



## ارزیابی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

دانیال قاسمی<sup>۱\*</sup>، لطفعلی دولتی<sup>۲</sup> و فرید شکاری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** دانه‌های روغنی بخش مهمی از تولید محصولات کشاورزی را شامل می‌شوند که علاوه بر مصارف صنعتی از لحاظ تغذیه‌ای نیز اهمیت بسزایی دارند. در میان برنامه‌های کاربردی متعدد، استفاده از روغن‌های گیاهی به غیر از آشپزی در ساخت محصولات آرایشی و بهداشتی، پلاستیک، روان‌کننده‌ها و عایق برای صنعت برق و سوخت‌های زیستی (در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای)، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که مقام سوم را پس از سویا و نخل‌های روغنی به خود اختصاص داده است. روغن کلزا دارای کمتر از ۲ درصد اروسیک اسید و سطح پایین اسیدهای چرب اشباع می‌باشد که به کاهش سطح کلسترول در خون کمک می‌کند. این پژوهش به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر کلزا با سالیسیلیک اسید در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام گردید.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام گردید. تیمارهای این پژوهش شامل غلظت‌های شاهد (فقط آب مقطر)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بود. بذرها به مدت ۱۲ ساعت در محلول سالیسیلیک اسید خیسانده شدند. سپس بذرها از محلول خارج و برای بازگرداندن به حالت اولیه قبل از تیمار با سالیسیلیک اسید، مورد هوادهی قرار گرفتند. بذرها برای کشت به مزرعه تحقیقاتی انتقال و سپس در چهار کرت به تعداد تیمارهای پژوهش و در پنج تکرار کاشته شدند. همچنین، برای حذف اثر حاشیه و ارزیابی صفات به طور تصادفی، ۷ بوته در ردیف وسط هر کرت علامت‌گذاری گردید. به منظور اندازه‌گیری صفات، ۱۵ روز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی کلزا صفات مربوطه اندازه‌گیری و ارزیابی گردیدند.

**یافته‌ها:** نتایج این پژوهش نشان داد که پرایم کردن بذر با سالیسیلیک اسید موجب بروز اختلاف معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد و صفات وابسته گردید. به طوری که تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف پر در بوته، طول اندام هوایی و وزن خشک آن، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در ساقه‌های اصلی و فرعی، وزن کل دانه در بوته و وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد گردیدند. در مقابل، پرایمینگ بذرهای کلزا با سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری روی تعداد غلاف خالی و وزن هزار دانه کلزا نداشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان داد که پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید می‌تواند باعث افزایش در اجزای عملکرد و عملکرد کلزا گردد که ناشی از اثر سالیسیلیک اسید بر روی تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌باشد. همچنین، ارتفاع بوته از یک سو و تعداد شاخه فرعی در بوته از سوی دیگر، با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد. افزایش در طول اندام

\* مسئول مکاتبه: d.ghasemi69@yahoo.com

هوایی ضمن این که فضای بیشتری برای توسعه اندام‌های زایشی می‌دهد، امکان افزایش شاخص سطح برگ و احتمال کربن‌گیری بیش‌تر را نیز به وجود می‌آورد.

**واژه‌های کلیدی:** پیش تیمار، سالیسیلیک اسید، عملکرد، کانولا.

### مقدمه

کلزا گیاهی از تیره شب‌بو یا چلیپائیان یک گونه آمفی‌دیپلوئید حاصل از تلاقی فرم‌هایی از گونه کلم با شلغم در طبیعت می‌باشد و پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تولید روغن نباتی جهان است (۱۴). کلزا گیاه خودگشن با بیش از ۳۵ درصد دگرگشتی و با توانایی رشد نامحدود می‌باشد و به همین دلیل تولید و رشد شاخه‌های فرعی می‌تواند در تمام طول دوره رشد تداوم داشته باشد (۳). قدرت تولید شاخه‌های فرعی در تولید و ساخت دانه، عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می‌آید (۱۹). میزان بالای اسیدهای چرب اشباع نشده و نداشتن کلسترول و میزان کم اسیدهای چرب اشباع شده در این گیاه باعث شده است که در بسیاری از کشورهای آسیایی، اروپایی و آمریکایی به عنوان روغن خوراکی مصرف شود (۹). کلزا با داشتن ویژگی‌های زراعی مناسب به ویژه امکان کشت پائیزه آن، قرار گرفتن در تناوب با غلات، سازگاری با شرایط متفاوت آب و هوایی، درصد روغن مناسب دانه (۴۰ تا ۴۲ درصد) و پروتئین کنجاله دانه (۳۸ درصد) می‌تواند جایگاه مناسبی در تأمین روغن و پروتئین داشته باشد (۳).

سالیسیلیک اسید یک هورمون گیاهی است که می‌تواند به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد در گیاهان عمل کند (۲۴، ۲۵). بررسی‌ها نشان داده است که پرایمینگ بذر با هورمون‌های رشدی مانند اتیلن، جیبرلین، اکسین و آبسزیک اسید باعث بهبود جوانه‌زنی و رشد بهتر گیاهان در شرایط عادی و نامناسب می‌شود (۲۵). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که غلظت  $10^{-5}$  مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش تجمع ماده

خشک در برگ گیاه خردل هندی شده‌است، در حالی که غلظت‌های بالاتر اثر بازدارندگی داشته‌اند (۶). در پژوهشی، کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه خربزه، اثر معنی‌داری بر رشد گیاهچه و وزن خشک ریشه داشته است و بهترین نتیجه از پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید در غلظت  $0/1$  میلی‌مولار به‌دست آمده است (۱۰). عبدالمی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که پرایم کردن بذر گندم با سالیسیلیک اسید با اثر بر میزان کلروفیل برگ و افزایش سرعت فتوسنتز موجب افزایش مقدار ماده خشک تولید شده در گیاهان گندم گردیده است (۱). همچنین، تیمار با سالیسیلیک اسید موجب شده تا توان جذب آب در گیاه گلرننگ افزایش پیدا کند و این امر باعث افزایش محتوای نسبی آب و سرعت تعرق گیاه شده است (۱۲). نتایج پژوهش فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که پرایمینگ هورمونی بذر ذرت رقم ۷۰۴ با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد آن اثر معنی‌داری داشته است (۷). رجبی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر صفات تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده در نخود دیم داشته و باعث افزایش در این صفات شده است (۱۷).

با توجه به نیاز بالای کشور به تأمین روغن، افزایش عملکرد در واحد سطح برای دانه‌های روغنی از اهداف کشاورزی در کشور است. در برخی از سال‌ها به دلیل سرمازدگی زمستانه یا مشکلات دیگر، کشت پاییزه محصولات زراعی از بین رفته و کشاورزان مجبور به برگرداندن زمین و کشت مجدد همان زمین با محصول دیگر در اواخر زمستان یا اوایل

تیمارهای آزمایش شامل چهار غلظت شاهد (فقط آب مقطر)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بود. پس از تهیه غلظت‌های مورد نیاز، بذر کلزا در غلظت‌های ذکر شده سالیسیلیک اسید به مدت ۱۲ ساعت (با توجه به زمان لازم برای فعال شدن سیستم آنزیمی بذر) در داخل محلول غوطه‌ور شدند و سپس از محلول خارج و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند تا رطوبت بذرها به سطح اولیه پیش از تیمار با محلول هورمونی بازگردد.

در اواخر اسفند و پس از رفع شدن خطر سرما، بذرها برای کشت به مزرعه تحقیقاتی منتقل گردید و در چهار کرت به تعداد تیمارها و پنج تکرار کاشته شدند، بذرها روی پشته‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم کاشته شدند. فاصله بوته‌ها از همدیگر در روی پشته‌ها ۵ سانتی‌متر و در عمق ۱/۵ سانتی‌متر کاشته شدند. اندازه طول هر کرت ۲/۵ متر و عرض آن ۱/۵ متر تهیه گردید (۱۳). بلافاصله بعد از اتمام کشت، کرت‌ها آبیاری گردیدند. تجزیه خاک پیش از اجرای آن انجام شد و نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

بهار می‌شوند. به دلیل این که کشت‌های بهاره تولید کمتری در مقایسه با کشت‌های پاییزه دارند، هر گونه افزایش در میزان تولید ارقام بهاره، می‌تواند برای تولیدکننده امیدبخش باشد. برای این منظور آزمایشی با هدف ارزیابی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا رقم RGS003 که از ارقام بهاره کلزا است، در شرایط مزرعه انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه رقم RGS003 کلزا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام گردید. لازم به ذکر است که رقم RGS003 رقمی سازگار با مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌باشد و کشت آن در مناطق معتدله، در بهار انجام می‌شود. بذر کلزا رقم RGS003 از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر استان البرز تهیه گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل انجام آزمایش.

Table 1- Soil analysis results of the experiment site.

ماده آلی (درصد)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
Organic matter (%)	pH	EC (dS/m)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	clay (%)	silt (%)	sand (%)
1.21	7.2	2.42	0.07	5.6	266	31	27	42

مراحل سه تا چهار برگی و ساقه‌دهی با تانک کود به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گیاهان داده شد.

برای حذف اثر حاشیه، در هر کرت تعداد ۷ بوته از دو ردیف وسط هر کرت علامت‌گذاری و ارزیابی شدند. ۱۵ روز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، پارامترهایی از قبیل تعداد ساقه فرعی تولید شده،

در طول فصل رشد گیاه، آبیاری‌ها به طور منظم و با فاصله هفت روز با لوله منفذدار<sup>۱</sup> انجام گردید. مراقبت‌های زراعی شامل وجین دستی علف‌های هرز، در طی چندین مرحله صورت گرفت. کود نیتروژن به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و طی دو مرتبه در

### 1. Drip tapes

تعداد غلاف پر و پوک در ساقه اصلی و فرعی، طول و وزن خشک اندام هوایی، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن خشک ریشه، وزن دانه در شاخه‌های اصلی و فرعی، وزن کل دانه در بوته و وزن هزاردانه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذر کلزا با سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر روی همه شاخص‌های مورد بررسی به جز تعداد غلاف پوک در ساقه اصلی، تعداد غلاف پوک در ساقه فرعی و وزن هزاردانه داشت (جدول ۲).

**تعداد ساقه فرعی:** تعداد ساقه فرعی در بوته با افزایش غلظت هورمون سالیسیلیک اسید افزایش یافت. به نحوی که تعداد ساقه فرعی از  $4/3$  ساقه در هر بوته شاهد به ۶ ساقه فرعی در تیمار ۱۰۰ میکرومولار افزایش پیدا کرد. افزایش در تعداد ساقه فرعی و ارتفاع بوته می‌تواند به دلیل اثر بهبوددهنده سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و تغذیه مناسب‌تر پرموردیها باشد که موجب جلوگیری از سقط مریستم‌های جانبی و تولید شاخه‌های فرعی شده است (۱، ۱۲). همچنین، افزایش طول بوته در تیمارهایی با کاربرد سالیسیلیک اسید می‌تواند به دلیل تولید و افزایش شاخه‌های فرعی باشد که موجب گردیده نور کمتری به داخل کانوپی نفوذ کند و از فتواکسیداسیون اکسین‌ها جلوگیری شود. افزایش میزان اکسین‌ها از عواملی است می‌تواند باعث افزایش طول بوته گردد (۲۲، ۲۳). گزارش شده است که غلظت‌های کم سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول بوته گردیده که به علت افزایش ابعاد و یا تعداد سلول‌ها است (۸). سالیسیلیک اسید در سنتز

آنزیم‌های خاصی به نام کینازها نقش دارد. این آنزیم‌ها نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زائی سلول بازی می‌کنند؛ همچنین، باعث تحریک رشد سلول‌ها، طویل شدن ساقه، القای تقسیم سلولی و افزایش وزن‌تر بخش هوایی می‌شود (۱۲). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که وزن خشک گیاه خردل هندی، هنگامی که با سالیسیلیک اسید در غلظت کم محلول‌پاشی شدند افزایش معنی‌داری داشته است (۶). همچنین، گزارش شده است که سالیسیلیک اسید با تأثیر بر مریستم‌های رویشی و زایشی، موجب افزایش تعداد شاخه‌ها و غلاف‌ها می‌گردد. احتمال دارد که سالیسیلیک اسید با مکانیسمی همانند اکسین، در تنظیم طویل شدن و تقسیم سلول‌ها دخالت داشته باشد (۵).

**تعداد غلاف در ساقه اصلی و فرعی:** استفاده از پرایمینگ با سالیسیلیک اسید باعث افزایش میانگین تعداد غلاف در ساقه اصلی در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به ترتیب  $33/7$  و  $36/6$  غلاف نسبت به تیمار شاهد ( $22/2$  غلاف) گردیدند. همچنین، میانگین تعداد غلاف در هر ساقه فرعی تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار به ترتیب با  $5/30$  و  $5/38$  غلاف نسبت به تیمار شاهد ( $4/5$  غلاف) افزایش پیدا کرد. در مقابل، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف‌های پوک در شاخه اصلی و ساقه‌های فرعی بین هیچ‌کدام از تیمارها دیده نشد (جدول ۳). افزایش در تعداد غلاف‌های پر تولید شده در هر ساقه، بیانگر اثر مثبت این هورمون روی اجزای عملکرد یعنی تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. با افزایش اجزای ذکر شده وزن دانه روی ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی نیز افزایش پیدا کردند.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در گیاه کلزا رقم RGS003 پریم شده با سالیسیلیک اسید.

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of the evaluated traits in primed rapeseed, cultivar RGS003, with salicylic acid.

تأثیر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ساقه فرعی No. of secondary stems	تعداد غلاف پر در ساقه اصلی No. of full pods in the main stem	تعداد غلاف پر در ساقه فرعی No. of full pods in secondary stems	تعداد پوک در ساقه اصلی No. of empty pods in the main stem	تعداد پوک در ساقه فرعی No. of empty pods in secondary stems	طول اندام هوایی Plant height	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of plant	طول غلاف Pod length	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن دانه در شاخه اصلی Seed weight in main branch	وزن دانه در شاخه فرعی Seed weight in the lateral branch	وزن کل دانه در بوته Whole grain weight per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
بلوک Block	4	0.58 <sup>ns</sup>	173.83 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	122.50 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	12.12 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	2.61 <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید SA	3	6.69*	391.8**	1.596**	0.101 <sup>ns</sup>	0.571 <sup>ns</sup>	696.7**	1.307**	2.025**	68.2**	2.941**	1.379*	1.357**	0.533 <sup>ns</sup>	6.87*
خطا Error	12	2.62	64.47	0.34	0.35	0.36	91.42	0.20	0.26	16.32	0.45	0.44	0.28	0.52	1.06
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	25.23	29.65	11.68	22.11	12.14	11.88	14.24	8.43	15.65	38.63	32.55	23.12	28.44	36.69

و : به ترتیب معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی دار می باشد.

\*، \*\*، <sup>ns</sup>، <sup>ns</sup> and <sup>ns</sup> significant difference at 5%, 1% levels and not significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در گیاه کلزا رقم RGS003، پریم شده با سالیسیلیک اسید (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)

Table 3- Mean comparison of the evaluated traits in primed rapeseed, cultivar RGS003, with salicylic acid (mean  $\pm$  standard error).

Treatments ( $\mu$ M)	تیمارها (میکرومولار)	تکرار Replication	No. of secondary stems	تعداد ساقه فرعی in the main stem	No. of full pods in the main stem	تعداد غلاف پر در ساقه اصلی	No. of full pods in secondary stems	تعداد غلاف پر در ساقه فرعی	No. of empty pods in the main stem	تعداد غلاف پوک در ساقه اصلی	No. of empty pods in secondary stems	تعداد غلاف پوک در ساقه فرعی	ارتفاع بخش هوایی گیاه (سانتی متر)	Plant height (cm)	وزن خشک بخش هوایی گیاه (گرم)	Dry weight of plant (gr)
0		10	4.3 $\pm$ 0.53 b	22.2 $\pm$ 2.02 b	4.50 $\pm$ 0.17 b	2.38 $\pm$ 0.11 a	4.46 $\pm$ 0.24 a	71.7 $\pm$ 3.10 b	2.77 $\pm$ 0.13 b							
50		10	5.9 $\pm$ 0.40 a	33.7 $\pm$ 4.06 a	5.30 $\pm$ 0.22 a	2.57 $\pm$ 0.13 a	4.98 $\pm$ 0.16 a	85.2 $\pm$ 4.19 a	3.63 $\pm$ 0.19 a							
75		10	5.9 $\pm$ 0.37 a	29.4 $\pm$ 2.63 ab	5.05 $\pm$ 0.17 a	2.37 $\pm$ 0.28 a	4.73 $\pm$ 0.12 a	89 $\pm$ 2.94 a	3.34 $\pm$ 0.13 a							
100		10	6 $\pm$ 0.42 a	36.6 $\pm$ 2.72 a	5.39 $\pm$ 0.17 a	2.54 $\pm$ 0.16 a	4.94 $\pm$ 0.19 a	89.6 $\pm$ 2.21 a	3.33 $\pm$ 0.12 a							

جدول ۳- ادامه

Table 3- continued

Treatments ( $\mu$ M)	تیمارها (میکرومولار)	تکرار Replication	طول غلاف (سانتی متر)	pod length (cm)	No. of seeds per pod	تعداد دانه در غلاف	وزن دانه در شاخه اصلی (گرم)	Seed weight in the lateral branches (gr)	وزن دانه در شاخه فرعی (گرم)	وزن کل دانه در بوته (گرم)	Whole grain weight per plant (gr)	وزن هزار دانه (گرم)	1000- seeds weight (gr)	وزن خشک ریشه (گرم)	Root dry weight (gr)
0		10	6.45 $\pm$ 0.17 b	20.5 $\pm$ 1.34 b	1.03 $\pm$ 0.13 c	1.12 $\pm$ 0.17 b	1.31 $\pm$ 0.12 b	2.14 $\pm$ 0.18 a	1.99 $\pm$ 0.25 b						
50		10	7.35 $\pm$ 0.22 a	25.3 $\pm$ 1.57 a	1.51 $\pm$ 0.17 bc	1.82 $\pm$ 0.29 a	2.07 $\pm$ 0.23 a	2 $\pm$ 0.17 a	4.01 $\pm$ 0.64 a						
75		10	7.35 $\pm$ 0.15 a	25.5 $\pm$ 0.86 a	1.72 $\pm$ 0.23 b	1.63 $\pm$ 0.06 ab	1.97 $\pm$ 0.11 a	2.36 $\pm$ 0.24 a	2.95 $\pm$ 0.28 ab						
100		10	7.35 $\pm$ 0.21 a	26.2 $\pm$ 0.96 a	2.34 $\pm$ 0.24 a	1.98 $\pm$ 0.11 a	2.20 $\pm$ 0.08 a	2.52 $\pm$ 0.22 a	3.17 $\pm$ 0.24 a						

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده معنی داری با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

Dissimilar letters in each column indicate a significant difference at the 5% level according to LSD test.

پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید توانسته است شاخص سبز شدن، درصد سبز کردن و سطح برگ را در گیاهان پرایم شده افزایش دهد و با کاهش تعداد روز تا گلدهی و روز تا غلاف بندی باعث افزایش عملکرد دانه در لویبای چشم بلبلی شود (۲۰). داوود و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید باعث افزایش هورمون‌هایی نظیر اکسین، سیتوکنین، زآبتین و کاهش آبسزیک اسید می‌شود و عملکرد نیز تحت این تغییرات افزایش می‌یابد (۴).

**وزن دانه:** در ارزیابی وزن دانه در بوته، تیمار ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید با ۲/۳۴ گرم در ساقه اصلی و ۱/۹۸ گرم در ساقه‌های فرعی، نسبت به شاهد و دیگر تیمارها اختلاف داشت (جدول ۳). در پژوهشی، عقبای و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که تیمار گندم با سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن دانه در سنبله گردیده است (۱۵). پژوهش‌ها نشان داده است که سالیسیلیک اسید، از طریق افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می‌شود و در نتیجه روی عملکرد و اجزای عملکرد تاثیر می‌گذارد (۴). همچنین، وزن کل دانه در بوته در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به ترتیب ۲/۰۷، ۱/۹۷ و ۲/۲۰ گرم در هر بوته، نسبت به شاهد با ۱/۳۱ گرم در هر بوته اختلاف معنی‌داری داشتند. در مقابل، وزن هزاردانه تنها جزء عملکرد بود که تحت تأثیر عمل پرایمینگ قرار نگرفت.

**وزن خشک ریشه:** پرایم کردن بذر با سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری روی وزن خشک ریشه داشتند و تیمارهای پرایمینگ با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به ترتیب با ۴/۰۱ و ۳/۱۷ گرم باعث افزایش وزن خشک نسبت به تیمار شاهد با ۱/۹۹ گرم شدند (جدول ۳). گزارش پژوهشی نشان می‌دهد که

**طول و وزن خشک اندام هوایی:** ارزیابی طول اندام هوایی بوته مشخص نمود که تیمارهای سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر طول گیاه داشتند به طوری هر سه تیمار سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول اندام هوایی نسبت به شاهد شدند. طول اندام هوایی گیاه از ۷۱/۷ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۸۹/۶ سانتی‌متر در تیمار ۱۰۰ میکرومولار افزایش پیدا کرد (جدول ۳). همچنین، اختلافی بین تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار از لحاظ معنی‌داری در طول اندام هوایی مشاهده نگردید. در بررسی مشابه، فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) با پرایم بذر ذرت با سالیسیلیک اسید، ارتفاع بوته را معنی‌دار گزارش کردند (۷). وزن خشک اندام هوایی نیز با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. هورمون سالیسیلیک اسید با افزایش رشد و تقسیم سلول در گیاه می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه شود، چرا که افزایش تقسیم سلولی در گیاه باعث افزایش رشد گیاه می‌شود که این نشان‌دهنده نقش موثر هورمون‌ها در افزایش طول اندام هوایی گیاهان است (۲۶).

**طول و تعداد دانه در غلاف:** طول غلاف با اعمال تیمارهای سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد افزایش داشت به طوری که طول غلاف تولید شده در هر سه تیمار ۷/۳۵ سانتی‌متر نسبت به شاهد که ۶/۴۵ سانتی‌متر بود، افزایش داشت. همچنین، تعداد دانه تولید شده در هر غلاف با ۲۵/۳، ۲۵/۵ و ۲۶/۲ دانه به ترتیب در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار نسبت به تیمار شاهد با ۲۰/۵ دانه در هر غلاف اختلاف داشت. شاید، سالیسیلیک اسید با افزایش طول دوره گل‌دهی و غلاف بندی موجب افزایش تعداد غلاف تشکیل شده روی بوته شده باشد. همچنین، گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، از جمله افزایش تعداد غلاف و دانه در ماش (۲۱) و لویبیا (۱۶) و اجزای عملکرد در گندم (۱۸) شده است. علاوه بر این، پژوهش‌ها نشان داده که

روغنی از جمله کلزا جهت تامین نیازهای داخلی کشور و بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، پرایمینگ بذرهای کلزا با محلول ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید می‌تواند نقش مهمی در افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف و به دنبال آن افزایش عملکرد دانه شود. از این رو، پیش تیمار بذرهای کلزا با سالیسیلیک اسید می‌تواند به عنوان یک راه کار مدیریتی جهت افزایش تولید دانه در این گیاه مد نظر قرار گیرد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج برای تامین بذر مورد نیاز و بنیاد ملی علوم ایران برای کمک‌های فنی قدردانی می‌شود.

غلظت‌های پایین سالیسیلیک اسید باعث گسترده‌تری ریشه سویا شده است (۸). در پژوهشی احمدقنبری و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که استفاده از سالیسیلیک اسید منجر به افزایش وزن تر ریشه ریحان می‌شود (۲). علاوه بر این، نتایج یک بررسی در گیاه ذرت نشان داده است که سالیسیلیک اسید احتمالاً از راه‌های مختلف از جمله با تاثیر بر متابولیسم و تامین انرژی، به واسطه افزایش فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز و سرعت بخشیدن به حرکت نشاسته، باعث تسریع در ظهور ریشه در بذر ذرت و استقرار بهتر بوته‌های جوان آن می‌شود (۱۱). افزایش مشاهده شده در وزن خشک ریشه در این پژوهش، می‌تواند در همین راستا باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت افزایش عملکرد دانه گیاهان

### منابع

1. Abdolahi, M., Shekari, F., Saba, J., and Zangani, E. 2018. Seed priming with salicylic acid enhanced gas exchanges parameters and biological yield of wheat under late sowing date. *Agric Forest*. 64: 1. 145-157.
2. Ahmad Ghanbari, A.P., Sirousmehr, A., and Asgharipour, M.R. 2017. Effect of salicylic acid on basil resistance against lead. *J. Plant Res*. 31: 1. 68-79. (In Persian)
3. Alyari, H., Shekari, F., and Shekari, F. 2000. Oilseeds (agronomy and physiology). Amidi pub, Tabriz. 182 p. (In Persian)
4. Dawood, M.G., Sadak, M.S., and Hozayen, M. 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. *Aust J. Basic Appl Sci*. 6: 4. 82-89.
5. Driss, H., and Marashi, S.K. 2018. Effect of different methods of application of salicylic acid on reducing the effects of salinity stress on wheat lands without drainage system. *Crop Physiol*. 10: 39. 131-145. (In Persian)
6. Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*. 41: 2. 281-284.
7. Farjzadeh Memari Tabrizi, E., Yarnian, M., Ahmadzadeh, V., and Farjzadeh Memari Tabrizi, N. 2017. Effect of hormone treatments on the growth and grain yield of maize at different limited irrigation levels. *Iran J. Seed Sci Res*. 4: 2. 17-30. (In Persian)
8. Gutiérrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Larque-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol Biochem* 36: 8. 563-565.
9. Kadivar, S., Ghavami, M., Gharachorloo, M., and Delkosh, B. 2010. Chemical evaluation of oil extracted from different varieties of colza. *Food Technol Nutr*. 7: 2. 19-29. (In Persian)
10. Korkmaz, A., Uzunlu, M., and Demirkiran, A.R. 2007. Treatment with



- acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiol Plant.* 29: 6. 503-508.
11. Li, Z., Xu, J., Gao, Y., Wang, C., Guo, G., Luo, Y., Huang, Y., Hu, W., Sheteiwy, M.S., Guan, Y., and Hu, J. 2017. The synergistic priming effect of exogenous salicylic acid and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on chilling tolerance enhancement during maize (*Zea mays* L.) seed germination. *Front Plant Sci* 8: 1-14.
  12. Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J., and Zangani, E. 2017. Effects of priming with salicylic acid on safflower seedlings photosynthesis and related physiological parameters. *J. Plant Physiol Breed* 7: 1. 1-13. (In Persian)
  13. Monfared, A., Muharrampour, S., and Fathiopur, Y. 2003. Evaluation of 27 lines, hybrids and canola (*Brassica napus* L.) cultivars to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) under natural conditions of field infestation. *Iran J. Agric Sci* 4: 34. 87-94. (In Persian)
  14. Moradi, K., Mirzaei, S., and Maadi, B. 2015. Canola agronomy. Sarva pub., Tehran. 110 p. (In Persian)
  15. Oghbai, H., Sajedi, N.A., and Madani, H. 2011. Effect of water deficit stress and salicylic acid consumption on yield and yield components of two wheat cultivars. *New Find Agric.* 5: 4. 389-399 (In Persian)
  16. Osman, H.S., and Salim, B.B.M. 2016. Influence of exogenous application of some phyto-protectants on growth, yield and pod quality of snap bean under NaCl salinity. *Ann Agric Sci.* 61: 1. 1-13.
  17. Rajabi, L., Sajedi, N. A., and Roshandel, M. 2013. Response of yield and yield components of dry land chick peas to salicylic acid and superabsorbent polymers. *J. Crop Prod.* 4: 4. 343-354. (In Persian)
  18. Rihan, H., Kareem, F., and Fuller, M. 2017. The effect of exogenous applications of salicylic acid and molybdenum on the tolerance of drought in wheat. *Agric Res Technol.* 9: 4. 97-105.
  19. Shahidi, A., Forozan, K. 1997. Canola. Oilseed Res Develop Com Press, Tehran. 299 p. (In Persian)
  20. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Saba, J., Vazayfi, M., and Zangani, A. 2011. Salicylic acid priming effects on some morphological traits of a cowpea cultivar (*Vigna unguiculata* L.) under water stress in podding stage. *Modern Agric Technol.* 4: 1. 5. (In Persian)
  21. Singh, G., and Kaur, M. 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian J. plant Physiol.* 23: 366-370.
  22. Sun, T.P., and Gubler, F. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. *Annu Rev Plant Physiol.* 55: 197-223.
  23. Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. Plant physiology. 3rd edition, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA, USA. 690 p.
  24. Yadegari, M., and Shakerian, A. 2014. The Effect salicylic acid and jasmonic acid foliar applications on essence and essential oil of salvia (*Salvia officinalis* L.). *J. Appl Sci Agric.* 9: 4. 1578-1584. (In Persian)
  25. Yavas, I., and Unay, A. 2016. Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *J. Anim Plant Sci.* 26: 4. 1012-1101.
  26. Zanzan, M.G., and Asli, D.E. 2014. Impact of gibberllin treatment on protein fluctuations of Ri T-DNA carrier transgenic tobacco. *J. Appl. Sci. Agric.* 9: 4. 1508-1514.

