بومی آمریکای شمالی است. به دلیل دارا بودن خاصیت تقویت سامانه ایمنی بدن برای درمان انواع عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شود. مرحله جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل حیاتی و تعیین‌کننده در چرخه رشدی گونه‌های گیاهی است که می‌تواند با استقرار مطلوب گیاهچه‌ها در فرایند تولید نقش مهمی ایفا نماید. بذر سرخارگل جوانه‌زنی و رشد اولیه آن بسیار کُند و ضعیف است؛ بنابراین استفاده از برخی تنظیم کنندگان رشد گیاهی، مانند هورمون جیبرلین می‌تواند نقش مؤثری در بهبود جوانه‌زنی بذر آن داشته باشد. هدف از ای آزمایش بررسی اثر پرایمینگ بذر با هورمون جیبرلین برکیفیت جوانه‌زنی بذر سرخارگل بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف هورمون جیبرلین (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌عنوان عامل اول و عامل دوم مدت زمان پرایم بذرها (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) بودند.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که برهمکنش جیبرلین در مدت زمان پرایم بر درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص قدرت بذر، فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد و میزان پروتئین محلول بذر در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. کیفیت جوانه‌زنی و میزان پروتئین تحت تأثیر تیمار جیبرلین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت زمان ۲۴ ساعت پرایم افزایش یافت، در حالی که در غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، هورمون جیبرلین باعث کاهش کیفیت جوانه‌زنی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شد. نتایج مدل‌های رگرسیون گام به گام فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پروتئین با شاخص‌های جوانه‌زنی نشان داد که این صفات به طور معنی‌داری وارد مدل پیش‌بینی شدند. مشاهده شد در تمام صفات به جزء سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی میزان پروتئین وارد معادله پیش بینی شد. به‌طور کلی مدل‌های رگرسیون گام به گام طول ساقه‌چه و شاخص قدرت را بهتر از صفات دیگر پیش بینی می‌کند و بالاترین ضرایب را در این صفات با مقادیر ۰/۸۵ و ۰/۸۳ نشان داد. همچنین فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز تنها با سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی دارای همبستگی معنی‌داری بود، به‌طوریکه میزان پروتئین محلول با تمام صفات مورد بررسی به جز سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. بالاترین ضرایب همبستگی مربوط به میزان پروتئین از شاخص طولی قدرت، با ضریب همبستگی (۰/۸۵۶ $r_=$) به دست آمد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش بهترین تیمار اعمال‌شده از هورمون جیبرلین برای پرایمینگ بذر سرخارگل با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت ۲۴ ساعت پرایم بود. با توجه به نتایج حاصله، پرایمینگ کردن بذر با هورمون جیبرلین در غلظت‌های بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش کیفیت جوانه‌زنی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، پروتئین محلول، درصد جوانه‌زنی، رگرسیون گام به گام

جنبه‌های نوآوری:

۱- نقش هورمون جیبرلین بر صفات جوانه‌زنی بذر سرخارگل بررسی شد.

۲- تأثیر هورمون جیبرلین بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و پروتئین‌های محلول در هنگام جوانه‌زنی بذر بررسی گردید.

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۲] استادیار گروه مهندسی تولید و اصلاح ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۳] استاد گروه مهندسی تولید و اصلاح ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[*] رایانامه نویسنده مسئول: Siahpoush@ramin.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.1.2.6

DOI: 10.52547/yujs.8.1.173

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳)

مقدمه

گیاهان دارویی از گذشته بسیار دور مورد توجه بوده و در طب سنتی و درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. گیاه دارویی سرخارگل با نام علمی (*Echinacea purpurea* L.) از خانواده آستراسه[1] و بومی آمریکای شمالی است و امروزه در اکثر نقاط اروپا و آسیا از جمله ایران کشت می‌شود (امیدبیگی[2]، ۲۰۰۳). مهم‌ترین خواص دارویی این گیاه افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌باشد که سبب گردیده این گیاه به‌عنوان یک داروی مؤثر در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها همچون سرماخوردگی، آنفولانزا و عفونت‌ها مورد استفاده قرار گیرد (لی[3]، ۱۹۹۸). از فرآورده‌های سرخارگل به‌عنوان تصفیه‌کننده خون، ضدعفونی‌کننده و آرام‌بخش استفاده می‌شوند (گیل‌باشی[4] و همکاران، ۲۰۰۹).

جوانه‌زنی بذر مرحله مهم و حیاتی در چرخه رشدی گونه‌های گیاهی است که می‌تواند با استقرار مطلوب گیاهچه‌ها در فرایند تولید نقش مهمی ایفا نماید. این امر به ساختارهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بذر بستگی دارد و برای دست‌یابی به این هدف بذرهایی با بنیه بالا مورد نیاز می‌باشد (خالسرو و آقا علیخانی[5]، ۲۰۰۸). قدرت و بنیه بذر یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کیفی بذر می‌باشد که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (چرجی[6]، ۲۰۱۱). کروچ[7] و همکاران (۲۰۰۲) عملیات تولید گیاه سرخارگل را به خاطر ظهور ضعیف گیاهچه و هزینه بالای بذر بسیار متغیر گزارش کردند و بیان نمودند که بذرپاشی 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 پرایمینگ در این گیاه می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

پرایمینگ یک روش کاربردی است که به سبز شدن بهینه بذر کمک می‌نماید. این روش یکی از روش‌های فیزیولوژیکی به حساب می‌آید که سبب تسریع فرآیند جوانه‌زنی بذرها می‌شود (مسرت[8] و همکاران، ۲۰۱۳). طی این روش انتقال مواد ذخیره‌ای، فعال‌سازی سنتز RNA و DNA، تولید ATP و بهبود غشای سیتوپلاسمی در بذرها آغاز می‌شود (حسینی و کوچکی[9]، ۲۰۰۷). در طی پرایمینگ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز افزایش و محتوی آلدئیدها که محصول پراکسیداسیون لپیدها می‌باشد، کاهش می‌یابد (بایلی[10] و همکاران، ۲۰۰۴). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی غالباً باعث بهبود جوانه‌زنی و سازگاری گیاه با شرایط تنش‌زا می‌گردند (جمیل و رها[11]، ۲۰۰۷). جیبرلین‌ها گروهی از هورمون‌ها هستند که بیشترین دخالت مستقیم را در تنظیم و تسهیل جوانه‌زنی بذر دارند. افزایش ساخت و آزادسازی جیبرلین در بذر موجب شکسته شدن نشاسته بذر و تبدیل آن به مواد قابل استفاده جنین شده و باعث شروع جوانه‌زنی می‌شود. همچنین جیبرلین باعث فعال‌سازی متابولیسم، هضم مواد ذخیره‌ای و انتقال به جنین، تقسیم رشد سلولی شده و در تنظیم فرایندهایی مانند رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش به سزایی دارد (پرمون[12]، ۲۰۱۴). در پژوهشی توکل‌افشاری[13] و همکاران، (۲۰۰۷) روی گندم نشان دادند که تیمار ۱۰۰ میکرومول از جیبرلین توانسته جوانه‌زنی را در بذر گندم ۷۳ درصد افزایش دهد. پرایمینگ بذر بابونه با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش و به موجب آن جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بهبود یافت (پرمون[14] و همکاران، ۲۰۱۳). بالاگوئرا[15] و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر جیبرلین را بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گوجه فرنگی نتیجه گرفتند که غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای گوجه‌فرنگی می‌شود. هدف از این

[1] Asteraceae
[2] Omidbaigi
[3] Li
[4] Gilbashy
[5] Khalesro and Aghaalikhani
[6] Cheragi
[7] Koroch

[8] Massarat
[9] Hosseini and Kocheki
[10] Bailly
[11] Jamil and Rha
[12] Parmoon
[13] Tavakol Afshari
[14] Parmoon
[15] Balaguera

پژوهش تعیین بهترین مدت زمان و غلظت پرایمینگ هورمونی با اسید جیبرلیک و بررسی اثر آن بر روی صفات مختلف رشدی در هنگام جوانه‌زنی بذر سرخارگل می‌باشد که مجموعه این صفات موجب رشد سریعتر و استقرار بهتر گیاهچه‌های گیاه سرخارگل می‌شود.

مواد روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ به‌منظور مطالعه تأثیر روش پرایمینگ بذر با هورمون اسید جیبرلیک و مدت زمان پرایمینگ بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای و شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی سرخارگل در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با سه تکرار بررسی شد. عامل اول شامل غلظت‌های هورمون جیبرلین در شش سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و عامل دوم مدت زمان پرایم بذرها (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) بود. (پیش آزمایشی که در جوانه‌زنی بذر سرخارگل انجام شده هورمون جیبرلین با غلظت‌های فوق جوانه‌زنی و استقرار خوبی نسبت به تیمارهای دیگر داشت و جوانه‌زنی در این غلظت‌ها روند افزایشی و کاهشی داشت که غلظت‌های فوق نسبت به غلظت‌های دیگر بهتر بود) بذرهای سرخارگل با خلوص ۹۵ درصد و ۸۳ درصد قوه نامیه از شرکت پاکان بذر استان اصفهان تهیه گردید. در ابتدای آزمون جوانه‌زنی، بذرهای سرخارگل با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۱ دقیقه ضد عفونی، سپس با آب مقطر برای چند بار آبکشی شده که بعد از آن بذرها در محلول‌های مورد نظر و مدت زمان مشخص خیسانده شدند که پس از خارج کردن بذرها از پرایم و چند بار آبکشی، به مدت ۲ ساعت در سایه خشک گردیدند که تعداد ۲۵ عدد بذر در هر پتری حاوی ۲ لایه کاغذ صافی قرار داده شد و سپس برای کشت به ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سلسیوس منتقل گردیدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعات معین انجام شد که مبنای جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به میزان ۲ میلی‌متر بود. پس از ۱۰ روز شمارش از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برای اندازه‌گیری درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص قدرت بذر استفاده شد.

رابطه ۱: درصد جوانه‌زنی (GP) (آیکیک[1] و همکاران، همکاران، ۲۰۱۲)

$$(GP) = (N / M) \times 100$$

M: تعداد کل بذرها، N: تعداد بذرهای جوانه‌زده

رابطه (۲): سرعت جوانه‌زنی (GR) (ورما[2] و همکاران، همکاران، ۲۰۰۵)

$$GR = \Sigma (ni / ti)$$

ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز، ti: تعداد روزها پس از آزمایش

رابطه (۳): میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) (الیس و رابرتس[3]، ۱۹۸۱)

$$MGT = \Sigma ni \times ti / N$$

ni: تعداد بذرهای سبز کرده در طی d روز، ti: تعداد روزها از ابتدا سبز کردن، N: تعداد کل بذرها

پس از ثابت شدن روند جوانه‌زنی، ریشه‌چه و ساقه‌چه، گیاهچه‌های سرخارگل جدا شده و طول اندام‌ها با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی‌متر بدست آمد.

رابطه (۴): شاخص بنیه بذر (عبدالباکی و اندرسون[4]، اندرسون[4]، ۱۹۷۳).

$$VI = ((\%) GP \times SL) / 100$$

VI: شاخص بنیه بذر، GP: درصد جوانه‌زنی و SL: طول گیاهچه

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

مقدار ۰/۲ گرم از بذرهای پرایم شده تا قبل از خروج ریشه‌چه برای عصاره گیری با دستگاه سانترفیوژ برداشته که برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز از روش همدا و کلین[5]، (۱۹۹۰) در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SPEKOL 2000 استفاده شد و در این روش مخلوط واکنش با استفاده از بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH ۷) به میزان ۲۵۰ میکرولیتر، گایاکول ۱۰ میلی‌مولار محلول در آب دوبار تقطیر به‌میزان ۲۵۰ میکرولیتر، پراکسید هیدروژن

[1] Ikic
[2] Verma
[3] Ellis and Roberts
[4] Abdul-Baki and Anderson
[5] Hemeda and Kelin

۷۰ (H_2O_2) میلی‌مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH =۷) به میزان ۳۴ میکرولیتر، آب دوبار تقطیر استریل شده به میزان ۴۶۷ میکرولیتر و عصاره آنزیمی به‌میزان ۲۰ میکرولیتر تهیه شد. فعالیت ویژه آنزیم‌های آنتی اکسیدان به ازای واحد در میلی‌گرم پروتئین اندازه گیری شد. فعالیت آنزیم کاتالاز به روش ابی[1] (۱۹۸۳) در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷) به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۷۰ میلی‌مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار به میزان ۲۵۰ میکرو لیتر، آب مقطر استریل به میزان ۵۰۰ میکرو لیتر و عصاره آنزیمی به میزان ۳۰ میکرو لیتر بود.

تجزیه آماری داده‌های با استفاده از نرم‌افزار SPSS و Minitab 18 و رسم شکل با بهره‌گیری از نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی

آنالیز داده‌ها مشخص نمود که برهمکنش غلظت هورمون جیبرلین با زمان پرایمینگ اثر معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک درصد بر درصد جوانه‌زنی داشت (جدول ۱). این بررسی نشان داد، کاربرد غلظت‌های پایین جیبرلین موجب افزایش جوانه‌زنی در بذر سرخارگل شده، ولی با بالا رفتن غلظت جیبرلین بیش از ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان جوانه‌زنی روند کاهشی نشان داد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با ۲۴ ساعت پرایم به میزان ۱۰۰ درصد مشاهده شد که در مقایسه با تیمار صفر (هیدروپرایمینگ)، افزایش ۶/۳۳ درصدی را نشان داد همچنین بین غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ۴۸ ساعت پرایم با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت پرایم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد. کمترین میزان جوانه‌زنی (۹۰ درصد) درکاربرد ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین به مدت زمان ۱۲ ساعت دیده شد که در مقایسه با هیدروپرایمینگ، جوانه‌زنی را ۲/۲ درصد کاهش داد (شکل ۱، a). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش هورمون جیبرلین با زمان‌های مختلف پرایم اثر معنی‌داری بر سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین مربوط به سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد که کاربرد جیبرلین موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی در بذر سرخارگل شد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۴۲ جوانه در روز) و کمترین متوسط زمان جوانه زنی (۲/۳۸ روز) از غلظت‌های ۱۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ۴۸ ساعت پرایم به دست آمد که از نظر آماری با یک دیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۴/۵۷ روز) و کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۱ جوانه در روز) نیز مربوط به غلظت صفر (شاهد) در مدت زمان ۱۲ ساعت بود (شکل ۱، c – b).

هورمون جیبرلین باعث سنتز آنزیم‌های هیدرولیزکننده در بذر و در نتیجه تجزیه نشاسته، پروتئین و سایر مواد غذایی و در نهایت باعث انتقال این مواد از آندوسپرم به جنین در حال رشد می‌شود (پرمون، ۲۰۱۴). این هورمون در غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزیش جوانه‌زنی در بذرهای سرخارگل می‌شود. جیبرلین فعالیت آنزیم کاتکول اکسیداز را افزایش می‌دهند و موجب کاهش میزان مواد فنولی بذر و در نتیجه باعث تحریک جوانه‌زنی می‌شوند (عموآقایی[2]، ۲۰۰۴). مطالعات نشان دادند، تیمار بذور با هورمون جیبرلین، بر سرعت جوانه‌زنی مؤثر بود، به‌نظر می‌رسد دلیل بالا بودن سرعت جوانه‌زنی به علت آزادسازی آنزیم‌های تجزیه کننده کربوهیدرات و پروتئین در داخل بذر باشد (اشرف[3] و همکاران، ۲۰۰۸). در طی پرایمینگ بذرها، سنتز پروتئین و DNA افزایش یافته و بر فسفولیپیدهای سلول غشایی در جنین تأثیرگذار می‌باشد (برادفورد[4]، ۱۹۹۵). همچنین فاروق[5] (۲۰۰۵) اظهار داشتند که افزایش سرعت جوانه‌زنی ناشی از

[1] Aebi

[2] Amoo aghai
[3] Ashraf
[4] Bradford
[5] Farooq

اعمال پرایمینگ، به دلیل افزایش در فعالیت تنفسی و در نتیجه تولید ATP و ساخت RNA، DNA و پروتئین در بذر پرایم شده می‌باشد. می‌توان چنین استنباط کرد که پیش‌تیمار بذر از طریق کوتاه کردن مدت زمان سوخت و ساز، باعث تسریع جوانه‌زنی می‌شود (نلسون[1]، ۲۰۰۰).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش هورمون جیبرلین و زمان بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز در سطح احتمال خطای یک درصد دارای اثر معنی‌داری بود (جدول ۱). افزایش غلظت هورمون جیبرلین باعث افزایش طول ریشه‌چه شد که بیشترین طول ریشه‌چه در غلظت‌های ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت پرایم با میانگین ۲/۵۹ سانتی‌متر بدست آمد. ولی غلظت‌های بالای ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بر روی ریشه‌چه تأثیر منفی داشته که کمترین طول ریشه‌چه مربوط به غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در زمان ۲۴ ساعت پرایم به مقدار ۱/۴۲ سانتی‌متر بود (شکل a۲). همچنین مشاهده شد که برهمکنش غلظت‌های هورمون جیبرلین در زمان بر طول ساقه‌چه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌داری بود. به‌طوریکه بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۱۲ ساعت پرایم با میانگین ۱/۲۳ سانتی‌متر بود و کمترین آن در غلظت صفر (هیدروپرایمینگ) در ۲۴ ساعت پرایم با میانگین ۰/۳۲ سانتی‌متر بود (شکل b۲). عیسوند[2] و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند، پرایمینگ با غلظت بهینه جیبرلین ممکن است به‌واسطه نقش بهینه آن در تسریع و بهبود سبز شدن از یک طرف و افزایش طویل شدن و تقسیم سلولی درگیاهچه تولیدی از طرف دیگر باشد. در واقع جیبرلین‌ها با افزایش کشش دیواره سلولی از طریق هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب سلول را به‌دنبال دارد سبب ورود آب به درون سلول و طویل شدن سلول می‌شود که افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تأییدکننده این مطلب می‌باشند (فتحی و اسماعیل‌پور[3]، ۲۰۰۱). تحقیقات نشان داد جیبرلین موجب نفوذ پروتئین‌های اکسپنسین[4] به دیواره سلولی شده و در نهایت موجب رشد سلول می‌گردد (عالی‌وند[5] و همکاران، ۲۰۱۱).

وزن خشک گیاهچه: نتایج بررسی نشان داد که تنها اثر اصلی جیبرلین بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد غلظت‌های جیبرلین موجب افزایش وزن خشک گیاهچه تا غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر شد به‌طوریکه غلظت از این میزان به بالا وزن خشک گیاهچه کاهش یافت. بیشترین وزن خشک گیاهچه‌ها که با هورمون جیبرلین از غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به میانگین‌های ۲/۳۵ و ۲/۳۴ میلی‌گرم و کم‌ترین وزن خشک گیاهچه از غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مقدار ۲/۰۵ میلی‌گرم به ثبت رسید (شکل ۳). پرایمینگ بذر سرخارگل با هورمون جیبرلین در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، میزان تقسیم سلولی مریستم‌های ریشه اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را زیاد می‌کند. به نظر می‌رسد افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر جیبرلین باشد. برخی از پژوهشگران همچون دمیرکایا[6] و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پرایمینگ هورمونی باعث افزایش وزن خشک گیاهچه‌های آفتابگردان می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش وزن خشک گیاهچه در اثر اعمال پرایمینگ، احتمالاً به‌علت تحریک فعالیت‌های متابولیکی در داخل جنین می‌باشد. صالح‌زاده[7] و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم در اثر پرایمینگ را به دلیل بهبود ساخت RNA و DNA در طی پرایمینگ گزارش کردند.

شاخص قدرت بذر: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل غلظت‌های مختلف

[1] Nelson
[2] Eisvand
[3] Fathi and Ismailpour
[4] Expencin
[5] Alivand
[6] Demir Kaya
[7] Salehzade

هورمون اسید جیبرلیک و زمان بر شاخص قدرت بذر سرخارگل اثر گذار بود (جدول ۱). به‌طوریکه نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت‌های مختلف هورمون اسید جیبرلیک در زمان تأثیرات مختلفی بر شاخص قدرت بذر دارد که در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب در ۲۴ و ۱۲ ساعت پرایم بیشترین شاخص قدرت بذر را دارد (شکل ۴)؛ و کمترین شاخص قدرت نیز مربوط به غلظت صفر (هیدروپرایمینگ) در ۱۲ ساعت پرایم بدست آمد. نتایج این تحقیق با نتایج برخی از پژوهشگران (افضل[1]، ۲۰۰۴؛ حافظ[2] و همکاران، ۲۰۰۷؛ دمیرکایا و همکاران، ۲۰۰۶) مطابقت داشت آن‌ها اظهار داشتند که پرایمینگ بذور با تیمار جیبرلین را دلیل موجهی برای افزایش بنیه بذر و گیاهچه و در نهایت عملکرد بیشتر می‌دانند. یکی از عوامل و معیارهای قدرت بذر مقدار مواد ذخیره‌ای موجود در دانه است. بذر برای ظهور و استقرار گیاهچه‌های قوی و سالم احتیاج به انرژی دارد که باید به وسیله اکسیداسیون مواد ذخیره‌ای موجود در بذر تأمین شود. پس از تیمار با هورمون‌های رشد از جمله جیبرلین، بنیه بذر افزایش و رادیکال‌های آزاد حاصل از لیپید پراکسیداسیون به‌وسیله آن مهار می‌شوند (امیدی[3]، ۲۰۱۰). جیبرلین باعث افزایش بنیه بذرها در شرایط تنش می‌گردد، اما ترکیب جیبرلین با سایر هورمون‌ها فرایند متابولیکی متفاوتی را ایجاد می‌کند (یانگ[4] و همکاران، ۱۹۹۶). کاربرد ترکیبی پیش‌تیمار جیبرلین و آبسیزیک اسید سوخت و ساز گیاه و بنیه بذر را افزایش می‌دهد (امیدی، ۲۰۱۰). تنش‌ها بخصوص تنش شوری باعث به هم خوردن تعادل هورمونی شده و با افزایش غلظت هورمون جیبرلین در تنش شوری، گیاهان نسبت به شوری مقاوم می‌گردند (پرمون و همکاران، ۲۰۱۳).

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش پرایمینگ و زمان بر فعالیت میزان پروتئین بذر در سطح ۵ درصد و آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز اثر گذار نبود (جدول ۲). روند تغییرات فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان داد که پرایمینگ بذر با جیبرلین موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و میزان پروتئین بذر شد. به‌نظر می‌رسد با بیشتر شدن غلظت جیبرلین، میزان رادیکال‌های آزاد تولید شده در سلول‌های گیاهی نیز افزایش یابد که خود این امر باعث فعالتر شدن سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانتی به‌ویژه آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز برای جلوگیری از آسیب سمیت هورمونی در سلول خواهد شد. بیشترین و کمترین میزان پروتئین (۰/۶ و ۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ۲۴ ساعت و غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مدت زمان ۴۸ ساعت به‌دست آمد (شکل a۵). همچنین مشاهده شد با افزایش غلظت هورمون جیبرلین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز روند افزایشی داشت. در تیمار ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت زمان ۴۸ ساعت پرایم بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز به میزان ۰/۶۲ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین رسید. کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم نیز از غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت زمان ۱۲ ساعت پرایم به مقدار ۰/۲۴ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین به‌دست آمد (شکل b۵). کاربرد هورمون جیبرلین در غلظت‌های بالا موجب بهبود فعالیت آنزیم کاتالاز نیز شد. در غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلین فعالیت کاتالاز ۰/۲۸ واحد استاندارد در میلی‌گرم پروتئین بود که در مقایسه با غلظت صفر (هیدروپرایمینگ) فعالیت آنزیم را ۲/۸ برابر افزایش داد (شکل ۶). براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که جیبرلین موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پروتئین‌ها بذر گردید که با افزایش پروتئین‌ها در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از هورمون جیبرلین شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافته است. دریک بررسی، نقش مثبت جیبرلین در فیزیولوژی جوانه‌زنی را افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و همچنین اسیدی کردن محیط آندوسپرم برای افزایش فعالیت سایر آنزیم‌های هیدرولیزی دانسته‌اند (دامینکیوز و سجودا[5]، ۱۹۹۹).

[1] Afzal
[2] Hafeez
[3] Omidi
[4] Yang
[5] Dominguez and Cejudo

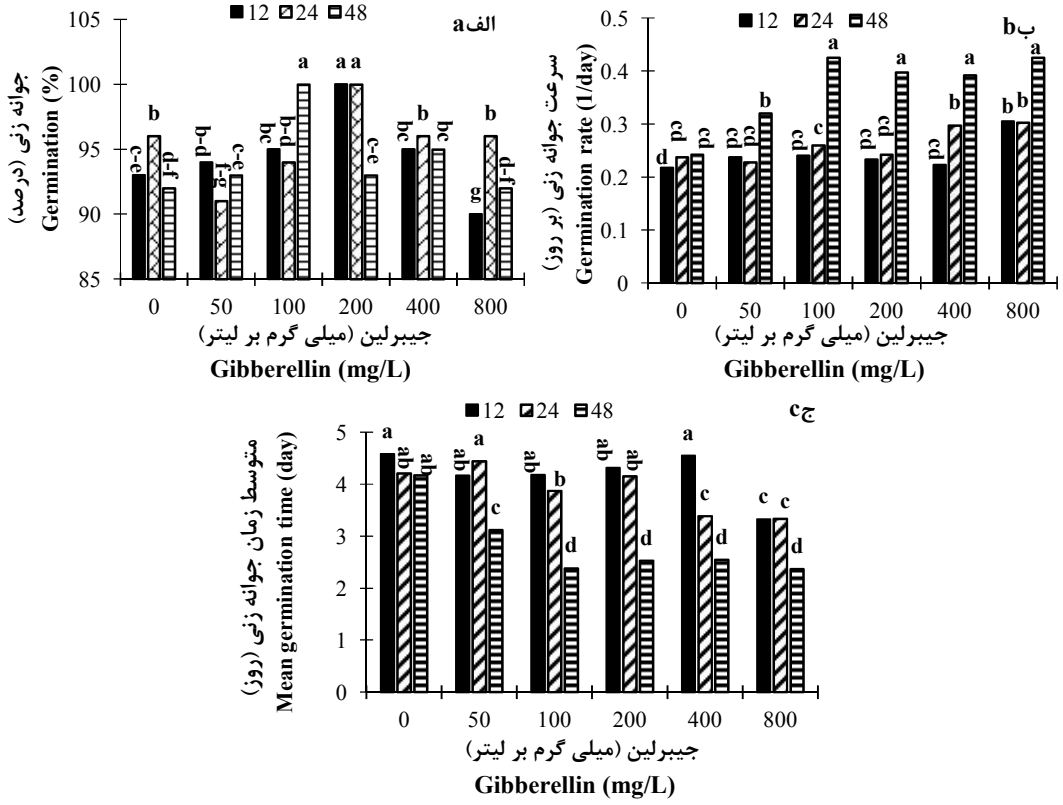
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش‌تیمار با غلظت و زمان‌های هورمون جیبرلین بر شاخص‌های جوانه‌زنی سرخارگل

Table 1. Results of variance analysis for the pretreatment effect of gibberellin concentration and time on germination indices

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
			درصد جوانه‌زنی Germination percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Stem length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص قدرت Seed vigor index
Gibberellin (G)	جیبرلین	5	50.8**	2.36**	0.018**	1.38**	0.968**	0.17**	4.35**
Time (T)	زمان	2	11.5*	11.7**	0.108**	0.229**	0.168**	0.013ns	0.069**
G × T	جیبرلین× زمان	10	32.0**	0.642**	0.005**	0.045**	0.025**	0.024ns	0.147**
Error	خطا	54	2.44	0.091	0.001	0.004	0.00038	0.016	0.006
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		1.65	8.27	10.89	3.4	2.41	5.7	3.05

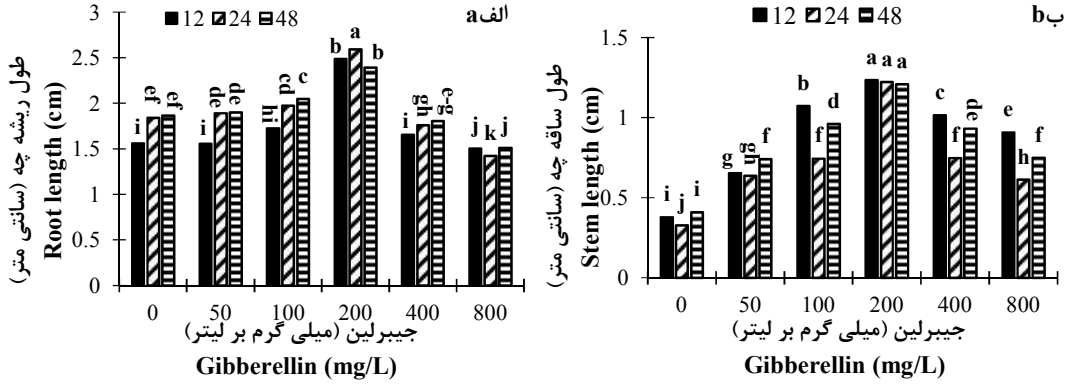
ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively



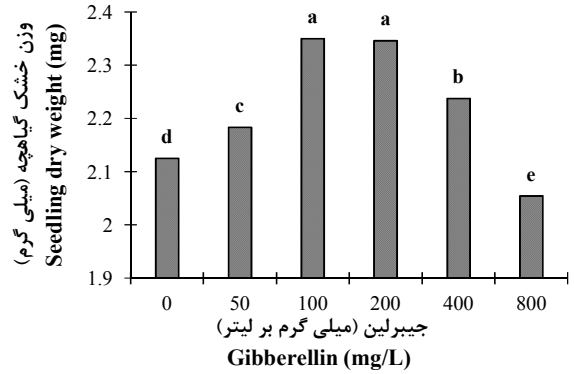
شکل ۱. برهمکنش زمان (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) و غلظت‌های هورمون اسید جیبرلیک بر درصد (الف)، سرعت (ب) و متوسط زمان جوانه‌زنی (ج) سرخارگل

Fig. 1. Interaction of time (12, 24 and 48 hour) and concentration of gibberellic acid hormones on percent (a), rate (b), and mean germination time (c) coneflower



شکل ۲. برهمکنش زمان و غلظت‌های هورمون اسید جیبرلیک بر طول ریشه‌چه (الف) و ساقه‌چه (ب) سرخارگل

Fig. 2. Interaction of time and concentrations of gibberellic acid on root (a) and shoot (b) length of coneflower



شکل ۳. اثر غلظت‌های هورمون جیبرلین بر وزن خشک گیاهچه سرخارگل

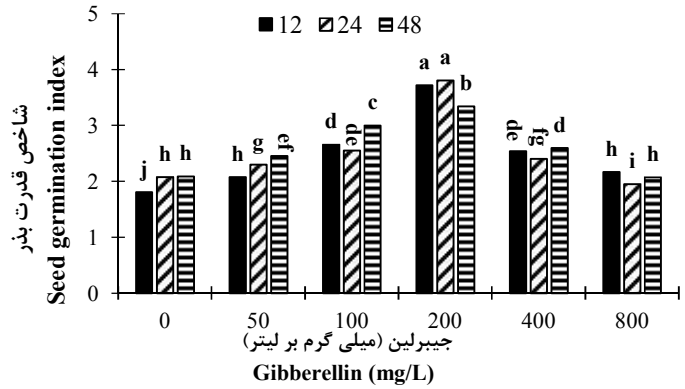
Fig. 3. The effect of gibberellin concentrations on dry weight of coneflower seedlings

جیبرلین از طریق تحریک سنتز آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز موجب تحریک رشد رویشی گیاهان گردید (علی[1] و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج مشابهی توسط پرمون و همکاران (۲۰۱۳) در افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز با پرایمینگ جیبرلین گزارش شده است. جیبرلین با تحت تأثیر قرار دادن فرایندهای سلولی از جمله تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها سبب افزاش رشد رویشی می‌گردد (پاراوسی[2] و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش خصوصیات جوانه‌زنی ممکن است به دلیل آمادگی برای تقسیم و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی باشد (جیرولمو و باربانتی[3]، ۲۰۱۲). نتایج حاکی از آن بود که کاربرد جیبرلین به‌عنوان پرایمینگ بذرها با افزایش میزان پروتئین همراه بود. جیبرلین احتمالاً فعالیت آنزیم‌های درگیر در کاتابولیسم mRNA مانند ریبونوکلئاز افزایش می‌دهد و منجز به افزایش سنتز پروتئین می‌شود (پاراوسی و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج رگرسیون

به‌منظور برقراری رابطه کمی میزان اثر گذاری هر کدام از متغیرهای مستقل (غلظت هورمون، مدت زمان تیمار) بر متغیرهای وابسته مانند صفات جوانه‌زنی، از تجزیه رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. نتایج رگرسیونی چند گانه خطی با دو عامل غلظت و مدت زمان پرایم بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سرخارگل نشان داد که صفات سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در سطح آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد بطوریکه بر روی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه غیرمعنی‌دار می‌باشد.

[1] Ali
[2] Paraoussi
[3] Girolamo and Barbanti



شکل ۴. برهمکنش زمان و غلظت‌های مختلف هورمون اسید جیبرلیک بر شاخص قدرت بذر سرخارگل

Fig. 4. The interaction between time and different concentrations of gibberellic acid on seed germination index

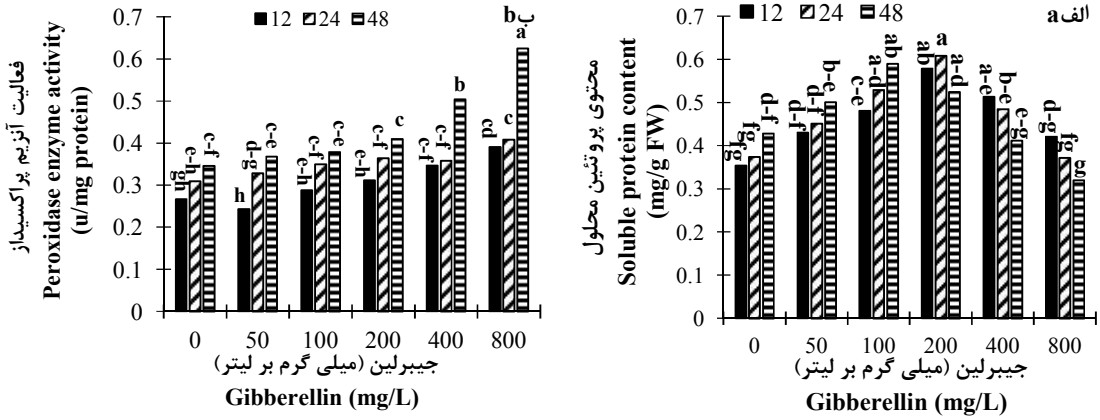
جدول ۲. تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بذر با هورمون جیبرلین

Table 2. Analysis of variance of antioxidant enzymes with gibberellin hormone

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
			پروتئین محلول Soluble protein	پراکسیداز Peroxidase	کاتالاز Catalase
Gibberellin	جیبرلین	5	0.0558**	0.036**	0.04782**
Time	زمان	2	0.0003^{ns}	0.0767**	0.006617**
Gibberellin × Time	جیبرلین × زمان	10	0.00764*	0.005**	0.000517^{ns}
Error	خطا	36	0.0031	0.001599	0.001023
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	–	12.10	10.90	16.80

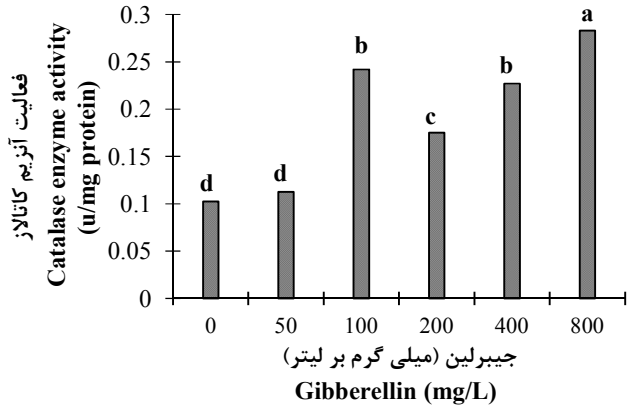
ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively



شکل ۵. برهمکنش زمان و غلظت‌های مختلف هورمون اسید جیبرلیک بر میزان پروتئین (الف) و فعالیت آنزیم پراکسیداز (ب) سرخارگل

Fig. 5. The interaction between time and different concentrations of gibberellic acid on soluble protein (a) and peroxidase (b) enzyme activity in coneflower



شکل ۶. اثر غلظت جیبرلین بر فعالیت آنزیم کاتالاز سرخارگل

Fig. 6. T The effect of gibberellin concentration on catalase enzyme activity

بالاترین ضریب تبیین مربوط به آنزیم پراکسیداز و متوسط زمان جوانه‌زنی بود که توانستند ۹۲ و ۸۷ درصد تغییرات را پیش‌بینی کنند. با توجه به پارامترهای استاندارد شده بتا مشاهده شد، در سرعت (۰/۷۶) و متوسط زمان جوانه‌زنی (۰/۷۴)، زمان پرایمینگ تعیین کننده میزان پیش بینی است این در حالی بود که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، میزان غلظت جیبرلین بالاترین سهم را به خود اختصاص داد به‌طوری که ضرایب بتای ۰/۷۶۵ و ۰/۶۷۵ بود (جدول ۳).

ضریب همبستگی و مدل‌های رگرسیون خطی

نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه با فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پروتئین در هورمون جیبرلین نشان داد، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز تنها با سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی دارای همبستگی معنی‌داری بود این در حالی بود که میزان پروتئین محلول با تمام صفات مورد بررسی به جز سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. همبستگی کاتالاز و پراکسیداز با متوسط زمان جوانه‌زنی منفی و با سرعت جوانه‌زنی مثبت بود. همچنین ضریب همبستگی در فعالیت پراکسیداز ($r_=$ ۰/۷۶۸ در متوسط زمان و $r_=$ ۰/۷۸۵ در سرعت جوانه زنی) بیشتر از کاتالاز بود. ضرایب همبستگی مربوط به میزان پروتئین نیز نشان داد که شاخص طول قدرت، بالاترین ضریب همبستگی ($r_=$ ۰/۸۵۶) را به این صفت نشان داد (جدول ۴).

نتایج مدل‌های رگرسیون گام به گام فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پروتئین با شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه با استفاده از جیبرلین نشان داد که این صفات به طور معنی‌داری وارد مدل پیش‌بینی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شدند. مشاهده شد در تمام صفات به جزء سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی میزان پروتئین وارد معادله پیش‌بینی شد. همچنین در مورد وزن خشک گیاهچه نیز در مرحله اول تنها میزان پروتئین وارد معادله شده ولی در مرحله دوم میزان پراکسیداز نیز توانست وارد معادله پیش بینی وزن خشک گیاهچه بشود. به‌طور کلی مشاهده شد مدل‌های رگرسیون گام به گام طول ساقه و شاخص قدرت را بهتر از صفات دیگر پیش بینی می‌کند و بالاترین ضرایب را در این صفات با مقادیر ۰/۸۵۶ و ۰/۸۳۰ نشان داد (جدول ۴).

به‌طور کلی جیبرلین باعث افزایش میزان پروتئین می‌شود که این موضوع بیانگر این است که مؤلفه‌های جوانه‌زنی وابستگی زیادی به میزان فعالیت پروتئین دارد که بیشتر باعث افزایش شاخص قدرت بذر می‌شود. ولی سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی وابستگی زیادی به میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز دارد. باتوجه به نتایج ارائه شده توسط قاسمی پیربلوطی[1] و همکاران (۲۰۰۵)، بر روی گونه‌های آویشن دانایی و شریعتی[2] و همکاران (۲۰۰۱)، روی پنج گونه مختلف بومادران

[1] Ghasemi-pierbalooti
[2] Shariati

جدول ۳. نتایج رگرسیون چند گانه خطی هورمون جیبرلین × زمان بر صفات مورد ارزیابی

Table 3. Results of multiple linear regression of gibberellin × time on evaluated traits

Adjective	صفت	معادله Equation	ضریب بتا Beta coefficients		F	R^2	RMSE
			زمان (T)	غلظت (C)			
Germination percentage (%)	درصد جوانه‌زنی (٪)	Y= 95.59 – 0.016×T- 0.002×C	-0.082^{ns}	-0.159^{ns}	0.247 ^{ns}	0.179	3.1
Mean germination time (day)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	Y= 5.03 – 0.038×L- 0.001×C	0.745**	0.454**	23.86**	0.872	0.407
Germination rate (buds per day)	سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز)	Y= 0.162 + 0.004×L+ 0.0001×C	0.762**	0.414**	22.73**	0.867	0.038
Root length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	Y= 1.87 + 0.004×L- 0.001×C	0.188^{ns}	-0.417^{ns}	1.99 ^{ns}	0.458	0.32
Stem length (cm)	طول ساقه-چه (سانتی‌متر)	Y= 0.771+0.0003×L- 0.0001×C	-0.019 ^{ns}	0.182^{ns}	0.259 ^{ns}	0.183	0.295
Seedling dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	Y= 2.241+ 0.001×L- 0.0001×C	0.095**	-0.405^{ns}	1.56**	0.416	0.124
Power Length Index (cm)	شاخص طولی قدرت (سانتی‌متر)	Y= 2.546 + 0.003×L+ 0.0003×C	0.077^{ns}	-0.169^{ns}	0.269 ^{ns}	0.168	0.613
Soluble proteins (mg)	پروتئین‌ها ی محلول (میلی‌گرم)	Y= 0.493- 0.00004×L+ 0.0001×C	0.009^{ns}	-0.349^{ns}	0.994 ^{ns}	0.342	0.083
Peroxidase	پراکسیداز	Y= 0.211 + 0.004×L+ 0.0002×C	0.639**	0.675**	47.37**	0.929	0.034
Catalase	کاتالاز	Y= 0.111 + 0.001×L+ 0.00019×C	0.227^{ns}	0.765**	13.109 **	0.798	0.045

C = غلظت هورمون جیبرلین (میلی‌گرم بر لیتر) و T = مدت زمان پرایمینگ (ساعت)

C = Concentration of gibberellin hormone (mg/L) and T = Priming time (h)

(*Achillea millefollum*) و نجفی[1] و همکاران (۲۰۰۶) روی دو گونه دارویی باریجه (*Ferula gummosa*) و مریم نخودی (*Teucrium polium*) مشخص شد که تیمار جیبرلین بیشترین اثر مثبت را بر شاخص‌های جوانه‌زنی داشته؛ که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد؛ که یکی از دلیل اثر مثبت هورمون جیبرلین بر روی جوانه‌زنی به تعادل رسیدن نسبت هورمونی در بذر است که جیبرلین مواد بازدارند رشد مانند آبسیزیک اسید را کاهش می‌دهد (نبئی[2] و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج حاکی از آن بود که کاربرد جیبرلین به‌عنوان پرایمینگ بذرها با افزایش میزان پروتئین همراه بود.

[1] Nadjafi

[2] Nabaei

جدول ۴. نتایج ضریب همبستگی با مدل‌های رگرسیون خطی هورمون جیبرلین × زمان بر صفات مورد ارزیابی

Table 4. Correlation coefficient results with linear regression models of gibberellin hormone × time on evaluated traits

Adjective	صفت	ضریب همبستگی The correlation coefficient			معادله Equation	F	R^2	RMSE
		کاتالاز (CAT)	پراکسیداز (POX)	پروتئین (PRO)				
Germination percentage (%)	درصد جوانه‌زنی (٪)	0.074^{ns}	-0.154^{ns}	0.608**	Y= 84.66+21.611 POR	9.43 **	0.609	2.42
Mean germination time (day)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	-0.668**	-0.768**	0.043^{ns}	Y= 6.163-6.873 POX	23.03**	0.768	0.516
Germination rate (buds per day)	سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز)	0.658**	0.785**	-0.049^{ns}	Y= 0.52+0.652 POX	25.63**	0.785	0.046
Root length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	-0.199^{ns}	-0.108 ^{ns}	0.788**	Y= 0.373+3.193 POR	26.21**	0.788	0.215
Stem length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	0.403^{ns}	0.170^{ns}	0.714**	Y_1= -0.314+2.411 POR Y_2= -0.653+2.453PRE+1.685 POX	16.63** 16.64**	0.714 0.830	0.167
Seedling dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	0.029^{ns}	-0.267^{ns}	0.732**	Y= 1.694+1.122 POR	18.42**	0.732	0.901
Power Length Index (cm)	شاخص طولی قدرت (سانتی‌متر)	0.081^{ns}	0.005^{ns}	0.856**	Y= -0.257+6.003 POR	43.97**	0.856	0.312

CAT = آنزیم کاتالاز، POX = آنزیم پراکسیداز و PRO = پروتئین

CAT = Catalase enzyme, POX = Peroxidase enzyme and PRO = Protein

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از آن بود که پرایمینگ بذر با هورمون جیبرلین باعث بهبود قدرت و کیفیت بذرهای سرخارگل شده و بذرهای پرایم شده دارای مؤلفه‌های جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد رویشی بهتری می‌باشند. در بررسی صفات اندازه‌گیری شده از جمله (سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص قدرت بذر) تحت تأثیر کاربرد هورمون جیبرلین روی گیاه مشاهده شد که غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت ۲۴ ساعت پرایم نسبت به شاهد (عدم کاربرد هورمون جیبرلین) برتری داشت. لذا پیشنهاد می‌گردد که از غلظت‌های مذکور جیبرلین به‌منظور تسریع در رشد و استقرار گیاهچه و مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه سرخارگل استفاده شود.

منابع

Abdul-Baki, A.A. and Anderson, A.J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science, 13(6): 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Aebi, H. 1983. Methods of enzymatic analysis. In: Bergmeyer, H.U., Bergmeyer, J., Grabi, M. (eds.). VCH Verlagsgesellschaft mbH, Germany, 273-282.

Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Gaderno de pesquisa Serie Biologia Santa Cruz do Sul, 16(1): 19-34.

Ali, H.M., Siddiqui, M.H., Basalah, M.O., Al- Whaibi, M.H., Sakran, A.M. and Al-Amri, A. 2012.

Effect of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of *Hibiscus sabdariffa* L. under salt stress African Journal of Biotechnology, 11(4): 800-804. https://doi.org/10.5897/AJB10.2187

Alivand, R., Tavakol Afshar, R. and Sharifzade, F. 2011. Effects of gibberellin, salicylic acid, and ascorbic acid on improvement of germination characteristics of deteriorated seeds of *Brassica napus*. Iranian Journal of Field Crop Science, 43(4): 561-571. [In Persian with English Summary].

Amoo aghai, R. 2004. Effect of some growth regulators on stimulation of germination of semolina (*Ferula ovina*). Journal of Research in Basic Sciences, 24(2): 50-39

Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C. and Kwon, T.R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Advanced in Agronomy, 97: 45-110. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00002-8

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research, 14: 93-107. https://doi.org/10.1079/SSR2004159

Balaguera, H.E., Cardenas, J.F. and Alvarez, J.G. 2005. Effect of gibberellic acid (GA3) on seed germination and growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Acta Horticulturae, 82: 256-262.

Bradford, K.J. 1995. Water Relations in Seed Germination. In: Kigel, J., Galili, G., (eds.). Seed Development and Germination, Marcel Dekker, Inc, New York, 351-396. https://doi.org/10.1201/9780203740071-13

Cheragi, F. 2011 Evaluation of treatments to break dormancy and seed priming on germination and establishment Angelica herb (*Heracleum persicum* Def). M.Sc. University of Birjand, Iran. [In Persian with English Summary].

Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001

Dominguez, F. and Cejudo, F.J. 1999. Patterns of starchy endosperm acidification and protease gene expression in wheat grains following germination. Plant Physiology, 119(1): 81-88. https://doi.org/10.1104/pp.119.1.81

Eisvand, H.R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Madah Arefi, H. and Hesamzadeh Hejazi, S.M. 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) seeds by hormonal priming for control and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 39: 53-65. [In Persian with English Summary].

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.

Farooq, M. 2005. Assessment of physiological and Biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in transplanted and direct seeded rice. M.Sc. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. 286p.

Fathi, Gh. and Esmailpour, B. 2000. Plant growth regulator, fundamental and application. Mashhad Jahade Daneshgahi Press, 288p. [In Persian].

Ghasemi-pierbalooti, A., Golparvar, A.R., Riyahi, M. and Navid, A. 2005. Effects of different treatments on breaking seed dormancy in five medicinal plants of Charmahal-va-Bachtiari province. Research and Construction, 185. [In Persian with English Summary].

Gilbashy, M., Zarabi, M. and Shariatmadari, M.H. 2009. A study of salinity and drought stress on germination and early growth in Hisun variety of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Abstract book National Conference on Consumption Pattern Reform in Agriculture and Natural Resources. University of Kermanshah. P. 224.

Girolamo, G.D. and Barbanti, L. 2012. Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy, 7(2): 25-25. https://doi.org/10.4081/ija.2012.e25

Hafeez, U.R., Farooq, M. and Afzal, I. (2007). Late sowing of wheat by seed priming- DAWN-Business.

Hemeda, H.M. and Kelin, B.P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. Journal of Food Science, 55(1): 184-192. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06048.x

Hosseini, A. and Kocheki, A.H. 2007. Effect of different treatments on germination rate and germination rate of four sugar beet cultivars. Iranian Journal of Crop Research, 5(1): 76-69. [In Persian with English Summary].

Ikic, I., Maric evic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z.S. and Arcevic, H.S. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. Euphytica, 188: 25-34. https://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8

Jamil, M. and Rha, E.S. 2007. Gibberellic acid (GA3) enhance seed water uptake, germination and early seedling growth in sugar beet under salt stress. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 654-658. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.654.658

Khalesro, S.H. and Aghaalikhani, M. 2008. Effect of salinity and water deficit stress on seed germination. Pajouhesh and Sazandegi, 77(1): 153-163. [In Persian with English Summary].

Koroch, A., Juliani, 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(1): 79-83. https://doi.org/10.1023/A:1015042032091

Li, T.S. 1998. Echinacea: Cultivation and medicinal value. HortTechnology, 8(2): 122-129. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.2.122

Massarat, N., Siadat, A., Sharafizadeh, M. and Habibikhaniani, B. 2013. Effect of halopriming and hydropriming on seed germination and early growth of corn hybrid SC704 cultivar under salinity and drought stress. Journal of Plant Physiology, 19: 59-49.

Nabaei, M., Roshandel, P. and Mohammad Khani, A.R. 2015. Effect of plant growth regulator sleep bankrupt milk thistle seed (*Silybum marianum* L.). Journal of Cell and Tissue Scientific Research, 4(1): 45-54.

Nadjafi, F., Bannayan, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2006. Seed germination and dormancy breaking techniques for *Ferula gammosa* and *Teucrium polium*. Journal of Arid Environments, 64: 542-547. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.009

Nelson, C.P. 2000. Water potential: The key to successful seed priming. Decagon Devices, Inc. AN4101- 10.

Omidbaigi, 2003. Investigation of carnivorous adaptation in northern Tehran. Journal of Agricultural Science and Technology. 6(2): 231-240. [In Persian with English Summary].

Omidi, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotypes under drought stress. American Journal of Plant Physiology, 5(6): 338-349. https://doi.org/10.3923/ajpp.2010.338.349

Paraoussi, G., Voyiatzis, P.G., Paroussis, E. and Drogoudi, P.D. 2002. Growth, flowering and yield responses to GA3 of strawberry grown under different environmental conditions. Scientia Horticulturae, 96(1): 103-113. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00058-4

Parmoon, G.H. 2014. Effect of seed priming on chamomile germination and seedling growth at salinity conditions, Journal of Crop Production, 6: 145-164.

Parmoon, G.H., Ebadi, A., Ghaviazm, A. and Miri, M. 2013. Effect of seed priming on germination

and seedling growth of chamomile under salinity. Crop Production, 6(3): 145-164. [In Persian with English abstract]. https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.11.003

Salehzade, H., Izadkhah, M., Hhyasi, M., Forouzin, F. and Abbasi, A. 2009. Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Research Journal of Biological Science, 4(5): 529-631.

Shariati, M., Tahmaseb, A. and Modares, M. 2001. Effects of different treatments on breaking seed dormancy in Achillea millefolium. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15: 2-8. [In Persian with English Summary].

Tavakol Afshari, R., Afshari, S. and Majnon Hoseini, N. 2007. Effect of abscisic acid and cytokines on seed germination and vigor of deterioration rapeseed under high drought stress. Journal of Agronomy Sciences, 39: 164-179.

Verma, S.K., Bjpai, G.C., Tewari, S.K. and Singh, J. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume Research, 28(2): 143-145.

Yang, T., Davies, P.J. and Reid, J.B. 1996. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. Plant Physiology, 110(2): 1029-1034. https://doi.org/10.1104/pp.110.3.1029

Iranian Journal of Seed Research, 2021, 8(1): 173-188

Short Research Paper

The Effect of Hormone Seed Priming Using Gibberellic Acid on Seed Germination Characteristics and Seedling Growth of Coneflower (*Echinacea purpurea*)

Farshid Yousefi [1], Abdolreza Siahpoush [2, *], Abdolmehdi Bakhshandeh [3], Seyed Amir Mousavi [2]

Extended Abstract

Introduction: Coneflower herbal medicinal plant is from the Asteraceae family, native to North America. Because of its immune-boosting properties, it is used to treat a variety of pathogens. The seed germination stage is one of the crucial and crucial stages in the growth cycle of plant species that can play an important role in the production process by optimal establishment of seedlings. Seed of Coneflower germinates and grows very slowly and weakly. Therefore, the use of some plant growth regulators, such as the gibberellin hormone, can play an important role in improving seed germination. The aim of this study was investigate the effect of hormone seed priming using gibberellin on seed germination quality of Coneflower.

Material and Methods: A factorial experiment was conducted based on the complete randomized design arranged with three replications. The experiment was conducted at the seed technology laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, 2018. Experimental treatments were different concentrations of gibberellin (0, 50, 100, 200, 400, and 800 mg/l) as the first factor and the durations of seed priming (12, 24, and 48 hour) as the second factor.

Results: Results of in vitro studies showed that the interaction of gibberellin in priming time on percentage, rate and mean germination time, root and shoot length, seed vigor index, peroxidase activity at 1% and Seed soluble protein content was significant at 5% level. Seed germination quality and protein content increased by the application of 200 mg/l gibberellin for the 24 hours, whereas at the concentrations of 400 and 800 mg/l, gibberellin reduced germination quality and antioxidant enzymes activities. Results of stepwise regression models of antioxidant enzymes activity and protein content with germination indices showed that these traits were significantly entered into the prediction model. It was observed that in all traits except for the rate and the mean germination time, the amount of protein entered the prediction equation. In general, stepwise regression models predicted stem length and power index better than other traits and showed the highest coefficients in these traits with values of 0.85 and 0.83. Also, catalase and peroxidase activities were significantly correlated with rate and mean germination time only. The amount of soluble protein had a positive and significant correlation with all studied traits except germination rate and mean germination time. The highest correlation coefficients for protein content were obtained from longitudinal power index with correlation coefficient (r = 0.856).

Conclusion: Based on the obtained results, the best hormone priming treatment was 200 mg/l gibberellin for the durations of 24 hour.

Keywords: Catalase enzyme, Peroxidase, Soluble protein, Germination percentage, Stepwise regression

Highlights:

1- The role of gibberellin hormone on seed germination traits Coneflower was evaluated

2- The effect of gibberellin hormone on the activity of antioxidant enzymes and soluble proteins during seed germination was investigated.

[1] Graduate Student of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Khuzestan, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

[3] Professor, Department of Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

[*] Corresponding author, E-mail: Siahpoush@ramin.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.1.2.6

DOI: 10.52547/yujs.8.1.173

(Received: 10.11.2020; Accepted: 17.04.2021)