



## علوم و تحقیقات بذر ایران

سال دوازدهم/ شماره سوم/ ۱۴۰۴ (۵۲ - ۴۳)

### مقاله پژوهشی

DOI: 10.22124/jms.2025.9415



## ارزیابی تیمارهای پوشش دهی بذر بر ویژگی های جوانه زنی رقم سهیل کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت تنش شوری

زینب صبحی<sup>۱</sup>، اکرم رستمی پور<sup>۲</sup>، رضا توکل افشاری<sup>۳\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۲۷

### چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پوشش دهی بذر کاملینا رقم سهیل بر خصوصیات جوانه زنی در شرایط تنش شوری در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در آزمایشگاه های بذر دانشگاه فردوسی مشهد و مؤسسه بذر و نهال رضوی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پوشش دهی با اسید هیومیک، پلیمر سوپر جاذب (اسید آکرلیک) مایع، عناصر میکرو، اسید جیبرلیک و ترکیب های مختلف آن ها و تنش شوری در چهار سطح (۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰ میلی مولار) بودند. صفات جوانه زنی شامل درصد و میانگین جوانه زنی، طول ریشه چه، ساقه چه، و وزن خشک گیاهچه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تیمارهای پوشش دهی بذر تأثیر معنی داری بر ویژگی های رشدی گیاهچه داشتند. تیمار کنترل (بدون پوشش دهی) بیشترین درصد جوانه زنی (۹۵/۶۶٪) را نشان داد. تیمار پلیمر سوپر جاذب بیشترین طول ریشه چه (۱/۶۹ سانتی متر) و طول ساقه چه (۱/۰۲ سانتی متر) را به خود اختصاص داد و نسبت به تیمار عناصر میکرو، ۹۴/۵۹٪ افزایش در طول ریشه چه و ۵۰٪ افزایش در وزن خشک گیاهچه داشت. در شرایط تنش شوری، آب مقطر بیشترین درصد جوانه زنی (۹۳/۴۲٪) و طول ریشه چه (۲/۹۳ سانتی متر) را نشان داد، در حالی که با افزایش سطح شوری، به ویژه در شوری ۲۱۰ میلی مولار، درصد جوانه زنی به ۴۰٪ کاهش یافت. به طور کلی، پوشش دهی پلیمر و ترکیب آن با اسید هیومیک باعث بهبود شاخص های رشد در شرایط شوری و تأثیر مثبت بر درصد جوانه زنی بذرها شدند.

واژه های کلیدی: پوشش دهی بذر، تنش شوری، جوانه زنی، کاملینا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

zeinabsaboohi13@gmail.com

۲- دانش آموخته دکتری علوم و تکنولوژی بذر، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

arostamipoor@yahoo.com

tavakolafshari@um.ac.ir

۳- استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

\*نویسنده مسئول: tavakolafshari@um.ac.ir

## مقدمه

گياه کاملينا با نام علمي *Camelina sativa* L. يك محصول دانه روغني از تيره Brassicaceae است كه بومي مناطق مدیترانه‌ای اروپا و آسیا می‌باشد و به دلیل ویژگی‌های متعدد، امکان کشت آن در مناطق مختلف ایران فراهم شده است (Bakhshi et al., 2021). این گیاه که به نام کتان کاذب یا وحشی نیز شناخته می‌شود، شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که برای تأمین روغن مصرفی در غذا، روشنایی، دارو و خوراک دام کشت می‌شده است (Lohaus et al., 2019). گیاه کاملینا به‌طور کلی یک محصول روغنی تابستانه است، اما در مناطق با آب و هوای معتدل‌تر می‌توان آن را به‌عنوان محصول زمستانه کشت کرد. این گیاه با دوره رشد سریع (۸۵-۱۰۰ روز برای ارقام بهاره و ۱۹۰-۲۱۰ روز برای ارقام پاییزه) به‌عنوان گیاهی مقاوم شناخته می‌شود که برای سیستم‌های کشاورزی با نهاده‌های کم و شرایط تغییرات اقلیمی مناسب است (Ahmed et al., 2023). مطالعات در کانادا و ایالات متحده نشان داد که عملکرد کاملینا نسبت به دیگر گیاهان خانواده براسیکاسه بالاتر است (Çanak et al., 2022). یکی از مشکلات گیاه کاملینا، استقرار ضعیف گیاهچه تحت تأثیر تنش‌های محیطی مانند شوری است که می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود. همچنین، اندازه بسیار کوچک بذرهاي کاملینا و وزن سبک و شکل نامنظم آن‌ها، موانعی در کاشت مکانیکی این بذرها ایجاد می‌کند (Beltrão and Vieira, 2001). پوشش‌دهی بذرهاي ریز می‌تواند باعث افزایش جوانه‌زنی و مقاومت بهتر در برابر تنش‌های محیطی شود، زیرا به حفظ رطوبت و تسهیل ورود مواد مغذی کمک می‌کند، به‌ویژه در بذرهاي کوچک که بیشتر تحت تأثیر تنش‌ها قرار دارند (Cao et al., 2019). ریز بودن بذر می‌تواند تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و عملکرد گیاه در مزرعه داشته باشد، زیرا بذرهاي کوچک معمولاً ذخایر غذایی کمتری دارند که باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی و محدود شدن رشد گیاهچه در شرایط نامساعد می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که بذرهاي ریز در شرایط خشکی، شوری یا سرما حساس‌تر از بذرهاي بزرگتر هستند و احتمالاً عملکرد کمتری دارند (Jensen et al., 2006). بذرهاي کوچک به دلیل کاهش توان ذخیره انرژی، ممکن است نتوانند به‌طور مؤثر از منابع غذایی خاک استفاده کنند، که این امر منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Liu et al., 2011). این

اثرات به‌ویژه در گیاهانی که برای رشد اولیه نیاز به منابع غذایی فراوان دارند، بیشتر مشهود است. پوشش‌دهی بذر یک فن‌آوری است که به‌طور گسترده توسط تولیدکنندگان برای افزایش، استانداردسازی و بهبود شرایط جوانه‌زنی بذر استفاده می‌شود (Melo et al., 2019). پوشش‌دهی‌های بذر که معمولاً از موادی مانند پلیمرها، اسید هیومیک، اسیدجیبرلیک و ترکیب‌های مختلف تشکیل می‌شوند، می‌توانند مزایای زیادی برای بذرها و فرآیندهای جوانه‌زنی فراهم کنند. این پوشش‌ها با افزایش رطوبت، حفاظت در برابر تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین) و تأمین مواد مغذی (عناصر میکرو یا هورمون‌ها)، به بهبود عملکرد بذرها کمک می‌کنند. همچنین، پوشش‌دهی‌ها با جلوگیری از آسیب‌های مکانیکی و آفات، میزان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را افزایش می‌دهند (Cao et al., 2022; Sarkhosh et al., 2019). پلیمرهای سوپرجاذب (SAPS) پلیمرهای آبدوستی هستند که قادرند بیش از صد برابر وزن خود آب جذب کنند و سابقه طولانی استفاده در کشاورزی دارند. (Darlington & Quastel, 1953). جوانه‌زنی بذر اولین مرحله از رشد گیاه است. اختلال در جوانه‌زنی و استقرار ناکافی گیاهچه از مشکلات رایج در گیاهان زراعی است که تحت تأثیر کیفیت بذر و شرایط محیطی لازم برای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه قرار دارد. (Kameswara Rao et al., 2017). بذرهاي با کیفیت بالا قادرند در مواجهه با تنش‌های محیطی، درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته باشند، گیاهچه‌های قوی‌تری تولید کنند و در نتیجه تحت شرایط نامساعد محیطی موفق‌تر عمل کنند. (Srivastava et al., 2021). تنش‌های غیرزیستی تأثیر مخربی بر جوانه‌زنی و استقرار دارند و ممکن است در اثر تنش خشکی یا تنش شوری ایجاد شوند (Afzal et al., 2020). تنش شوری یک نگرانی عمده زیست محیطی در مناطق خشک، نیمه‌خشک است. اولین اثرات منفی تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی بذر دیده می‌شود (Suganya et al., 2020)، که منجر به کاهش جذب آب توسط بذر، تأثیر بر پروتئین‌ها و کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای می‌شود (Joy et al., 2015; Rengel., 2015). مارلوس و همکاران (Morales et al., 2017) به این نتیجه رسیدند که کاملینا در سطح شوری بالا هم رشد می‌کند، اما حیدریان و همکاران (Heydarian et al., 2018) بیان داشتند که شوری باعث کاهش قابل توجه

کوئینگ و پلت تولید داخل و برای تحقیقات (R&D) تهیه و استفاده شد. در مرحله بعد، تعداد ۵۰ عدد بذر پوشش‌دهی‌شده و بدون پوشش‌دهی در پتری‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر روی کاغذ صافی قرار گرفتند. به‌منظور ایجاد تنش شوری و مقایسه آن با محیط بدون تنش، در هر پتری ۸ میلی‌لیتر آب مقطر (۰) و محلول‌های شوری حاوی ۱۵۰ میلی‌مولار، ۱۸۰ میلی‌مولار و ۲۱۰ میلی‌مولار سدیم کلرید (با خلوص آزمایشگاهی ۹۹٪ و برند Merck) اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر آب درون پتری، از پارافیلیم استفاده گردید. نمونه‌ها در ژرمیناتور مدل GROK 15655-115 با دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد (۲۰ درجه سانتی‌گراد برای ۱۶ ساعت در شرایط تاریکی و ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای ۸ ساعت در شرایط روشنائی) به مدت ۵ روز قرار گرفتند (ISTA, 2022). به‌دلیل سرعت بالای جوانه‌زنی بذر، بررسی بذرهای جوانه‌زده هر ۶ ساعت یک‌بار انجام شد و تا زمانی که تعداد بذرهای جوانه‌زده در سه روز متوالی ثابت ماند، ادامه یافت. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر بود (ISTA, 2022). صفات مورد اندازه‌گیری مرتبط با بنیه بذر شامل درصد جوانه‌زنی (GP) است که از رابطه ۱ محاسبه شد (n: تعداد بذرهای جوانه‌زده، N: تعداد کل بذر) (ISTA, 2022)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) که از رابطه ۲ محاسبه گردید (ni: زمان جوانه‌زنی بذرهای جوانه‌زده در روز i، di: روز i پس از آغاز آزمون؛ i روز اول تا روز هفتم پس از آغاز آزمون) (Ellis and Roberts, 1980)، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه می‌باشد.

$$\text{Germination Percentage (GP)} = \left(\frac{n}{N}\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Mean Germination Time (MGT)} = \frac{\sum di \times ni}{\sum ni} \quad \text{رابطه (۲)}$$

#### جدول ۱- مواد مورد استفاده جهت ترکیبات مختلف پوشش‌دهی بذر کاملینا

Table 1- Materials used for different combinations of camelina seed coating

ماده مصرفی Consumed material	نام تجاری Commercial name	مقدار مصرفی (کیلوگرم بذر) Commercial amount (Kg seed)
قارچ کش Fungicide	کربوکسین تیرام Carboxin thiram	2.5 g
کائولن Kaolin	کائولن Kaolin	10 g
هیومیک اسید Humic Acid	هیومیک اسید Humic Acid	12 g
پلیمر سوپرجاذب (اسید آکریلیک) مایع (Superabsorbent polymer (acrylic acid) liquid)	AB200-C	10 g
Zn روی	Zn روی	4.5 g
Cu مس	Cu مس	4.5 g
Mn منگنز	Mn منگنز	4.5 g
اسیدجیبرلیک GA <sub>3</sub>	اسیدجیبرلیک GA <sub>3</sub>	1.2 g

ویژگی‌های رشد و فعالیت فتوسنتزی گیاه کاملینا می‌شود. میزان بالای شوری نیز با کاهش درصد سبز شدن و ویژگی‌های رشد، باعث کاهش عملکرد کاملینا می‌شود استپوهن و همکارانش (Steppuhn et al., 2010). یوهانس و همکاران (Yohannes et al., 2020) دریافتند که توانایی کاملینا در جوانه‌زنی، بقای گیاهچه و عملکرد کلی تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر پوشش‌دهی‌های مختلف بذر کاملینا بر خصوصیات جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش شوری بود.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در آزمایشگاه بذر گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و آزمایشگاه مؤسسه بذر و نهال رضوی انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. بذرهای کاملینا رقم سهیل (شماره ثبت ۱۷۹۹۲، تولید ۱۴۰۱) از شرکت بیستون شفا تهیه شد. بذرهای ابتدا با کائولن و قارچ‌کش کربوکسین تیرام پلت شده، سپس با مواد مختلف شامل اسید هیومیک (نام تجاری: Humax، تولید شرکت JH Biotech)، پلیمر سوپرجاذب (اسید آکریلیک) مایع (نام تجاری: Aqua-Gel، تولید شرکت Italtollina)، عناصر میکرو (روی، مس، منگنز) (نام تجاری: MicroMix، تولید شرکت Haifa Group) و اسیدجیبرلیک (نام تجاری: GA<sub>3</sub>، تولید شرکت Sigma-Aldrich) توسط دستگاه کوئینگ (Rotary seed coater) با یک لایه نازک پوشش‌دهی شدند. دستگاه

هيوميك بيشترين طول ساقچه را به خود اختصاص داد. تيمار شاهد بيشترين درصد جوانه زني را داشت، در حالي كه تيمارهاي تركيب اسيد هيوميك، پليمر، عناصر ميكرو و اسيد جيبيرليك كمترين درصد جوانه زني را نشان دادند. تيمار پليمر نسبت به عناصر ميكرو ۱۴/۲۳ درصد افزايش در درصد جوانه زني داشت، اما نسبت به شاهد کاهش ۱۸/۸ درصدی را نشان داد. بيشترين درصد جوانه زني در آب مقطر (۶۶/۹۵٪) مشاهده شد. همچنين، پوشش دهی بذر باعث کاهش زمان جوانه زني شد، به طوري كه تيمار پليمر ۱۸/۸۶ درصد کاهش در زمان جوانه زني نسبت به شاهد نشان داد. بيشترين زمان جوانه زني در آب مقطر و سپس در سطوح شوری مختلف مشاهده شد (جدول ۲).

نتايج به دست آمده در آزمايش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت. همچنين آزمون مقايسه ميانگين با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

### نتايج و بحث

براساس نتايج جدول ۲، پوشش دهی بذر بر شاخص های طول ريشه چه، طول ساقچه و درصد جوانه زني تأثير معنی داری داشت. تيمار اسيد جيبيرليك با ۱/۸۵ سانتی متر بيشترين طول ريشه چه را داشت، در حالي كه تيمار عناصر ميكرو كمترين مقدار را نشان داد. در سطح شوری آب مقطر بيشترين طول ريشه چه (۲/۹۳ سانتی متر) و طول ساقچه (۲/۹۳ سانتی متر) مشاهده شد. تيمار تركيب پليمر با اسيد

جدول ۲- مقايسه ميانگين و تجزيه واريانس اثر انواع پوشش دهی بذر بر صفات جوانه زني بذر كاملينا  
and analysis of variance of the seed coatings on germination traits Table 2- Mean comparisons  
of camelina seed

تيمارهاي پوشش دهی بذر Seed Coating Treatment	طول ريشه چه Root Length (cm)	طول ساقچه Shoot Length (cm)	میانگين زمان جوانه زني درصد جوانه زني %F.G.P	M.G.T	وزن خشک گياهچه Seedling Dry Weight (g)
1 هيوميك اسيد (humic acid)	1.47 c	0.94 c	89.17 b	1.65 e	0.008 d
2 پليمر سوپرجاذب (اسيد آكريليك) مايع (Superabsorbent polymer (acrylic acid) liquid)	1.69 b	1.02 b	87.83 b	1.59 e	0.014 a
3 عناصر ميكرو (Micro elements)	0.10 e	0.27 g	67.50 e	1.46 f	0.003 f
4 اسيد جيبيرليك (gibberellic acid)	1.85 a	1.03 b	81.00 c	1.99 d	0.012 c
5 (1+2)	1.56 c	1.09 a	76.17 d	2.12 c	0.013 b
6 (1+2+3)	0.29 d	0.64 f	64.00 f	2.82 b	0.004 f
7 (1+2+3+4)	0.28 d	0.73 e	52.00 g	2.99 a	0.005 e
8 Control	1.56 c	0.81 d	95.66 a	1.29 g	0.006 e
LSD (0.05)	0.107	0.037	1.726	0.097	0.001
Salinity شوری					
1 Control	2.93 a	1.98 a	93.42 a	1.53 d	0.01 a
2 150	0.60 b	0.55 b	76.17 b	1.83 c	0.01 b
3 180	0.41 c	0.35 d	69.50 c	2.04 b	0.004 c
4 210	0.47 c	0.39 c	67.58 d	2.56 a	0.01 b
LSD (0.05)	0.076	0.026	1.220	0.068	0.001
پوشش دهی Coating	**	**	**	**	**
تنش شوری Salinity	**	**	**	**	**
C.S	**	**	**	ns	**
CV	35.37	16.39	8.13	17.67	31.74

\*ستون های دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند. ns, \*\* به ترتيب غير معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪.  
ns, \*\*: non significant, significant at the 1% level of \*Treatments with the same letter don not have significant differences.  
probability, respectively

براساس نتایج جدول ۳، اثر تنش شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر کاملینا معنی‌دار بود. در شرایط شاهد (عدم شوری)، تیمار اسید جیبرلیک با ۴/۹۲ سانتی‌متر بیشترین طول ریشه‌چه را داشت، اما با افزایش شوری، به‌ویژه در سطح ۲۱۰ میلی‌مولار، طول ریشه‌چه در بیشتر تیمارها به حدود ۰/۵ سانتی‌متر کاهش یافت. در تیمار عناصر میکرو، طول ریشه‌چه در تمامی سطوح شوری به صفر رسید، که نشان‌دهنده حساسیت شدید این تیمار به شوری است. این نتایج اثر منفی شدید شوری، به‌ویژه در سطح ۲۱۰ میلی‌مولار، بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را نشان

شاخص وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر تیمارهای پوشش‌دهی بذر تغییرات معنی‌داری را نشان داد. تیمارهای پلیمر، جیبرلیک‌اسید و ترکیب اسید هیومیک با پلیمر در افزایش شاخص وزن خشک گیاهچه برتری داشتند. تیمار پلیمر نسبت به تیمار عناصر میکرو ۷۸/۵۷ درصد و نسبت به تیمار شاهد ۵۷/۱۴ درصد افزایش در شاخص وزن خشک گیاهچه نشان داد. بررسی اثر شوری نیز نشان داد که بیشترین مقدار شاخص وزن خشک گیاهچه به‌ترتیب در تیمار آب مقطر و سپس در سطوح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، ۲۱۰ میلی‌مولار و ۱۸۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۳- میانگین اثر متقابل تیمارها بر صفات جوانه‌زنی بذر کاملینا

Table 3 - Mean comparisons of the treatments on germination traits of camelina seeds

شوری Level Of Salt Stress	Seed Coating Treatment	طول ریشه‌چه Root Length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot Length (cm)	درصد جوانه‌زنی %F.G.P	میانگین زمان جوانه‌زنی M.G.T	وزن خشک گیاهچه Seedling Dry Weight (g)
Control	1	4.02 b	2.42 ab	98.67 a	1.13 jk	0.01 a
	2	4.43 ab	2.51 ab	98.67 a	1.20 jk	0.01 a
	3	0.40 defgh	1.10 e	93.33 abc	1.21 ijk	0.01 bcd
	4	4.92 a	2.41 b	98.67 a	1.40 ghijk	0.01 abc
	5	4.04 b	2.63 a	96.00 a	1.65 fghij	0.01 ab
	6	0.48 cdefgh	1.35 d	85.33 bcdef	2.51 bed	0.009 fgh
	7	0.55 cdefgh	1.46 d	77.33 fghi	2.11 def	0.01 defg
	8	4.59 ab	1.95 c	99.33 a	1.01 k	0.01 cdef
150	1	0.74 cdef	0.49 hijk	82.67 defg	1.43 ghijk	0.005 hij
	2	1.04 c	0.67 fghi	90.67 abcde	1.348 ghijk	0.019 a
	3	0.00 h	0.00 n	61.33 klmn	1.28 hijk	0.00 k
	4	0.86 cde	0.55 ghijk	81.33 efg	1.85 fg	0.006 ghi
	5	0.98 cd	0.76 fg	72.67 ghij	2.15 cdef	0.013 bcde
	6	0.29 efgh	0.67 fgh	70.00 hijk	2.76 b	0.003 ijk
	7	0.23 efgh	0.80 f	56.00 mno	2.76 b	0.006 ghi
	8	0.61 cdefgh	0.45 jk	94.67 ab	1.08 jk	0.003 ijk
180	1	0.54 cdefgh	0.39 kl	82.67 defg	1.93 efg	0.004 ijk
	2	0.65 cdefg	0.49 hijk	83.33 cdef	1.65 fghij	0.007 ghi
	3	0.00 h	0.00 n	56.00 mno	1.40 ghijk	0.00 k
	4	0.84 cde	0.64 fghij	76.67 fghi	2.01 def	0.01 bcdef
	5	0.55 cdefgh	0.52 hijk	70.67 hijk	2.15 cdef	0.009 efgh
	6	0.12 fgh	0.16 mn	53.33 no	2.52 bed	0.0003 k
	7	0.07 gh	0.19 lmn	40.00 pq	3.33 a	0.001 jk
	8	0.46 cdefgh	0.38 kl	93.33 abc	1.28 hijk	0.0016 jk
210	1	0.58 cdefgh	0.44 jk	92.67 abcd	2.13 def	0.005 hij
	2	0.63 cdefg	0.40 k	78.67 fgh	2.17 cdef	0.01 bcdef
	3	0.00 h	0.00 n	59.33 lmn	1.93 efg	0.00 k
	4	0.76 cde	0.50 hijk	67.33 ijkl	2.70 bc	0.01 bcdef
	5	0.65 cdefg	0.44 jk	65.33 jklm	2.50 bcde	0.01 abc
	6	0.28 efgh	0.37 kl	47.33 op	3.50 a	0.003 ijk
	7	0.24 efgh	0.46 ijk	34.67 q	3.77 a	0.004 ijk
	8	0.55 cdefgh	0.45 ijk	95.33 ab	1.77 fghi	0.005 hij
LSD (0.05)		0.6348	0.2186	10.17	0.5737	0.0043

\* ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

\*Treatments with the same letter do not have significant difference.

می‌دهد. تیمارهای پوشش‌دهی بذر (پلیمر و ترکیب پلیمر با اسید هیومیک) عملکرد بهتری در شرایط شوری داشتند، اگرچه در سطوح بالای شوری نیز کاهش قابل توجهی در رشد گیاهچه‌ها مشاهده شد. در شرایط بدون تنش، تیمار ترکیب اسید هیومیک، پلیمر با ۲/۶۳ سانتی‌متر بیشترین طول ساقه‌چه را داشت، اما در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار، طول ساقه‌چه در اغلب تیمارها به کمتر از ۰/۵ سانتی‌متر کاهش یافت. همچنین در تیمار عناصر میکرو، طول ساقه‌چه در تمامی سطوح شوری صفر بود که نشان‌دهنده توقف کامل رشد ساقه‌چه تحت تنش شوری بالا است (جدول ۳). در شرایط بدون تنش، تیمار اسیدجیبرلیک بیشترین طول ساقه‌چه را با ۷/۳۳ سانتی‌متر نشان داد، که در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار به ۱ سانتی‌متر کاهش یافت (کاهش ۸۶ درصدی). تیمار عناصر میکرو در تمام سطوح شوری رشد صفر داشت، درصد جوانه‌زنی با تیمار شاهد با ۹۹/۳۳ درصد بهترین عملکرد را داشت، اما در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار ۶۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش و زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. در شرایط شاهد، کمترین زمان جوانه‌زنی ۱/۰۱ روز بود، اما در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار، تیمار عناصر میکرو با ۳/۷۷ روز بیشترین زمان جوانه‌زنی را نشان داد. در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار، تیمار عناصر میکرو با توقف کامل تولید ماده خشک روبه‌رو شد و تیمار اسیدجیبرلیک کاهش ۹۳ درصدی در وزن خشک داشت. در شرایط بدون تنش، تمام شاخص‌های رشد و جوانه‌زنی در بالاترین سطح قرار داشتند و درصد جوانه‌زنی بیش از ۹۸ درصد بود. در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، کاهش قابل توجهی در تمامی صفات مشاهده شد، به طوری که تیمار عناصر میکرو در شاخص‌های طول ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی با توقف کامل رشد مواجه شد. در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار، رشد گیاهچه‌ها به شدت متوقف شد و شاخص‌های رشدی به طور قابل توجهی کاهش یافت (جدول ۳).

افزایش شوری باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی، کاهش درصد جوانه‌زنی، افزایش زمان لازم برای جوانه‌زنی و توقف کامل رشد در برخی از گیاهان می‌شود. این اثرات منفی ناشی از تغییرات در تعادل اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذرها است که منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌ها و فرآیندهای متابولیک می‌گردد. همچنین، تنش شوری به آسیب‌های

اکسیداتیو و اختلال در روند فتوسنتز و جذب مواد غذایی منجر می‌شود. تحقیقات نشان داده است که برخی از گیاهان با سازگاری‌های ویژه‌ای مانند تولید ترکیبات اسمزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان قادر به مقابله با اثرات منفی شوری هستند (Ashraf & Harris, 2004; Munns & Tester, 2008). در این آزمایش بذر بدون پوشش‌دهی درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بقیه تیمارهای پوشش‌دهی داشت که می‌تواند به دلیل پلت کردن و پوشش‌دهی دار کردن بذر باشد. اما در سایر پارامترها مانند وزن خشک گیاهچه، تیمارهای (پلیمر، ترکیب اسید هیومیک با پلیمر)، نسبت به شاهد افزایش داشت و با نتایج گورین و آسچ (Gorim and Asch, 2017) مطابقت دارد که براساس آن، پوشش‌دهی بذر با مواد جاذب آب باعث افزایش جذب رطوبت و در عین حال کاهش دسترسی اکسیژن در بافت‌های جنینی می‌شود، که می‌تواند موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در روند آن می‌شود. نتایج مطالعه حاکی از آن است که پوشش‌دهی‌ها نه تنها بر جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند مسیرهای متابولیک داخلی (مثل تغییر در آنزیم‌های ساکروز) را نیز تحت تأثیر قرار دهند؛ این یافته نشان‌دهنده تأثیر فیزیولوژیک پوشش‌دهی‌ها بر مراحل اولیه جوانه‌زنی است. در آزمایش دیگر پوشش‌دهی پلیمر بهترین تیمار برای تأخیر در جوانه‌زنی گلرنگ در شرایط کنترل شده است و پوشش‌دهی بذر می‌تواند به بذر در خاک کمک کند، در زمستان که شرایط جوانه‌زنی مناسب نیست، تا بهار که بذرها باید جوانه بزنند و گیاهچه‌ها ایجاد شود (Dizaj, 2010). ورما و همکاران (Verma et al., 2015)، کیم و همکاران (Kim et al., 2022) نتیجه گرفتند که به ترتیب پوشش‌دهی پلیمری به‌ویژه کیتوزان و آلژینات تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی بذر سویا و عملکرد آن دارد. بذرهای پوشش‌دهی دار دارای بنیه بهتری هستند و عملکرد بهتری در شرایط مختلف محیطی دارند. سرخوش و همکاران (Sarkhosh et al., 2022) نشان دادند که پوشش‌دهی‌های پلیمری بر بنیه بذر، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد گیاه کاملینا تأثیر مثبت دارند. این پوشش‌دهی‌ها با حفظ رطوبت، کاهش تبخیر و آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی، به بهبود جوانه‌زنی و تسریع رشد گیاهچه‌ها کمک کرده و توانایی گیاهان برای مقابله با تنش‌ها را تقویت می‌کنند. در نهایت، این پوشش‌دهی‌ها در

### نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج آزمایش، تیمارهای پوشش‌دهی بذر تأثیر قابل‌توجهی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش شوری داشتند. به‌ویژه، تیمار پلیمر سوپرجاذب موجب بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد و نسبت به تیمار عناصر میکرو عملکرد بهتری نشان داد. در شرایط تنش شوری، آب مقطر بهترین نتایج را در درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه ارائه داد. با افزایش سطح شوری، به‌ویژه در سطوح بالاتر، کاهش قابل‌توجهی در درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. به‌طور کلی، پوشش‌دهی پلیمر و ترکیب آن با اسید هیومیک به‌طور مؤثری ویژگی‌های رشدی گیاهچه را بهبود بخشید و می‌تواند به عنوان یک استراتژی مفید برای مقابله با تنش شوری در گیاهان کاملینا مورد استفاده قرار گیرد.

پیشنهاد می‌شود که در آینده، تحقیقات بیشتری بر روی استفاده از دیگر مواد محرک رشد و بررسی مکانیسم‌های دقیق‌تر مقاومت گیاهان به شوری صورت گیرد. همچنین، بررسی کاربردهای عملی این ترکیبات در کشاورزی برای بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش شوری می‌تواند راه‌حل‌های مؤثری برای مقابله با بحران‌های محیطی مانند خشکی و شوری فراهم آورد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمام کسانی که با ارائه راهنمایی‌های علمی و فراهم‌سازی امکانات پژوهشی در انجام این تحقیق نقش مؤثری داشته‌اند، اعلام می‌دارند.

شرایط نامساعد محیطی، عملکرد محصول را بهبود می‌بخشد. در این آزمایش، پوشش‌دهی‌دهی بذر با اسید جیبرلیک و اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه داشت. اسید جیبرلیک با تحریک هورمونی و شکستن دوره خواب بذر، سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها را افزایش داد (Khan and Gul, 2017)، در حالی‌که اسید هیومیک با بهبود جذب رطوبت و مواد مغذی، شرایط مطلوبی برای رشد ریشه‌ها و تقویت متابولیسم فراهم کرد (Ali and Abbas, 2020). اووالشا و همکاران (Ovalesha *et al.*, 2017) نشان دادند که پوشش‌دهی بذر با مواد پلیمری می‌تواند به کاهش پیری بذر کمک کرده و از آن در برابر استرس‌های محیطی محافظت کند. پوشش‌دهی بذر با ترکیب پلیمر و اسید هیومیک باعث بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها، به‌ویژه تحت تنش شوری، می‌شود. این ترکیب با حفظ رطوبت و تقویت جذب مواد مغذی، رشد بهینه گیاه را در مراحل اولیه تسهیل می‌کند (Khalil *et al.*, 2021). مطالعه نوری و قبادی (Ozcinar, 2024) نشان داد که اسید هیومیک تأثیر مثبتی بر رشد گیاهچه‌ها در بذرهای روغنی مانند کلزا (*Brassica napus*) دارد. این تحقیق نشان می‌دهد که اسید هیومیک با افزایش جذب آب و مواد مغذی در بذر، باعث بهبود فرآیند جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه می‌شود. به علاوه، این ماده با تقویت سیستم ریشه‌ای و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی مانند خشکی، به بهبود عملکرد گیاه در شرایط مختلف کمک می‌کند.

### منابع

- Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M. and Taylor, A. G. 2020. Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. *Agriculture*, 10 (4), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040526> (Journal)
- Ahmed, M., Waraich, E. A., Hafeez, M. B., Zulfiqar, U., Ahmad, Z., Iqbal, M. A. and El Sabagh, A. 2023. Changing climate scenario: perspectives of *Camelina sativa* as low-input biofuel and oilseed crop. *Global Agricultural Production: Resilience to Climate Change*, 197-236. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14973-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14973-3_7). (Journal)
- Ali, Q. and Abbas, T. 2020. Effect of seed coating with humic acid on seed germination, growth, and yield of wheat under drought conditions. *Agronomy Journal*, 112(6), 2813-2824. <https://doi.org/10.1002/agj2.20216> (Journal)
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166(1), 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024> (Journal)

- Bakhshi, B., Rostami-Ahmadvandi, H. and Fanaei, H. R., 2021. Camelina, an adaptable oilseed crop for the warm and dried regions of Iran. *Central Asian Journal of Plant Science Innovation*, 1: 39-45. **(Journal)**
- Beltrão, N. E. M. and Vieira, D. J. 2001. *O agronegócio do gergelim no Brasil* (348 p.). Brasília, DF, Brazil: Embrapa Informação Tecnológica. ISBN 85-7383-115-4. **(Book)**
- Cao, Z., Zhang, Q., Wang, H. and Li, J. 2019. Seed coating enhances seed germination and seedling establishment in small-seeded species under stress conditions. *Field Crops Research*, 242, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.02.015> **(Journal)**
- Čanak, P., Zanetti, F., Jovičić, D., Vujošević, B., Miladinov, Z., Stanisavljević, D., Miroslavljević, M., Alberghini, B., Facciolla, E. and Matjanović-Jeromela, A. 2022. Camelina germination under osmotic stress – Trend lines, time-courses and critical points. *Industrial Crops and Products*, 181, 114761. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114761> **(Journal)**
- Darlington, W. A. and Quastel, J. H. 1953. Absorption of sugars from isolated surviving intestine. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 43(1), 194–207. doi:10.1016/0003-9861(53)90099-X **(Journal)**
- Dizaj, K. A. 2010. Seed coating of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in order to delay germination. *African Journal of Plant Science*, 4, 267–269. **(Journal)**
- Ellis, R. H. and Roberts, E. H. 1980. *Seed production* (pp. 605–635). London: Butterworths. **(Book)**
- Gorim, L. and Asch, F. 2017. Seed coating increases seed moisture uptake and restricts embryonic oxygen availability in germinating cereal seeds. *Biology*, 6(2), 31. <https://doi.org/10.3390/biology6020031> **(Journal)**
- Heydarian, Z., Yu, M., Gruber, M., Coutu, C., Robinson, S. J. and Hegedus, D. D. 2018. Changes in gene expression in *Camelina sativa* roots and vegetative tissues in response to salinity stress. *Scientific Reports*, 8(1), 9804. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28204-4> **(Journal)**
- ISTA, 2022. *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Wallisellen. **(Handbook)**
- ISTA (International Rules for Seed Testing). 2021. Chapter 9: i–9-12 (20). <http://doi.org/10.15258/istarules.09>. **(Handbook)**
- Jensen, E. S., Hauggaard Nielsen, H. and Ambus, P. 2006. The effect of seed size on seedling establishment and growth under different environmental conditions. *Field Crops Research*, 96(1), 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.10.003> **(Journal)**
- Joy, E. J. M., Stein, A. J., Young, S. D., Ander, E. L., Watts, M. J. and Broadley, M. R. 2015. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa. *Plant and Soil*, 389(1–2), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2430-8> **(Journal)**
- Kameswara Rao, N., Dulloo, M. E. and Engels, J. M. M. 2017. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(5), 1061–1074. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0425-9> **(Journal)**
- Khalil, N., Wang, Z., Li, X., Zhao, C. and Liu, S. 2021. Effect of humic acid and polymer coating on seed germination, growth, and yield of tomato under saline conditions. *Agronomy*, 11(10), 1924. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101924> **(Journal)**
- Khan, M. A. and Gul, B. 2017. Effect of gibberellic acid on seed germination and growth of saline-affected plants. *Environmental and Experimental Botany*, 139, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.010> **(Journal)**
- Kim, S. Y., Ha, J. S., Kim, P. J., Das, S., Gutierrez Suson, J. and Kim, G. W. 2022. A new approach for improving the nutritional quality of soybean (*Glycine max* L.) with iron slag coating. *Agronomy*, 12(12), 3126. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123126> **(Journal)**
- Liu, H., Wang, Z., Li, X., Zhao, C. and Liu, S. 2011. Effects of seed size and planting depth on seedling growth and yield in wheat. *Field Crops Research*, 121(1), 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.11.004> **(Journal)**
- Lohaus, G., Rühl, J. and Möller, K. 2019. *Camelina sativa*: An emerging crop for oil and biofuel production. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1418. DOI: 10.3389/fpls.2019.01418 **(Journal)**
- Melo, B. A., Almeida, F. de A. C., Gomes, J. P., da Silva, W. P., Moreira, I. dos S., dos Santos, Y. M. G., Lisboa, J. F., da Silva, P. B., Silva, S. do N. and Primo, D. M. de B. 2019. Physiological response

- of colza (*Brassica napus* L.) seeds coated and treated with alternative materials. African Journal of Agricultural Research, 14, 943–948. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14044> **(Journal)**
- Morales, D., Potlakayala, S., Soliman, M., Daramola, J., Weeden, H., Jones, A., Kovak, E., Lowry, E., Patel, P., Puthiyaparambil, J., Goldman, S. and Rudrabhatla, S. 2017. Effect of biochemical and physiological response to salt stress in *Camelina sativa*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48(7), 716–729. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1254237> **(Journal)**
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911> **(Journal)**
- Ovalesha, M. A., Yadav, B. and Rai, P. K. 2017. Effects of polymer seed coating and seed treatment on plant growth, seed yield and quality of cowpea (*Vigna unguiculata*). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(4), 106–109. **(Journal)**
- Özçınar, A. B. 2024. Investigation of the effects of different humic acid applications on seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.) under salt stress. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, (Issue/Volume unspecified). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586310> **(Journal)**
- Rengel, Z. 2015. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 15(2), 397–409. <https://doi.org/10.4067/S071895162015005000036> **(Journal)**
- Sarkhosh, S., Kahrizi, D., Darvishi, E., Tourang, M., Haghghi-Mood, S., Vahedi, P. and Ercisli, S. 2022. Effect of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) on seed germination characteristics in two Brassicaceae family species: *Camelina sativa* and *Brassica napus* L. Journal of Nanomaterials, Article ID 1892759, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2022/1892759> **(Journal)**
- Srivastava, A. K., Suresh Kumar, J. and Suprasanna, P. 2021. Seed ‘primeomics’: plants memorize their germination under stress. Biological Reviews, 96(5), 1723–1743. <https://doi.org/10.1111/brv.12722> **(Journal)**
- Steppuhn, H., Falk, K. C. and Zhou, R. 2010. Emergence, height, grain yield and oil content of camelina and canola grown in saline media. Canadian Journal of Soil Science, 90(1), 151–164. <https://doi.org/10.4141/CJSS09046> **(Journal)**
- Suganya, A., Saravanan, A. and Manivannan, N. 2020. Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 51(15), 2001–2021. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1820030> **(Journal)**
- Verma, O. and Verma, R. S. 2015. Effect of seed coating material and storage containers on germination and seedling vigour of soybean (*Glycine max* L.). SAARC Journal of Agriculture, 12(2), 16–24. <https://doi.org/10.3329/sja.v12i2.21913> **(Journal)**
- Yohannes, G., Kidane, L., Abraha, B. and Beyene, T. 2020. Effect of salt stresses on seed germination and early seedling growth of *Camelina sativa* L. Momona Ethiopian Journal of Science, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.4314/mejs.v12i1.1> **(Journal)**



## The evaluation of seed coating on germination traits of *Camelina sativa* L. under saline stress

Zeynab Sabouhei<sup>1</sup>, Akram Rostamipour<sup>2</sup>, Reza Tavakkol-Afshari<sup>3\*</sup>

Received: October 19, 2025

Accepted: December 20, 2025

### Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effect of seed coating on the germination characteristics of *Camelina sativa* cultivar Sohail under salt stress conditions during the years 2022 and 2023 at the Seed Laboratories of Ferdowsi University of Mashhad and Razavi Seed and Seedling Institute. The experiment was designed as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. The treatments included seed coating with humic acid, superabsorbent polymer (acrylic acid) liquid, micro-elements, gibberellic acid, and their various combinations, along with salt stress at four levels (0, 150, 180, 210 mM). Germination traits, including germination percentage, germination speed, root length, shoot length, and seedling dry weight, were evaluated. The results showed that seed coating treatments had a significant effect on seedling growth traits. The control treatment (without coating) showed the highest germination percentage (95.66%). The superabsorbent polymer treatment exhibited the highest root length (1.69 cm) and shoot length (1.02 cm), and compared to the micro-elements treatment, it resulted in a 94.59% increase in root length and a 50% increase in seedling dry weight. Under salt stress conditions, distilled water showed the highest germination percentage (93.42%) and root length (2.93 cm), while with increasing salt levels, especially at 210 mM, the germination percentage decreased to 40%. Overall, polymer coating and its combination with humic acid improved growth indices under salt stress and positively affected seed germination percentage.

**Keywords:** *Camelina sativa*; Germination; Salinity stress; Seed coating

### How to cite this article

Sabouhei, Z., Rostamipour, A. and Tavakkol-Afshari, R. 2025. The evaluation of seed coating on germination traits of *Camelina sativa* L. under saline stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 12(3): 43-52.

(In Persian)(Journal)

DOI: [10.22124/jms.2025.9415](https://doi.org/10.22124/jms.2025.9415)

### COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0)

License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. MSc student of Seed Science and Technology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [zeinabsaboohi13@gmail.com](mailto:zeinabsaboohi13@gmail.com)

2. PhD Graduate in Seed Science and Technology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [arostamipoor@yahoo.com](mailto:arostamipoor@yahoo.com)

3. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [tavakolafshari@um.ac.ir](mailto:tavakolafshari@um.ac.ir)

\*Corresponding author: [tavakolafshari@um.ac.ir](mailto:tavakolafshari@um.ac.ir)