بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با سولفات روی بر خصوصیات جوانه‌زنی سه رقم کلزای پاییزه

شهرام نظری [۱،*]، محمدعلی ابوطالبیان [۲]، فرید گل‌زردی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
[۲] استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
[۳] مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: sh.nazari92@basu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۱)

چکیده

پرایمینگ بذر یکی از روش‌های بسیار مؤثر در بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است. به‌منظور تعیین بهترین تیمارهای هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کلزا آزمایش‌های جداگانه‌ای در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه فنآوری بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. آزمایش اول، هیدروپرایمینگ بذرهای سه رقم کلزا (اُکاپی، زرفام و طلاییه) با بهره‌گیری از آب معمولی بود که در سطوح زمانی ۰، ۲، ۶، ۱۰، ۱۴، ۲۰ و ۲۴ ساعت آبگیری انجام شد. آزمایش دوم شامل سه رقم کلزا، شش غلظت سولفات روی (۰، ۰/۰۳۵، ۰/۱، ۰/۴، ۱ و ۴ گرم در لیتر) و طول دوره پرایمینگ در پنج سطح (۰، ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ ساعت) بود. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مدت زمان هیدروپرایمینگ نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر سه رقم اُکاپی، زرفام و طلاییه به ترتیب با ۹۹، ۹۵ و ۸۰ درصد در هیدروپرایم ۱۰ ساعت مشاهده شد. همچنین در ارتباط با سرعت جوانه‌زنی، بهترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم طلاییه در هیدروپرایم ۱۰ ساعت بود. بیشترین شاخص طولی بنیه بذر و شاخص وزنی بنیه بذر به ترتیب با ۱۰۵۰/۵۵ و ۴/۵۶ در رقم اُکاپی در سطح چهارم هیدروپرایم مشاهده شد. اثرات متقابل رقم، غلظت سولفات روی و مدت زمان اسموپرایمینگ بر کلیه صفات مورد بررسی بجز وزن خشک ساقه‌چه و شاخص وزنی بنیه بذر، اثر معنی‌دار نداشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه‌چه با ۰/۱۱، ۰/۰۵۷ و ۰/۰۵۵ گرم و همچنین شاخص وزنی بنیه بذر به ترتیب در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر سولفات روی و در مدت زمان ۱۰ ساعت مشاهده شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد هیدروپرایمینگ و پرایم با سولفات روی موجب بهبود کارکرد بذر کلزا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص وزنی بنیه بذر، وزن خشک ساقه‌چه

مقدمه

کلزا[1] با ۴۰ تا ۴۶ درصد روغن دانه، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در سطح دنیا برای استخراج روغن کشت شده و از بیشترین میزان رشد سالانه (تولید) در میان گیاهان دانه روغنی مهم جهان برخوردار است (محسن‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۰). اهمیت صنعتی کشت و تولید کلزا در کشور مربوط به تولید روغن آن می‌باشد که پس از غلات دومین منبع غذایی انرژی‌زا برای انسان‌ها می‌باشد (فرزین و همکاران، ۱۳۸۵). با

[1] *Brassica napus* L.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی بخش اعظم آن از طریق واردات تأمین می‌شود، لذا برنامه‌ریزی منسجم با هدف نیل به خودکفایی در تولید روغن‌های خوراکی غیرقابل انکار بوده و در همین راستا کشت گیاه کلزا در سطح وسیع به‌عنوان یک گیاه مناسب روغنی در شرایط آب و هوایی ایران مورد تأکید قرار می‌گیرد (عاقل و ذوقی، ۱۳۸۸). به دلیل برنامه توسعه کشت کلزا در کشور و قرار گرفتن بخش‌هایی از اراضی این گیاه زراعی در تناوب با محصولات تابستانه مثل ذرت، به‌ناچار برخی اراضی خارج از دامنه زمانی توصیه شده کشت می‌شوند. چنین مسئله‌ای ممکن است به حدی عملکرد را کاهش دهد که سبب غیراقتصادی شدن کاشت این محصول شود (عاقل و ذوقی، ۱۳۸۸). در صورتی که کاشت، دیرتر از تاریخ مناسب انجام گیرد، بوته‌های سبز شده فرصت کافی برای رشد در طی دوره قبل از یخبندان نخواهند داشت و رشد کم بوته‌ها باعث خسارت سرما به مزرعه در طی این دوره می‌شود (رودی و همکاران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر در کشت دیرهنگام، رشد اولیه گیاه کند بوده و باعث برخورد مراحل گلدهی و تلقیح با گرمای زودرس بهاره می‌شود. در انتهای فصل نیز به دلیل مواجه شدن دوره پر شدن غلاف‌ها با درجه حرارت بالای محیط سبب کاهش تولید شیره پرورده و کوتاهی دوره پر شدن دانه شده و سرانجام منجر به افت شدید عملکرد می‌شود (اشرف و فولاد[1]، ۲۰۰۵). در این راستا شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد و محدودیت‌هایی که در رابطه با عملکرد بالا در این گیاه وجود دارد می‌تواند اقدام مؤثری در جهت افزایش تولید در واحد سطح باشد. یکی از عواملی که تولید کلزا در کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد، عدم جوانه‌زنی و به‌تبع آن عدم سبز شدن مطلوب بذرهای این گیاه در مزرعه می‌باشد.

استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر در جبران عوارض تأخیر کاشت و افزایش کیفیت بذر (کایا[2] و همکاران، ۲۰۰۶) کلزا در شرایط نامساعد محیطی باشد. بذر در هنگام کاشت زمان قابل توجهی را صرف جذب آب می‌کند، پرایمینگ بذر با کاهش این زمان به حداقل، می‌تواند سرعت جوانه‌زنی و خروج جوانه از خاک را تسریع نماید. از دیگر سودمندی‌های پرایمینگ بذر کاهش دمای پایه جوانه‌زنی است (افضل[3] و همکاران، ۲۰۱۳). رایج‌ترین روش‌های پرایمینگ شامل هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ می‌باشد. اسموپرایمینگ نوع خاصی از آماده‌سازی پیش از کاشت بذرها می‌باشد که از طریق خوابانیدن بذرها در محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی پایین حاوی مواد شیمیایی مختلف نظیر پلی‌اتیلن گلایکول، مانیتول، سولفات روی، کودهای شیمیایی و غیره صورت می‌گیرد. همچنین در روش هیدروپرایمینگ، بذرها با آب خالص و بدون استفاده از هیچ‌گونه ماده شیمیایی تیمار می‌شوند که این نوع پرایمینگ بسیار ساده و ارزان بوده و مقدار جذب آب از طریق مدت زمانی که بذرها در تماس با آب هستند، کنترل می‌شود (فابونمی[4] و همکاران، ۲۰۱۲). هر روش دارای نقاط قوت و ضعفی است و بسته به نوع گیاه، مرحله رشد گیاه، غلظت و میزان عامل پرایمینگ تأثیرگذاری مختلفی دارد (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای پنبه، آفتابگردان، کلزا و پیاز می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ کایا و همکاران، ۲۰۰۶؛ ابوطالبیان[5] و همکاران، ۲۰۱۲؛ لاواره و راسکار[6]، ۲۰۱۴). بیگم[7] و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که پرایمینگ بذرهای کلزا با سولفات روی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام به مدت سه ساعت سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد می‌شود. فاروق[8] و همکاران (۲۰۰۵) به نقل از باباوا[9] و همکاران (۱۹۹۹) بیان داشتند که اسموپرایمینگ با سولفات روی با غلظت ۰/۰۵ درصد، سبب افزایش ۳۸ و ۴۱ درصدی به ترتیب درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در بذرهای *Echinacea purourea* نسبت به تیمار شاهد گردید. محققی و ابوطالبیان (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر زمان‌های

[1] Ashraf and Foolad
[2] Kaya
[3] Afzal
[4] Fabunmi
[5] Aboutalebian
[6] Laware and Raskar
[7] Begum
[8] Farooq
[9] Babaeva

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

مختلف هیدروپرایمینگ (۲ تا ۲۴ ساعت با فاصله زمانی ۲ ساعت) و کاربرد سولفات روی (۶ و ۱۰ ساعت با غلظت‌های مختلف) بر خصوصیات جوانه‌زنی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ اظهار داشتند که هیدروپرایمینگ بین ۴ تا ۱۰ ساعت تأثیرات مثبتی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت. همچنین آن‌ها بیان داشتند که بهترین نتایج از تیمارهای ۶ و ۱۰ ساعت سولفات روی به ترتیب در غلظت‌های ۰/۰۳۵ و ۰/۱۰۵ گرم در لیتر مشاهده شد. ترابی و ربیعی[1] (۲۰۱۳) با بررسی سطوح مختلف هیدروپرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی کلزا (رقم اُکاپی) اظهار داشتند که بالاترین درصد جوانه‌زنی در هیدروپرایمینگ ۴ و ۸ ساعت مشاهده شد.

رعایت دستورالعمل[2] تولید کلزا که نتیجه کارهای تحقیقاتی در طی سالیان گذشته می‌باشد باعث استحصال پتانسیل عملکرد دانه ارقام توصیه شده کلزا در هر منطقه خواهد شد. کلزا دارای تنوع رقم بسیار بالایی می‌باشد، لذا بطورکلی از لحاظ تیپ رشد به دو تیپ بهاره[3] و زمستانه[4] تقسیم‌بندی می‌شود. در اقلیم‌های معتدل و سرد، ارقام با تیپ رشد زمستانه و در اقلیم‌های گرم و مرطوب، ارقام با تیپ رشد بهاره کشت می‌شوند. به‌عنوان مثال رقم طلاییه، منشأ آن کشور آلمان و دارای تیپ رشد زمستانه می‌باشد. این رقم متحمل به سرما، مقاوم به خوابیدگی و حساس به تاریخ کاشت است. رقم اُکاپی، منشأ این رقم کشور فرانسه و دارای تیپ رشد زمستانه می‌باشد. این رقم سازگاری بسیار خوب در اکثر مناطق با پتانسیل عملکرد بالا دارد. رقم زرفام، دارای رشد سریع اولیه، متوسط رس، پایداری عملکرد در مناطق معتدل سرد با بهار گرم دارد.

با توجه به اینکه کلزا عمدتاً در تناوب با محصولات تابستانه قرار می‌گیرد، به‌ناچار کاشت این گیاه خارج از دامنه زمانی توصیه شده انجام می‌گیرد. چنین مسئله‌ای ممکن است با جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه منجر به استقرار ضعیف و گاهی نابودی محصول گردد. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی ارقام مرسوم کاشت در کرج در واکنش به هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ جهت شناسایی بهترین تیمار برای کاشت در مزرعه انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر و گیاهچه‌های سه رقم کلزا دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در سال ۱۳۹۳ انجام گردید. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. در آزمایش نخست، فاکتورهای اعمال شده آزمایش شامل ارقام کلزا (طلاییه، اُکاپی و زرفام) و مدت زمان هیدروپرایمینگ در هفت سطح شامل صفر، ۲، ۶، ۱۰، ۱۴، ۲۰ و ۲۴ ساعت قرار دادن بذرهای در آب معمولی (هدایت الکتریکی ۰/۲ دسی زیمنس بر متر) بود. در آزمایش دوم تیمارهای اعمال شده شامل: فاکتور اول ارقام کلزا (طلاییه، اُکاپی و زرفام)، فاکتور دوم، شش غلظت سولفات روی (صفر، ۰/۰۳۵، ۰/۱، ۰/۴، ۱ و ۴ گرم در لیتر) و فاکتور سوم، مدت زمان پرایمینگ در پنج سطح (صفر، ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ ساعت) انجام شد. ویژگی‌های بذری ارقام مورد بررسی که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده در جدول ۱ ارائه گردیده است. برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به‌طور کامل ضدعفونی شدند. به این منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو گردیدند. بعد از اتمام مدت زمان هیدروپرایمینگ، بذرها از بطری خارج و با آب مقطر شستشو شدند و بعد جهت خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در محیط سایه و دمای اتاق نگهداری شدند، به‌طوری که رطوبت آن‌ها به میزان اولیه رسید. در این بررسی از بذر تیمار نشده به‌عنوان شاهد استفاده شد. در این آزمایش از پتری دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متری جهت بررسی خصوصیات مختلف جوانه‌زنی استفاده شد. ابتدا پتری دیش‌ها جهت استریل با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد کاملاً شسته شد و داخل فویل آلومینیومی در آون با دمای ۱۲۰ درجه

[1] Torabi and Rabii

[2] اطلاعات برگرفته از موسسه اطلاح و تهیه نهال بذر- بخش دانه‌های روغنی می‌باشد.

[3] Spring type

[4] Winter type

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شدند (کایا و همکاران، ۲۰۰۶). درون هر پتری‌دیش تعداد ۲۵ عدد بذر از هر تیمار مورد مطالعه روی کاغذ صافی کشت گردیده و به آن‌ها ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. فرآیند جوانه‌زنی با جذب آب توسط بذر خشک در حال استراحت، شروع و با خروج ریشه‌چه از ساختارهایی که آن را فرا گرفته‌اند کامل می‌شود. بر این اساس، خروج دو میلی‌متری ریشه‌چه به‌عنوان معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷).

ثبت جوانه‌زنی از روز دوم آغاز و هر ۲۴ ساعت یک‌بار انجام شد. این آزمایش در داخل ژرمیناتور در دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. در روز دهم بعد از انجام آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک آن‌ها با استفاده از متوسط داده‌های ۱۰ گیاهچه اندازه‌گیری شد. در این آزمایش برای محاسبه شاخص‌های سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه به ترتیب از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (جودی و شریف‌زاده، ۱۳۸۵):

رابطه ۱) $$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{n_i}{n_i d_i}$$

رابطه ۲) $$\text{درصد جوانه‌زنی} = \sum \frac{n_i}{N} \times 100$$

رابطه ۳) شاخص طولی بنیه بذر= میانگین طول گیاهچه (سانتی‌متر) × درصد جوانه‌زنی/۱۰۰

رابطه ۴) شاخص وزنی بنیه بذر= میانگین وزن خشک گیاهچه (گرم) × درصد جوانه‌زنی

ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در شمارش iام، di روز جوانه‌زده در شمارش iام و N تعداد بذرهای کشت شده است.

همچنین جهت محاسبه ضریب یکنواختی جوانه‌زدن از رابطه ۵ استفاده شد (بولی و بلک[1]، ۱۹۹۴):

رابطه ۵)
$$\text{ضریب یکنواختی جوانه‌زدن} = \frac{\sum n}{\sum[(\text{MGT} - t^2) \times n]}$$

n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز t (مقدار صحیح نه تجمعی)؛ t: تعداد روزهای پس از کاشت؛ MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی که با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد (بولی و بلک، ۱۹۹۴):

رابطه ۶)
$$\text{میانگین زمان جوانه‌زنی} = \frac{\sum Dn}{n}$$

D: تعداد روزهای محاسبه شده از زمان کاشت؛ n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در D روز.

داده‌های ضریب یکنواختی جوانه‌زدن در آزمایش سطوح مختلف هیدروپرایم با استفاده از روش تبدیل معکوس[2] تبدیل شدند. در مطالعاتی که در آن‌ها یکی از متغیرها، زمان تأثیر یا زمان پایان چیزی باشد می‌توان از این تغییر شکل استفاده کرد (پیغمبری، ۱۳۸۸). نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی

اثر رقم به جزء وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و همچنین ضریب یکنواختی جوانه‌زدن در تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین برهمکنش رقم و مدت زمان هیدروپرایمینگ به جزء وزن خشک ریشه‌چه و ضریب یکنواختی جوانه‌زدن در کلیه صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مدت زمان هیدروپرایمینگ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان داد که هیدروپرایمینگ در هر سه رقم مورد مطالعه، نسبت به تیمار شاهد وضعیت مطلوب‌تری ایجاد کرد (جدول ۳). ابوطالبیان و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی سه رقم کلزا (Hayola 308، Hayola 401 و RGS 003) بیان داشتند که هیدروپرایمینگ سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در هر سه رقم مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد گردید.

[1] Bewley and Black

[2] Inverse trasnformation

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۱- مشخصات ارقام مورد مطالعه در این تحقیق (بر اساس اطلاعات مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج)

نام رقم	مبدأ	سال ورود به ایران	نوع گرده افشانی	تیپ رشد	وزن هزار دانه (گرم)	گروه رسیدگی	متوسط عملکرد (تن در هکتار)
طلاییه	آلمان	۱۳۷۶	غیر هیبرید	پاییزه	۳/۳۲	دیررس	۳/۶
اُکاپی	فرانسه	۱۳۸۰	غیر هیبرید	پاییزه	۲/۲۹	دیررس	۴/۱۳
زرفام	ایران	۱۳۸۳	غیر هیبرید	پاییزه	۳/۶	دیررس	۴

محمودزاده اردهایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز اظهار داشتند که هیدروپرایمینگ سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذرهای آفتابگردان گردید. آن‌ها همچنین بیان داشتند که در بذرهای پرایم شده، عملکرد و ساختار غشاء سلولی در مقایسه با بذرهای شاهد در وضعیت مطلوب‌تری می‌باشد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر سه رقم اُکاپی، زرفام و طلاییه به ترتیب با ۹۹، ۹۵ و ۸۰ درصد در هیدروپرایم ۱۰ ساعت مشاهده شد (جدول ۲). همچنین در ارتباط با سرعت جوانه‌زنی بهترین واکنش با ۰/۸۳۹ مربوط به رقم طلاییه در هیدروپرایم ۱۰ ساعت بود (جدول ۳). علت تسریع درصد و سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها نسبت داد (شیوانکار[1] و همکاران، ۲۰۰۳). هیدروپرایمینگ از طریق افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی بخصوص در شرایطی که کاشت دیر انجام می‌شود با کوتاه کردن فاصله بین جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در مزرعه مفید می‌باشد.

روند کلی تأثیر متقابل رقم و مدت زمان هیدروپرایمینگ بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نشان داد که در هر سه رقم با افزایش مدت زمان هیدروپرایم تا ۱۰ ساعت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه همواره روند صعودی داشت ولی با افزایش مدت هیدوپرایم به ۲۴ ساعت این مؤلفه‌ها کاهش یافتند. در همین راستا آذرنیوند و همکاران (۱۳۸۸) اظهار داشتند که در گیاه *Agropyron elongatum* هیدروپرایمینگ در دامنه ۱۸-۱۲ ساعت دارای بیشترین طول ریشه‌چه بود که با تیمارهای ۶ و ۳۰ ساعت اختلاف معنی‌داری نشان دادند؛ بنابراین آنچه مسلم است این است که در گیاهان مختلف هیدروپرایمینگ دارای حد آستانه‌ای می‌باشد که می‌تواند طول ریشه‌چه را بهبود بخشد و طول دوره‌های کمتر یا بیشتر از حد آستانه می‌تواند اثر منفی و بازدارندگی داشته باشد. جذب بیش از حد آب سبب به هم خوردن تعادل هورمونی و آنزیمی درون بذر می‌گردد که به دنبال آن سبب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (سینگ[2]، ۱۹۹۱). از طرفی به نظر می‌رسد کاهش طول دوره هیدروپرایمینگ سبب کمتر بودن فعالیت آنزیم‌های درگیر در فرآیندهای متابولیکی باشد. یکی از نکات مهم پرایمینگ، بحث زمان خاتمه آن است، چرا که خاتمه زودتر یا دیرتر سبب آسیب به بذر و عدم دستیابی به نتیجه مطلوب می‌شود؛ که این مسئله در هیدروپرایمینگ بسیار مهم‌تر است (آل عمرانی‌نژاد و رضوانی اقدم، ۱۳۹۲).

در پرایمینگ، بذرها با جذب آب مرحله دوم جوانه‌زنی را طی می‌کنند (انجام تقسیم سلول و آماده شدن برای ظهور ریشه‌چه) و زمانی که پس از هیدروپرایمینگ در محیط رشد قرار می‌گیرند، بذرهای پرایمینگ شده، مرحله اول (جذب آب) و مرحله دوم جوانه‌زنی را در مدت زمان کوتاه‌تری طی کرده و وارد مرحله سوم جوانه‌زنی می‌شوند (شاکرمی و همکاران، ۱۳۸۹).

[1] Shivankar

[2] Singh

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه‌ای ارقام کلزا تحت تیمار هیدروپرایمینگ

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر	ضریب یکنواختی جوانه‌زدن
رقم	۲	۴۱۰۸**	۰/۰۵۶**	۹/۸۵**	۲۳/۵۳**	۵/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۵۸۹۸۱۵/۰۳**	۱/۹۸**	۰/۰۸۳^{ns}
هیدروپرایمینگ	۶	۱۳۲۴/۱۹**	۰/۱۷**	۵۵/۹۳**	۴۱/۴۷**	۱/۰۳*	۰/۰۰۱۶**	۴۷۳۳۴۰/۶۳**	۱۵/۵۵**	۰/۰۶۶*
رقم × هیدروپرایمینگ	۱۲	۱۲۴**	۰/۰۳۵*	۳/۰۳**	۱/۷۲**	۴/۷۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۱۴**	۲۴۰۸۴/۵۲**	۰/۱۸۶**	۰/۰۲۱^{ns}
خطا	۶۳	۳۹/۴۳	۰/۰۳۲	۱/۳۹	۱/۲	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۰۰۰۱	۹۳۷۹/۲۳	۰/۱۵۷	۰/۰۳۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۴	۹/۱۴	۲۲/۰۲	۱۷/۴۳	۲۷/۷۸	۱۲/۳۹	۲۰/۶۸	۱۵/۰۷	۲۶/۵۸

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند

بیشترین طول ریشه‌چه در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه به ترتیب با ۱۱/۲۱، ۸/۲ و ۷/۸۷ سانتی‌متر در تیمار هیدروپرایمینگ ۱۰ ساعت مشاهده شد. طبق نتایج جدول (۸) همبستگی معنی‌داری بین طول ریشه‌چه با درصد جوانه‌زنی ($r=0/64^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r=0/53^{**}$) وجود دارد. در همین زمینه لی[1] و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند بین افزایش طول ریشه‌چه با مؤلفه‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط هیدروپرایم همبستگی مثبتی وجود دارد. همچنین کمترین طول ریشه‌چه نیز در هر سه رقم در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی مدت زمان هیدروپرایمینگ اثر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه‌چه داشت (جدول ۲)، به‌طوری که وزن خشک ریشه‌چه در زمان‌های اولیه هیدروپرایم کم‌تر بود که با افزایش مدت زمان هیدروپرایم به ۱۴ ساعت طول به بیشترین مقدار خود دست رسید ولی مجدداً با افزایش این مدت زمان به بیشتر از ۱۴ ساعت همواره روند نزولی داشت (شکل ۱).

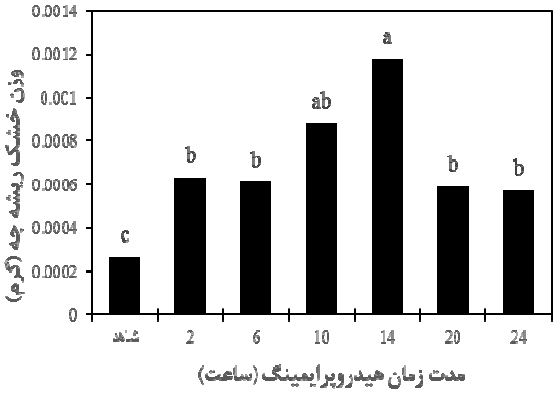
پنالوزا و ایرا[2] (۱۹۹۳) نیز گزارش کردند که مدت زمان نامناسب تیمار هیدروپرایمینگ اثرات منفی را بر روی وزن خشک ریشه‌چه بذرهای گوجه‌فرنگی دارد. نتایج حاکی از آن است که وزن خشک ریشه‌چه همبستگی بالایی با سرعت جوانه‌زنی ($r=0/63^{**}$) دارد (جدول ۸). در همین راستا گزارش شد افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی از طریق افزایش تقسیم سلولی موجب افزایش طول ریشه و به دنبال آن نیز وزن خشک ریشه‌چه در بذرهای گوجه‌فرنگی افزایش یافت (فاروق و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر هیدروپرایمینگ بر ضریب یکنواختی جوانه‌زدن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین مؤید آن است که بیشترین ضریب یکنواختی جوانه‌زنی به ترتیب در مدت زمان‌های ۱۰ و ۱۴ ساعت هیدروپرایم مشاهده شد. همچنین بین سایر تیمارها نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲).

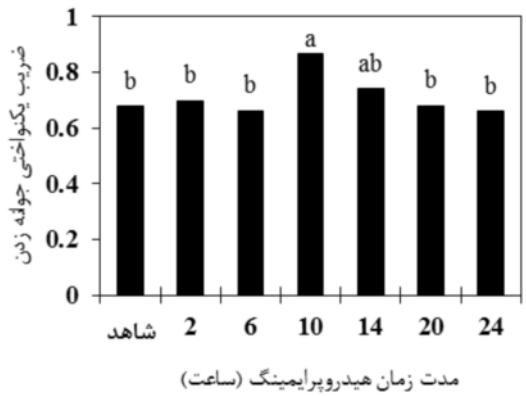
نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که وزن خشک ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه در ارقام مورد بحث بیشتر تحت تأثیر هیدروپرایمینگ قرار گرفت (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط هیدروپرایم به دلیل تأثیر پرایمینگ بر افزایش قابلیت گسترش دیواره سلولی جنین باشد که توسط باسرا[3] و همکاران (۲۰۰۳) نیز تأیید شده است.

[1] Li
[2] Penalosa and Eira
[3] Basra

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]



شکل ۱- اثر مدت زمان هیدروپرایمینگ بر وزن خشک ریشه‌چه



شکل ۲- اثر مدت زمان هیدروپرایمینگ بر ضریب یکنواختی جوانه‌زنی

حروف یکسان نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

بیشترین وزن خشک ساقه‌چه با ۰/۰۸۶۱، ۰/۰۷۸ و ۰/۰۷۴ گرم به ترتیب در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه در مدت زمان هیدروپرایم ۱۰ ساعت به دست آمد و کمترین آن در هر سه رقم مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که در هیدروپرایم‌های بیشتر و کمتر از ۱۰ ساعت طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). دلیل کاهش طول ساقه‌چه در اثر افزایش مدت زمان‌های هیدروپرایم را می‌توان به‌بهم خوردن تعادل آنزیمی و در کاهش مدت زمان هیدروپرایم به عدم فعالیت‌های آنزیم‌های تسریع جوانه‌زنی عنوان کرد (پنگ[1] و همکاران، ۲۰۱۳). جودی و شریف‌زاده (۱۳۸۵) نیز با بررسی سه رقم جو (کرمانشاه، گرگان و زرجو) در شرایط کنترل شده اظهار داشتند که با افزایش مدت زمان هیدروپرایمینگ تا ۱۰ ساعت، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش داشت ولی با افزایش هیدروپرایم تا ۱۵ ساعت این دو خصوصیت کاهش یافت. بر اساس نتایج به دست آمده در جدول (۳) شاخص طولی بنیه گیاهچه به‌شدت تحت تأثیر هیدروپرایمینگ قرار گرفت، به‌طوری‌که در ارقام مورد مطالع آرتولا[2] و همکاران (۲۰۰۳) نیز به اثر مثبت هیدروپرایمینگ بر روی شاخص طولی بنیه بذر لوتوس اشاره کردند. افزایش شاخص طولی بنیه بذر با افزایش مدت زمان پرایمینگ در هر سه رقم دارای روند یکسانی بودند، به‌طوری‌که با افزایش طول دوره هیدروپرایم از تیمار شاهد به ۱۰ ساعت همواره روند صعودی را طی کرد که این افزایش در رقم اُکاپی کاملاً محسوس‌تر بود که این نشان از ظرفیت بیشتر این رقم در پاسخ به هیدروپرایمینگ می‌باشد. هیدروپرایمینگ سبب افزایش این شاخص شد. ولی با افزایش طول دوره هیدروپرایم به بیش از ۱۰ ساعت شاخص طولی بنیه گیاهچه در هر سه رقم همواره روند کاهشی داشت. فرزانه و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که در هیدروپرایمینگ ۱۰ ساعت، بیشترین شاخص طولی بنیه بذر تربچه[3] به دست آمد. بیشترین شاخص طولی بنیه بذر در رقم اُکاپی ۱۰۵۰/۵۵ در تیمار ۱۰ ساعت مشاهده شد که با هیدروپرایم تا ۱۴ ساعت در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به اینکه شاخص طولی بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و درصد جوانه‌زنی جدول (۸) دارد و طبق نتایج به دست آمده در جدول (۳) بالاترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با ۱۱/۲۱ و ۱۰/۴۹ سانتی‌متر در رقم اُکاپی در تیمار هیدروپرایم ۱۰ ساعت مشاهده شد.

[1] Peng
[2] Artola
[3] *Raphanus sativus* L.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۳- اثر متقابل رقم و مدت زمان هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی کلزا

رقم	هیدروپرایمینگ (ساعت)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر
	شاهد	۷۰d-h	۰/۴۵۶ab	۲/۰۳h	۲/۳۴f	۰/۰۰۵۲c	۱۶۵/۶۸hi	۰/۳۵g
	۲	۸۱bcd	۰/۵۲۶ab	۴/۲۳efg	۸/۱۶b	۰/۰۲۴۷b	۶۷۳/۷۶bcd	۲cde
	۶	۸۹abc	۰/۵۵۴ab	۵/۴۴def	۷/۲۳bcd	۰/۰۲۳۹b	۶۴۹/۶۱b-e	۲/۱۳cd
اُکاپی	۱۰	۹۹a	۰/۷۴۵ab	۱۱/۲۱a	۱۰/۴۹a	۰/۰۸۶a	۱۰۵۰/۵۵a	۴/۵۶a
	۱۴	۹۷a	۰/۵۵۱ab	۸/۰۶b	۸/۲۸b	۰/۰۲۵۹b	۸۶۴/۲۹ab	۲/۵۲c
	۲۰	۸۵bcd	۰/۴۸۸ab	۵/۷۵def	۷/۵۲bc	۰/۰۲۱۲b	۶۴۷/۶۹b-e	۱/۸def
	۲۴	۷۷c-f	۰/۴۷۳ab	۵/۲۹def	۶/۸۷b-e	۰/۰۲۳۷b	۵۴۰/۹۷d-g	۱/۸۲def
	شاهد	۶۲e-h	۰/۳۴۲b	۱/۹۸h	۲/۶۷f	۰/۰۰۴۴c	۱۶۶/۲۱hi	۰/۲۷g
	۲	۸۱bcd	۰/۴۲۸ab	۵/۰۲def	۵/۲e	۰/۰۰۴b	۴۲۴/۷۲d-h	۱/۶۴def
	۶	۹۰ab	۰/۴۸۹ab	۶/۲۲bcd	۵/۹۵cde	۰/۰۵۸b	۵۴۱/۶۲c-g	۲/۳۲cd
زرفام	۱۰	۹۵ab	۰/۷۷۱ab	۸/۲b	۷/۹b	۰/۰۷۸a	۷۶۱bc	۴/۲۷a
	۱۴	۷۴c-f	۰/۴۶۷ab	۵/۹۲c-f	۷/۳۱bc	۰/۰۲۶b	۵۴۲/۹۸c-g	۲/۱۹cd
	۲۰	۶۸d-h	۰/۴۷۲ab	۴/۵۹ef	۵/۷۳cde	۰/۰۲۵۴b	۳۹۸/۳۱e-i	۱/۷۴def
	۲۴	۷۰d-h	۰/۴۶۲ab	۴/۷۵def	۵/۳۳de	۰/۰۵۹b	۳۷۱/۷۵f-i	۱/۸۷c-f
	شاهد	۶۴e-h	۰/۳۹۲b	۲/۵۲gh	۲/۹۵f	۰/۰۰۵۲c	۱۳۲/۳۴i	۰/۲۳g
	۲	۷۲d-h	۰/۵۷۴ab	۴/۱۴fg	۵/۷۶cde	۰/۰۲۶۷b	۴۱۰/۲۱d-h	۱/۸۹c-f
	۶	۶۲e-h	۰/۵۷۹ab	۴/۰۶fg	۵/۸۵cde	۰/۰۲۶۶b	۳۶۷/۱۹f-i	۱/۶۵def
طلاییه	۱۰	۸۰bcd	۰/۸۳۹a	۷/۸۷bc	۷/۵۹bc	۰/۰۷۴۴b	۶۱۴/۹۴b-f	۳/۵۶b
	۱۴	۶۳e-h	۰/۵۶۲ab	۶/۷۸bcd	۶/۷۴b-e	۰/۰۲۶۷b	۴۳۰/۵۳d-h	۱/۶۹def
	۲۰	۵۳gh	۰/۵۲۲ab	۴/۵۱efg	۵/۹۴cde	۰/۰۲۳۶b	۳۱۸/۴۷ghi	۱/۲۴f
	۲۴	۵۸fgh	۰/۴۷۸ab	۳/۹۳fgh	۵/۷۸cde	۰/۰۲۳۱b	۳۳۸/۰۷ghi	۱/۳۴ef

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

بدیهی است که این تیمار در گروه بالاتر آماری نسبت به سایر تیمارها قرار گیرد. بالاترین شاخص طولی بنیه بذر در ارقام زرفام و طلاییه با ۷۶۱ و ۶۱۴/۹۴ نیز در هیدروپرایم ۱۰ ساعت بود (جدول ۳). کمترین شاخص طولی بنیه بذر نیز مربوط به تیمار شاهد هر سه رقم بود که اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. سطح مطلوب شاخص وزنی بنیه بذر با ۴/۵۶ و ۴/۲۷ به ترتیب در ارقام اُکاپی و زرفام در هیدروپرایم ۱۰ ساعت مشاهده شد که در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). علت آن نیز مربوط به افزایش دو جزء مهم شاخص وزنی بنیه بذر یعنی طول گیاهچه (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه) و درصد جوانه‌زنی در این سطح هیدروپرایمینگ می‌باشد. در این

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

راستا نتایج جدول همبستگی نشان داد که شاخص وزنی بنیه گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌دار با طول ریشه‌چه ($r=۰/۴۴^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=۰/۸۶^{**}$) و درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۷۷^{**}$) داشته است (جدول ۸). بالاترین شاخص وزنی بنیه بذر در رقم طلاییه نیز با ۳/۵۶ در سطح چهارم هیدروپرایم مشاهده شد. کمترین این شاخص نیز همانند شاخص طولی بنیه بذر در تیمار شاهد ثبت شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هیدروپرایمینگ در بهبود شاخص‌های طولی و وزنی بنیه بذر نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند که با توجه به استقرار ضعیف گیاهچه کلزا می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

اثر اسموپرایمینگ با سولفات روی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اثر رقم به جزء وزن خشک ریشه‌چه و ضریب یکنواختی جوانه‌زدن و اثر سولفات روی بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۴). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رقم و سولفات روی به جزء وزن خشک ریشه‌چه در کلیه صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و سولفات روی حاکی از آن است که بیشترین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۹۵ درصد و ۰/۶۱۸ بذر در روز در رقم اُکاپی، ۹۱ درصد و ۰/۶۱۹ بذر در روز در رقم زرفام و ۸۴ درصد و ۰/۷۲۶ بذر در روز در رقم طلاییه در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر سولفات روی به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای آماده‌سازی بذرها با سولفات روی به دلیل افزایش سرعت فعال‌سازی آنزیم‌های کربونیک انهیدراز، مالیک دهیدروژناز، گلوتامات دهیدروژناز و الکل دهیدروژناز (فاجریا[1] و همکاران، ۲۰۱۱) و انبساط سلول‌ها باشد. همچنین در هر سه رقم مورد مطالعه کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز در غلظت ۴ گرم سولفات روی مشاهده شد که با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). به‌طور کلی نتایج بیانگر این مسئله است که با افزایش غلظت سولفات روی از ۰/۰۳۵ به ۴ گرم در لیتر در هر سه رقم درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. آرتولا و همکاران (۲۰۰۳) دلیل کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای اسموپرایمینگ را به ایجاد سمیت از طریق تجمع این یون‌ها در جنین نسبت دادند. در این رابطه تایلکوسکا[2] و همکاران (۲۰۰۱) نیز اظهار داشتند که در غلظت‌های بالا مواد اسموپرایمینگ به دلیل ایجاد ویسکوزیته بالای این ترکیبات، به‌عنوان یک مانع برای تبادل گاز عمل کرده و با افزایش متابولیسم غیرهوازی مانع از جذب اکسیژن توسط بذر می‌گردد. غلظت‌های بالای سولفات روی از طریق افزایش رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن کاهش تولید NADPH در کلروپلاست، کاهش فعالیت فتوسیستم II و آنزیم RUBP کربوکسیلاز و همچنین کاهش سنتز ATP، باعث کاهش جذب آب و انتقال مواد غذایی از لپه‌ها شده که در نهایت منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (پراسد[3] و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و غلظت‌های سولفات روی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نشان داد که هر سه رقم تحت تأثیر اثر متقابل قرار گرفتند، به‌طوری که آماده‌سازی بذرها در ارقام زرفام و طلاییه در غلظت‌های ۰/۰۳۵ و ۰/۱ گرم در لیتر و رقم اُکاپی در تمامی غلظت‌های مختلف سولفات روی سبب افزایش معنی‌دار این دو مؤلفه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). عنصر روی یکی از عناصر مهم در سنتز هورمون اکسین می‌باشد (لاواره و راسکار، ۲۰۱۴). اکسین با افزایش رشد طولی سلول موجب افزایش رشد سلول و طویل شدن ریشه و ساقه می‌شود. اکسین همچنین باعث افزایش انبساط‌پذیری (قابلیت اتساع) دیواره سلولی از طریق فعال کردن پمپ پروتونی ATP_{ase} در غشا پلاسمایی می‌شود که از این طریق میزان رشد سلول را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش سرعت رشد گیاه می‌شود (ساندرلند[4]، ۱۹۶۶). افضل و همکاران (۲۰۱۳) نیز

[1] Fageria

[2] Tylkowska
[3] Prasd
[4] Sunderland

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

پاسخ مثبت ذرت را به غلظت‌های مختلف سولفات روی در افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد گزارش کردند. باسرا و همکاران (۱۹۸۸) دریافتند مواد اسموپرایمینگ از طریق افزایش میزان دی فسفاتیدیل گلیسرول در بذرها موجب سازمان‌دهی غشاهای میتوکندری شده و تولید ATP افزایش یافته که موجب افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد. نتایج حاصل از جدول ضرایب همبستگی حاکی از همبستگی مثبت بین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با درصد و سرعت جوانه‌زنی دارد (جدول ۹). همبستگی موجود بین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌تواند مؤید افزایش جذب آب و املاح مفید توسط گیاهچه باشد (پاپالا[1] و همکاران، ۱۹۹۹). با بررسی میانگین‌های سطوح مختلف سولفات روی مشخص شد که بالاترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ارقام مورد بررسی در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد بالاتر بودن سرعت جوانه‌زنی در این غلظت (۰/۰۳۵ گرم در لیتر) باعث افزایش بهره‌برداری از ذخایر موجود در بذر توسط گیاهچه جوانه‌زده شده باشد و احتمال می‌رود همین عامل موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گردیده است. همچنین می‌تواند کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در غلظت‌های بالای سولفات روی به دلیل کاهش ترشح هورمون‌های مؤثر در تنظیم رشد و نمو گیاهچه باشد که باعث اختلاف در رشد و در نتیجه کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (پدلر[2] و همکاران، ۲۰۰۰). بیشترین مقدار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با ۱۲/۶۶ و ۱۰/۵ سانتی‌متر در رقم اُکاپی و در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵)؛ بنابراین چنین استنباط می‌شود که رقم اُکاپی نسبت به ارقام زرفام و طلاییه دارای پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی بالایی در پاسخ به عنصر روی می‌باشد. شاید علت این اختلاف بین ارقام را می‌توان با کیفیت فیزیولوژیکی بذر توجیه کرد. به خاطر اینکه دوام هر مرحله جذب آب وابسته با خواص توارثی از جمله ساختمان، ساختارهای شیمیایی بذر، نفوذپذیری پوشش بذر و غیره دارد، چنین به نظر می‌رسد که این شرایط در رقم اُکاپی بهتر بوده است. آزمایش حاضر نشان داد که ارقام تحت تیمار غلظت‌های مختلف سولفات روی در مقایسه با تیمار شاهد توانستند به‌طور مؤثری شاخص طولی بنیه گیاهچه را بهبود بخشند (جدول ۵). افزایش شاخص طولی بنیه گیاهچه با سولفات روی در گندم توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (رینگال و گراهام[3]، ۱۹۹۵؛ یلماز[4] و همکاران، ۱۹۹۸). در بذرهای پرایم شده با محلول‌های اسمزی تراوش متابولیت‌های درون‌سلولی از غشای بذرها کمتر بوده و به‌تبع آن هدایت الکتریکی[5] عصاره این بذرها نیز کمتر است (قاسمی[6] گلعذانی و همکاران، ۲۰۱۰)، این موضوع نیز می‌تواند توجیهی برای تسریع صفات جوانه‌زنی و به دنبال آن افزایش شاخص طولی بنیه بذر باشد. سطح مطلوب شاخص طولی بنیه بذر، برای رقم اُکاپی ۱۰۱۴/۸۶ در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵)؛ که علت آن را می‌توان به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و همچنین درصد جوانه‌زنی بالاتر این رقم در این سطح پرایمینگ نسبت داد. نتایج جدول همبستگی نیز این موضوع را به‌خوبی توجیه می‌کند. به‌طوری که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص طولی بنیه بذر با طول ریشه‌چه ($r=۰/۹^{**}$) و طول ساقه‌چه ($r=۰/۹۵^{**}$) وجود دارد (جدول ۹). جودی و شریف‌زاده (۱۳۸۵) نیز بالا بودن شاخص طولی بنیه بذر جو تحت اعمال پرایمینگ را به افزایش طول ریشه‌چه و طول کلئوپتیل نسبت دادند.

[1] Puppala
[2] Pedler
[3] Rengel and Graham
[4] Yilmaz
[5] Electrical conductivity
[6] Ghassemi-Golezani

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه‌ای ارقام کلزا تحت تیمار سولفات روی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر ساقه‌چه	ضریب یکنواختی جوانه‌زدن
رقم	۲	۶۴۸۸/۴**	۰/۰۵۳**	۳۳۹/۸۵**	۳۱۲/۶۲**	۰/۰۰۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۲۲**	۲۳۷۸۷۳۹/۲۵**	۳۰/۷۱**	۰/۰۱^{ns}
سولفات روی	۵	۱۱۷۲۳/۶۱**	۰/۶۳**	۳۴۴/۹**	۱۴۶/۹۱**	۰/۰۰۰۱۳**	۰/۰۱۳**	۲۱۸۸۱۱۷/۳۶**	۱۴۰/۱۸**	۰/۸۹**
زمان	۴	۳۴۲/۸۱**	۰/۰۲۵**	۹/۹۳**	۷/۰۹**	۰/۰۰۰۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۰۱۳^{ns}	۹۵۷۸۲/۰۳**	۳/۲۶**	۰/۰۴^{ns}
رقم × سولفات روی	۱۰	۱۵۱/۹۹**	۰/۰۱۶**	۱۷/۸۲**	۱۳/۹۴**	۰/۰۰۰۰۳۵^{ns}	۰/۰۰۱۱**	۱۰۳۲۴۸/۷۹**	۱۰/۹۶**	۰/۴۱*
رقم × زمان	۸	۵۶/۹۸^{ns}	۰/۰۱۱*	۱/۰۸^{ns}	۰/۹۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱۶^{ns}	۸۳۹۹/۶۷^{ns}	۱/۶۳*	۰/۰۲۷^{ns}
سولفات روی × زمان	۲۰	۵۹/۱۳^{ns}	۰/۰۰۳۵^{ns}	۳/۴۷^{ns}	۳/۳۲**	۰/۰۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۴۹**	۴۴۰۶۳/۹۷**	۴/۹۸**	۰/۰۲۱^{ns}
رقم × سولفات روی × زمان	۴۰	۲۳/۸۱^{ns}	۰/۰۰۱۷^{ns}	۱/۹۱^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۲۵**	۷۰۹۲^{ns}	۱/۸۲**	۰/۰۱۳^{ns}
خطا	۱۷	۴۳/۹۳	۰/۰۰۴۹	۲/۱۳	۱/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۲	۶۸۹۱/۱۳	۰/۷۴۵	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۰۸	۱۴/۷۹	۲۷/۲۳	۲۰/۹	۱۷/۳۱	۱۸/۰۴	۲۴/۰۴	۲۱/۳۷	۲۶/۴

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۵- اثر متقابل رقم و غلظت سولفات روی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی کلزا

رقم	سولفات روی (گرم در لیتر)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر
آکاپی	شاهد	۷۰cde	۰/۴۵۶c-g	۲/۰۳g	۲/۸۴c	۱۶۵/۶۷fg	۰/۳۵b
	۰/۰۳۵	۹۵a	۰/۶۱۸ab	۱۲/۶۶a	۱۰/۵a	۱۰۱۴/۸۶a	۲a
	۰/۱	۸۵ab	۰/۵۵۳bcd	۸/۶bc	۷/۱۷b	۶۱۹/۲۶b	۲/۱۳b
	۰/۴	۷۵bcd	۰/۴۹b-f	۷/۷۴bcd	۷b	۵۳۳/۷۶bc	۴/۵۶b
	۱	۶۲d-h	۰/۴۰۹efg	۷/۱۱b-e	۷/۰۷b	۴۵۱/۷۷cd	۲/۵۲b
	۴	۵۳ghi	۰/۳۵fg	۶/۶۹cde	۶/۶۳b	۳۶۳/۵۷de	۱/۸b
زرفام	شاهد	۶۲d-h	۰/۴۱۶d-g	۲/۱۱g	۲/۶۸c	۱۶۷/۵۲fg	۰/۲۷b
	۰/۰۳۵	۹۱a	۰/۶۱۹ab	۹/۷۴b	۶/۶۴b	۶۲۰/۵۶b	۱/۶۴a
	۰/۱	۷۶bc	۰/۵۱۵b-e	۵/۱۶def	۳/۷۶c	۲۹۱/۷ef	۲/۳۲b
	۰/۴	۶۴c-g	۰/۴۳۷d-g	۴/۲۳efg	۳/۶۵c	۲۳۹/۱۶efg	۴/۲۷b
	۱	۵۵f-i	۰/۳۷۲fg	۳/۵۷fg	۳/۲۹bc	۱۸۴/۴۶fg	۲/۱۹b
	۴	۴۹hij	۰/۳۲۸g	۳/۵۱fg	۳/۴۷c	۱۷۳/۳۴fg	۱/۷۴b
طلاییه	شاهد	۴۴ij	۰/۳۹۲efg	۲/۵۲fg	۲/۹۵c	۱۳۲/۳۴fg	۰/۲۳b
	۰/۰۳۵	۸۴ab	۰/۷۲۶a	۸/۰۱bcd	۷/۰۹b	۶۱۳/۸۹b	۱/۸۹ab
	۰/۱	۶۸c-f	۰/۵۸۵bc	۴/۸۱efg	۳/۶c	۲۴۸/۱۶efg	۱/۶۵b
	۰/۴	۶۰e-h	۰/۵۱۸b-e	۳/۱۸fg	۲/۵۸c	۱۵۸/۳۹fg	۳/۵۶b
	۱	۴۶ij	۰/۴۰۳efg	۲/۶۷fg	۲/۶۵c	۱۲۸/۵۲fg	۱/۶۹b
	۴	۳۹j	۰/۳۳۹g	۲/۰۵g	۲/۷۸c	۱۰۶/۱۶g	۱/۲۴b

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۶- اثر متقابل مدت زمان پرایمینگ و رقم کلزا بر سرعت جوانه‌زنی

مدت زمان پرایمینگ (ساعت)	رقم کلزا		
	اُکاپی	زرفام	طلاییه
شاهد	۰/۴۵۶ab	۰/۴۱۶ab	۰/۳۹۲b
۶	۰/۴۹۶ab	۰/۴۵۵ab	۰/۴۹a
۱۰	۰/۴۷۸ab	۰/۴۶۵ab	۰/۴۵۷ab
۱۴	۰/۴۷۷ab	۰/۴۳۸ab	۰/۴۵ab
۱۸	۰/۴۶۵ab	۰/۴۳۳ab	۰/۴۸۹ab

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

در رقم زرفام و طلاییه نیز بیشترین شاخص طولی بنیه بذر در غلظت‌های ۰/۰۳۵ گرم در لیتر مشاهده شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۵). به نظر می‌رسد غلظت‌های پایین سولفات روی از طریق بهبود غشاء سیتوپلاسمی و در نتیجه کاهش اتلاف الکترولیت‌ها موجب افزایش قوه نامیه و توان رویش می‌گردد. با افزایش غلظت سولفات روی از ۰/۰۳۵ به ۰/۱ گرم در لیتر شاخص طولی بنیه بذر در هر سه رقم اُفت محسوسی داشت به‌طوری که در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه به ترتیب ۴۷، ۶۱ و ۴۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵).

جدول ۷- اثر متقابل سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ بر طول ساقه‌چه و شاخص طولی بنیه بذر کلزا

غلظت سولفات روی (گرم در لیتر)	زمان (ساعت)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	شاخص طولی بنیه بذر
۰/۰۳۵	۶	۸/۳۵۲a	۷۷۸/۶۳b
	۱۰	۹/۴۴۸a	۹۳۰/۵۹a
	۱۴	۸/۱۳۱a	۷۳۰/۶۸b
	۱۸	۶/۳۹۸b	۵۵۹/۱۸c
۰/۱	۶	۵/۵۷۶bc	۴۵۰/۸۵cd
	۱۰	۴/۷۹۱bcd	۳۸۱/۵۲de
	۱۴	۴/۵۴۳bcd	۳۶۴/۹۹def
	۱۸	۴/۴۷۲bcd	۳۴۸/۱۵d-g
۰/۴	۶	۴/۶۶۳bcd	۳۲۶/۳۵d-g
	۱۰	۴/۲۵۸cd	۳۱۲/۴۷d-h
	۱۴	۴/۶۱۵bcd	۳۱۹/۱۵d-h
	۱۸	۴/۱۴۵cd	۲۸۳/۷۷e-h
۱	۶	۴/۲۵۱cd	۲۶۷/۳۱e-h
	۱۰	۴/۵۵۴bcd	۲۶۷/۹۸e-h
	۱۴	۴/۲۲۴cd	۲۴۰/۵۷e-h
	۱۸	۴/۳۳۷cd	۲۴۳/۷۳e-h
۴	۶	۴/۳۸۲cd	۲۳۷/۸۹e-h
	۱۰	۴/۵۰۵bcd	۲۱۹/۹۲e-h
	۱۴	۴/۱۳۵cd	۲۰۳/۱۱fgh
	۱۸	۴/۰۶۵cd	۱۹۷/۰۴gh
شاهد		۲/۸۲۸d	۱۵۵/۱۸h

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

جدول ۸- ضرایب همبستگی مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحت مدت زمان‌های هیدروپرایمینگ

مؤلفه‌ها	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر	ضریب یکنواختی جوانه زدن
درصد جوانه‌زنی	۱								
سرعت جوانه‌زنی	۰/۴۷**	۱							
طول ریشه‌چه	۰/۶۴**	۰/۵۳**	۱						
طول ساقه‌چه	۰/۶۱**	۰/۶۶**	۰/۶۳**	۱					
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۲۱ns	۰/۶۳**	۰/۴۳**	۰/۵۱*	۱				
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۴۷**	۰/۵۸**	۰/۶۲**	۰/۵۹**	۰/۵۲**	۱			
شاخص طولی بنیه بذر	۰/۸۴**	۰/۶۲**	۰/۷۲**	۰/۹۲**	۰/۴۱**	۰/۶۱**	۱		
شاخص وزنی بنیه بذر	۰/۷۷**	۰/۶۱**	۰/۷۳**	۰/۷۱**	۰/۴۴**	۰/۸۶**	۰/۸۳**	۱	
ضریب یکنواختی	۰/۳۱*	۰/۲۵ns	۰/۲۲ns	۰/۲۱ns	-۰/۰۲ns	۰/۱۴ns	۰/۲۶ns	۰/۲۵ns	۱

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۹- ضرایب همبستگی مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحت تیمار سولفات روی

مؤلفه‌ها	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	شاخص طولی بنیه بذر	شاخص وزنی بنیه بذر	ضریب یکنواختی جوانه زدن
درصد جوانه‌زنی	۱								
سرعت جوانه‌زنی	۰/۸۲**	۱							
طول ریشه‌چه	۰/۷۱**	۰/۵۲**	۱						
طول ساقه‌چه	۰/۶۲**	۰/۴۳**	۰/۸۷**	۱					
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۲۹*	۰/۲۲ns	۰/۲۳ns	۰/۲۴ns	۱				
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۴۴**	۰/۴۱**	۰/۶۳**	۰/۶**	۰/۳*	۱			
شاخص طولی بنیه	۰/۷۹**	۰/۶**	۰/۹**	۰/۹۵**	۰/۳۱*	۰/۶۶**	۱		
شاخص وزنی بنیه بذر	۰/۶۴**	۰/۵۵**	۰/۷۳**	۰/۷**	۰/۳۵*	۰/۹۵**	۰/۸**	۱	
ضریب یکنواختی	۰/۵۱*	۰/۵۱**	۰/۵۲**	۰/۴۳**	۰/۲۵ns	۰/۴۷**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۱

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

ولی با افزایش غلظت سولفات روی از ۰/۱ به ۴ گرم علی‌رغم کاهش شاخص طولی بنیه بذر ولی مشاهده شد که این کاهش با شیب ملایم‌تری همراه بود. کمترین شاخص طولی بنیه بذر نیز با ۱۰۶/۱۶ در رقم طلاییه در غلظت ۴ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵).

اثر متقابل رقم و غلظت سولفات روی بر ضریب یکنواختی جوانه‌زدن نشان می‌دهد که الگوی تغییرات ضریب یکنواختی جوانه‌زنی تقریباً مشابه سایر صفات است. به‌طوری که بالاترین ضریب یکنواختی جوانه‌زدن در هر سه رقم مورد مطالعه در غلظت ۰/۰۳۵ گرم سولفات روی به دست آمد (جدول ۵). هریس[1] و همکاران (۲۰۰۵) نیز سمیت بالای سولفات روی را در کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی نخود را گزارش کردند.

نتایج جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر ارقام کلزا تحت تیمار سولفات روی نشان داد که اثر ساده مدت زمان پرایمینگ بر کلیه صفات مورد بررسی

[1] Harris

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

به جزء وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رقم و مدت زمان پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی اثر متقابل رقم و مدت زمان پرایمینگ مؤید آن است که بیشترین سرعت جوانه‌زنی با ۰/۵۴۷ در رقم طلاییه و مدت زمان ۱۰ ساعت گزارش شد که با سایر تیمارها (به جزء تیمار شاهد رقم طلاییه) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

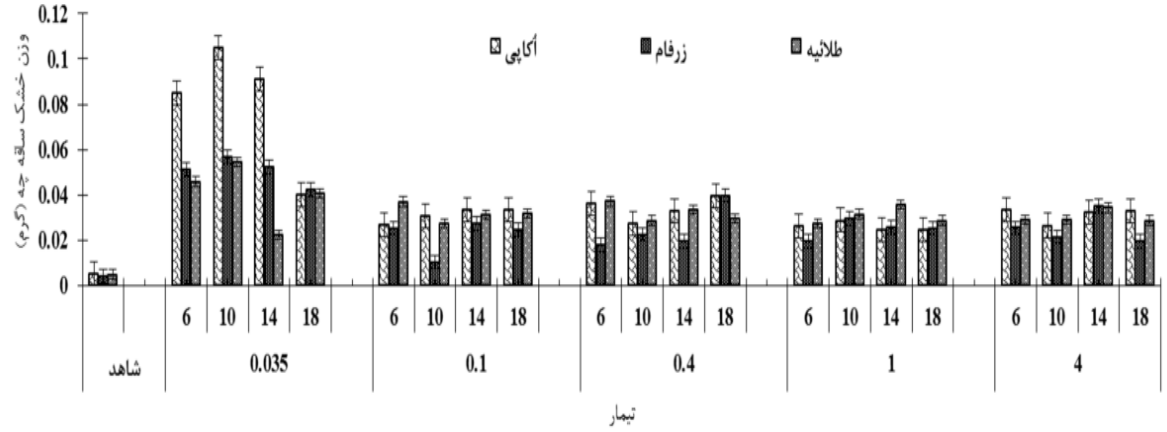
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل غلظت‌های مختلف سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ بر طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، شاخص طولی بنیه بذر و شاخص وزنی بنیه بذر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین بر طول و وزن خشک ریشه‌چه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر با افزایش مدت زمان پرایمینگ از ۶ ساعت به ۱۸ ساعت طول ساقه‌چه ۲۳ درصد کاهش نشان داد ولی در سایر غلظت‌های سولفات روی با افزایش مدت زمان پرایمینگ اختلاف معنی‌داری از نظر طول ساقه‌چه مشاهده نشد (جدول ۷). بیشترین تأثیر اثر متقابل غلظت و زمان بر طول ساقه‌چه با ۹/۴۸، ۸/۳۵ و ۸/۱۳ سانتی‌متر به ترتیب در مدت زمان‌های ۱۰، ۶ و ۱۴ ساعت در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر مشاهده شد که در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷). به‌طور کلی نتایج بیانگر آن است که بالاترین طول ساقه‌چه در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر مشاهده شد و با افزایش در غلظت سولفات روی طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت. به نظر می‌رسد غلظت‌های بالای سولفات روی اثر بازدارندگی بر طویل شده سلول و تقسیم سلولی داشته است. سلاتون[1] و همکاران (۲۰۰۱) نیز اظهار داشتند که بین طول ساقه‌چه برنج و غلظت‌های سولفات روی همبستگی منفی وجود دارد. به‌طوری که با افزایش سولفات روی طول ساقه‌چه کاهش معنی‌دار داشت. کاپرون[2] و همکاران (۲۰۰۰) دلیل کاهش صفات جوانه‌زنی از جمله طول ساقه‌چه را در غلظت‌های بالای تیمارهای اسموپرایمینگ به ایجاد سمیت از طریق آسیب‌رسانی به پروتئین‌های آل ایی ای[3] عنوان کردند.

نتایج جدول مقایسه میانگین حاکی از آن است که اثر متقابل غلظت سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ به‌طور معنی‌داری سبب بهبود شاخص طولی بنیه بذر نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۷)؛ که با نتایج سایر محققین نیز مطابقت دارد (چیو[4] و همکاران، ۲۰۰۲؛ مورنگو[5] و همکاران، ۲۰۰۴). بیشترین شاخص طولی بنیه بذر با ۹۳۰/۵۹ در غلظت ۰/۰۳۵ در مدت زمان ۱۰ ساعت به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۶ برابری داشت (جدول ۷). علت آن را می‌توان به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این تیمار نسبت داد که با هم همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز دارند (جدول ۹). علی‌رغم کاهش شاخص طولی بنیه بذر در اثر افزایش غلظت سولفات روی، ولی مشاهده شد که در غلظت‌های بالاتر اثر طول مدت زمان پرایمینگ بر شاخص طولی بنیه بذر معنی‌دار نبود.

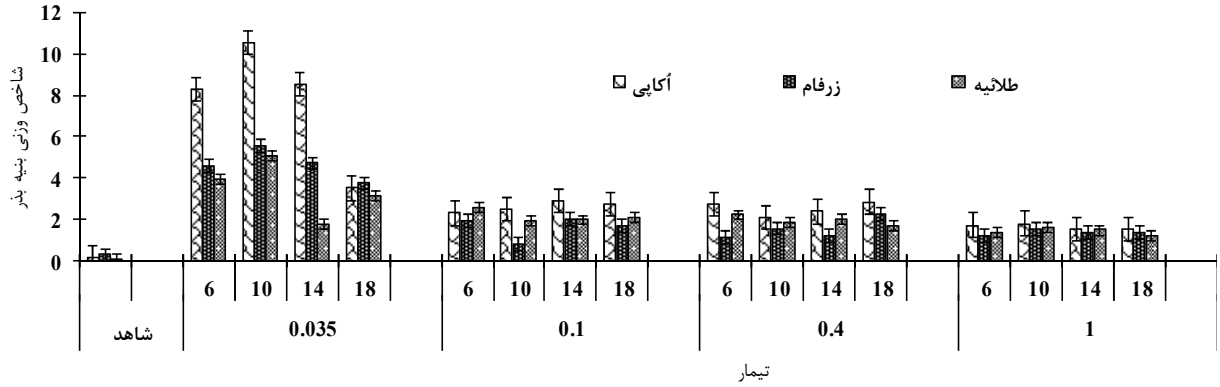
نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ نشان داد که اثرات متقابل رقم، غلظت سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ بر کلیه صفات مورد بررسی به جزء وزن خشک ساقه‌چه و شاخص وزنی بنیه بذر ($P\leq$۰/۰۱) اثر معنی‌دار نداشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه حاکی از آن است اعمال تیمارهای پرایمینگ با سولفات در کلیه غلظت‌ها و مدت زمان‌های پرایمینگ به‌طوری معنی‌داری باعث افزایش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد گردید. بالاترین وزن خشک ساقه‌چه در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه به ترتیب با ۰/۱۱، ۰/۵۷ و ۰/۵۵ گرم در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر سولفات روی در مدت زمان ۱۰ ساعت مشاهده شد (شکل ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ساقه‌چه با طول ساقه‌چه ($r=$۰/۷**) وجود دارد (جدول ۹). دلیل آن را می‌توان با افزایش طول ساقه‌چه و در نتیجه تجمع ماده خشک در این غلظت و مدت زمان در هر سه رقم توجیه کرد. علی‌رغم کاهش وزن خشک ساقه با افزایش غلظت سولفات روی از ۰/۰۳۵ گرم در لیتر به بالاتر، ولی

[1] Slaton
[2] Capron
[3] LEA
[4] Chiu
[5] Murungu

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]



شکل ۳- اثر متقابل رقم، سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ (ساعت) بر وزن خشک ساقه‌چه



شکل ۴- اثر متقابل رقم، سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ (ساعت) بر شاخص وزنی بنیه بذر

مشاهده شد که وزن خشک ساقه در هر سه رقم مورد مطالعه در غلظت‌های ۰/۱ تا ۴ گرم در لیتر از روند ثابتی پیروی کرد و بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کمترین وزن خشک ساقه‌چه نیز در هر سه رقم در تیمارهای شاهد مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، غلظت سولفات روی و مدت زمان پرایمینگ نشان داد که بیشترین شاخص وزنی بنیه بذر با ۱۰/۵۳، ۵/۵۷ و ۵/۰۵ به ترتیب در ارقام اُکاپی، زرفام و طلاییه در مدت زمان ۱۰ ساعت پرایمینگ مشاهده شد. علت آن را می‌توان به بالا بودن وزن خشک گیاهچه در این غلظت و مدت زمان نسبت داد. با افزایش غلظت سولفات روی به بالاتر از ۰/۰۳۵ گرم در لیتر این شاخص به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد (شکل ۴). در همین رابطه هریس و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که بالاترین شاخص بنیه بذر در گندم در غلظت‌های ۰/۰۵ درصد سولفات روی مشاهده شد که با افزایش غلظت پرایم به ۰/۴ درصد این شاخص به‌طور معنی‌دار کاهش یافت.

کمترین شاخص وزنی بنیه بذر در هر سه رقم مورد مطالعه نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴). ضریب شاخص وزنی بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با درصد ($r=۰/۶۴^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r=۰/۵۵^{**}$)، طول ریشه‌چه ($r=۰/۷۳^{**}$) و ساقه‌چه ($r=۰/۷^{**}$) و همچنین وزن خشک ساقه‌چه

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

(r=۰/۹۵**) دارد (جدول ۹). این نتایج با یافته‌های شارما[41] و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، هیدروپرایمینگ و پرایم با سولفات روی به‌عنوان عامل بهبوددهنده جوانه‌زنی معرفی شدند. این مسئله می‌تواند در بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی شود.

با توجه به نتایج، در آزمایش هیدروپرایمینگ، بهترین تیمار بذری در هر سه رقم مورد مطالعه در هیدروپرایم ۱۰ ساعت به دست آمد. نتایج آزمایش پرایم با سولفات روی نشان داد غلظت‌های بالای این ترکیب با ایجاد سمیت سبب کاهش خصوصیات جوانه‌زنی در هر سه رقم مورد مطالعه گردید. بطور کلی بهترین تیمار در شرایط پرایم با سولفات روی در هر سه رقم مورد در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر در شرایط اعمال تا ۱۰ ساعت مشاهده شد.

منابع

آذرنیوند، ح.، عباسی، م. و عنایتی، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی و تعیین بهترین تیمارهای هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی آگروپایرون النگاتوم *Agropyron elongatum*. نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۲(۴): ۴۴۴-۴۳۱.

آل عمرانی‌نژاد، س.م.ح. و رضوانی اقدم، ع. ۱۳۹۲. اثرات هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذور پیازچه (*Allium fistulosum* L.) تحت تنش شوری. مجله علوم و تکنولوژی بذر، ۳(۲): ۲۲-۱۳.

پیغمبری، س.ع. ۱۳۸۸. طرح‌های آزمایشی در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۸ صفحه.

جودی، م. و شریف‌زاده، ف. ۱۳۸۵. بررسی اثر هیدروپرایمینگ در ارقام جو. مجله بیابان، ۱۱(۱): ۱۰۹-۹۹.

رودی، د.، امیری اوغان، ح. و علیزاده، ب. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام زمستانی کلزا طی تاریخ‌های کاشت مختلف در کرج. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲۰(۱): ۱۵۱-۱۴۳.

سلطانی، ا.، اکرم قادری، ف. و معمار، ح. ۱۳۸۷. تأثیر پرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه پنبه در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵): ۱۶-۹.

شاکرمی، ب.، دیانتی تیلکی، ق.ع.، طبری، م. و بهتری، ب. ۱۳۸۹. اثر تیمارهای پرایمینگ بر مقاومت به شوری بذور *Festuca arundinacea* و *Festuca ovina* L. در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸(۲): ۳۲۸-۳۱۸.

عاقل، ح. و ذوقی، م. ۱۳۸۸. بررسی مهم‌ترین موانع و مشکلات توسعه کشت کلزا در خراسان. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۲): ۵۱۴-۵۰۵.

فرزانه، م.، قنبری، م. و افتخاریان جهرمی، ع. ۱۳۹۲. بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی و محتوای پرولین بذر تربچه (*Raphanus sativus* L.) در شرایط تنش شوری. فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، ۸(۱): ۷۴-۶۵.

فرزین، ا.، نورمحمدی، ق. و شیرانی‌راد، ا. ح. ۱۳۸۵. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ۲۵ رقم کلزای پاییزه. مجله علوم کشاورزی، ۱۲(۲): ۴۳۶-۴۲۹.

محسن‌آبادی، غ.ر.، خدابنده، ن. عرشی، ی. و پیغمبری، س.ع. ۱۳۸۰. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم کلزای پاییزه. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۴): ۷۷۲-۷۶۵.

[41] Sharma

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

محققی، ع. و ابوطالبیان، م.ع. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر مدت زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و کاربرد سولفات روی بر خصوصیات جوانه‌زنی کلزا. دوازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۴-۶ شهریورماه. http://www.civilica.com/Paper-NABATAT12-NABATAT12_0504.htm.

محمودزاده اردهایی، ب.، علی‌آبادی فراهانی، ح.، فرحوش، ف. و حسن‌پور درویشی، ح. ۱۳۸۹. بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر ظهور گیاهچه در بذور ارقام آفتابگردان. فصلنامه علمی-پژوهشی اکوفیزولوژی گیاهان زراعی، ۲(۴): ۳۶۶-۳۵۵.

Aboutalebian, M.A., Mohagheghi, A., Niaz, S.A., and Rouhi, H.R. 2012. Influence of hydropriming on seed germination behaviour of canola cultivars as affected by saline and drought stresses. Annals of Biological Research, 3(11): 5216-5222.

Afzal, S., Akbar, N., Ahmad, Z., Maqsood, Q., Iqbal, M.A., and Aslan, M.R. 2013. Role of seed priming with zinc in improving the hybrid maize (*Zea mays* L.) yield. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 13(3): 301-306.

Artola, A., Carrillo-Castañeda, G., and De Los Santos, G.G. 2003. Hydropriming a strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. Seed Science and Technology, 31(2): 455-463.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment-A shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advanced Agronomy, 88: 223-271.

Babaeva, E.Y., Volobueva, V.F., Yagodin, B.A., and Klimakhin, G.I. 1999. Sowing quality and productivity of Echinacea purpurea in relation to soaking the seed in manganese and zinc solutions. Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii, 4: 73-80.

Basra, A.S., Bdei, S., and Malik, C.P. 1988. Accelerated germination of maize seeds under chilling stress by osmotic priming and associated changes in embryo phospholipids. Annuals of Botany, 61(5): 635- 639.

Basra, S.M.A., Pannu, I.A., and Afzal, I. 2003. Evaluation of seed vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. International Journal of Agricultural Biological, 5(2): 121-123.

Begum, N., Gul, H., Hamayun, M., Rahman, I., Ijaz, F., Igbal, Z., Afzal. A., Afzal, M., Ullah, A., and Karim, S. 2014. Influence of seed priming with $ZnSO_4$ and $CuSO_4$ on germination and seedling growth of *Brassica rapa* under NaCl Stress. Middle-East Journal of Scientific Research, 22(6): 879-885.

Bewley, J.D., and Black, M. 1994. Seeds physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 p.

Capron, I., Corbineau, F.F., Dacher, C., Come, D., and Job, D. 2000. Sugarbeet seed priming: Effects of priming conditions on germination, solubilization of 1 I-S globulin and accumulation of LEA proteins. Sciences and *Research*, 10(3): 243-254.

Chiu, K.Y., Chen, C.L., and Sung J.M. 2002. Effect of priming temperature on storability of primed sweet corn seed. Crop Science, 42(6): 1996-2003.

Fabunmi, T.O., Gbadamosi, B.K., and Adigbo, S.O. 2012. Seed hydro-priming and early moisture stress impact on biomass production and grain yield of cowpea. International Journal of Applied Sciences and Technology, 2(10): 112-122.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. 2011. mineral nutrition of field crops. Growth and. CRC Press.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Saleem, B.A., Nafees, M., and Chishti, S.A. 2005. Enhancement of tomato seed germination and seedling vigour by osmopriming. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 42: 36-41.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrollahzadeh, S., and Moghaddam, M. 2010. Effect of hydropriming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38(1): 109-113.

Harris, D., Rashid, A., Arif, M., and Yunas, M., 2005. Alleviating micronutrient deficiencies in alkaline soils of the North-West Frontier Province of Pakistan: on-farm seed priming with zinc in wheat and chickpea. Micronutrients in South and South East Asia, 143-151.

Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y., and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295.

Laware, S.L., and Raskar, S. 2014. Influence of Zinc Oxide nanoparticles on growth, flowering and seed productivity in onion. International Journal of Current Microbiology Science, 3(7): 874-881.

Li, J., Yin, L.Y., Jongsma, M.A., and Wang, C.Y. 2011. Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). Industrial Crops and Products, 34(3): 1543-1549.

Murungu F.S., Chiduza C., Nyamugafata P., Clark L.J., Whalley W.R., Finch-Savage W.E. 2004. Effects of on-farm seed priming on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crops Research, 89(1): 49-57.

Pedler, J.F., Parker, D.R., and Crowley, D.E. 2000. Zinc Deficiency-induced phytosiderophore release by the Triticaceae is not consistently expressed in solution culture. Planta, 211(1): 120-126.

Penalosa, A.P.S., and Eira, M.T.S. 1993. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds. Seed Science and Technology, 21: 309-316.

Peng, Q., Li, Ch., Song, M., and Nan, Zh. 2013. Effects of seed hydropriming on growth of Festuca sinensis infected with *Neotyphodium endophyte*. Fungal Ecology, 6(1): 83-91.

Prasd, K., Saradhi, P.P., and Sharmila, O. 1999. Concerted action of antioxidant enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in *Brassica juncea*. Environmental and Experimental Botany, 42(1): 1-10.

Puppala, N., Poindexter, J.L., and Bhardwaj, H.L. 1999. valuation of salinity tolerance of canola germination. Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 251-253.

Rengel, Z., and Graham, R.D. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. Plant and Soil, 173(2): 259-266.

Sharma, A.D., Rathore, S.V.S., Srinivasan, K., and Tyagi, R.K. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Scientia Horticulturae, 165: 75-81.

Shivankar, R.S., Deore, D.B., and Zode, N.G. 2003. Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. Journal of Oilseeds Research, 20: 299-300.

Singh, P. 1991. Influence of water-deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research, 28(1): 1-5.

Slaton, N.A., Wilson, C.E., Ntamatungiro, S., Norman, R.J., and Boothe, D.L. 2001. Evaluation of zinc seed treatments for rice. Agronomy Journal, 93(1): 152-157.

Sunderland, N. 1966. Pigmented plant tissues in culture. I. Auxins and pigmentation in chlorophyllous tissue. Annals of Botany, 30(2): 253–268.

Tylkowska, K., and Van den builk, R.W. 2001. Effects of osmo-hydropriming on fungal infestation levels and germination of carrot (*Daucus carota* L.) seeds contaminated with *Alternaria spp*. Seed Science and Technology, 29(2): 365- 375.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

Torabi, B., and Rabii, A. 2013. Germination response of canola (*Brassica napus* L.) to pre-soaking duration. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(4): 421-425.

Yilmaz, A., Ekiz, H., Gultekin, I., Torun, B., Barut, H., Karanlik, S., and Cakmak, I. 1998. Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentration of wheat grown in zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 21(10): 2257–2264.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]

[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 3(1), 2016

Investigation of Hydropriming and Osmopriming With $ZnSo_4$ Effects on Characteristics Germination of of Three Winter Rapeseed Cultivars

Shahram Nazari [1, *], Mohmmad Ali Aboutalbian[2], Farid Golzardi[3]

[1] *Ph.D. Student in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran*
[2] *Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran*
[3] *Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran*
[*]Corresponding author, E-mail address: sh.nazari92@basu.ac.ir

(Received: 03.03.2015 ; Accepted: 02.11.2015)

Abstract

Seed priming is a method which is a quite effective method in improving germination and seedling establishment. Two separated experiments were performed to determine the best hydro and osmopriming treatments effects on canola's seed germination. The experiments were performed in seed technology laboratory of Islamic Azad University, Karaj, Iran, 2014. The first experiment contained three canola varieties seeds hydropriming (Okapi, Zarfam and Talayeh) using tap water over time interval 0. 2, 6, 10, 14, 18, 20 and 24 hours. The second experiment included, tree canola cultivars in accompany with six concentrations of ZnS04 (0, 0.035, 0.1, 0.4, 1 and 4 $gr.Lit^{-1}$) over priming time interval of 0, 6, 10 14 and 18 hours. Both experiments were conducted as factorial experiment in the context of completely randomized design (CRD) with four replications. The results revealed that the maximum germination percentage across all cultivars e.g. Okapi (99%), Zarfam (95%) and Talayeh (80%) is achieved at 10 hours hydropriming interval. Also concerning to germination rate, the best performance was observed for Talayeh cultivar at 10 hydropriming hour's interval. The most vigor longitudinal and vigor weighted indices (1050.55 and 4.56) were observed in the Okapi cultivar in the fourth hydropriming level. The interaction between the cultivars, concentration of ZnS04 and osmopriming time was significant for all characters except for shoot dry weight and vigor weighted Index. The three way interaction shown that the highest shoots dry weight (0.11, 0.057 and 0.055) and also vigor weighted index observed in Okapi, Zarfam and Talayeh cultivar in 0.035 concentration of ZnS04 ($gr.lit^{-1}$) at the time was 10 hours, respectively. The results of this study showed that hydropriming and ZnS04 might improve the performance of rapeseed Cultivars seed.

Keywords: Germination percentage, Germination rate, Vigor weighted index, Shoot dry weight

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.4.3]
[DOI: 10.29252/yujs.3.1.39]