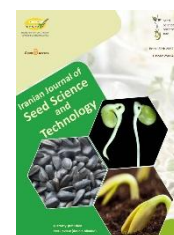




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Investigating the Interaction between Seed Coating and Salinity Stress on some Characteristics of Camelina (*Camelina sativa* L.) Seed Germination

Zeinab Saboohi¹, Reza Tavakol Afshari^{2*}, Ghorban Ali Asadi³

1. MSc. Garduate, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Article Information

Received: 31 Oct. 2023

Revised: 29 Jan. 2024

Accepted: 03 Feb. 2024

Keywords:

Seed coating,
Salinity stress,
Germination,
Camelina sativa.

Corresponding Author:

tavakolafshari@um.ac.ir

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of camellia seed coating on germination characteristics under salinity stress conditions. The experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design with three replications. Humic acid, polymer, micro elements, gibberellic acid, combination of humic acid with polymer, combination of humic acid and polymer and micro elements, combination of humic acid and polymer and Micro elements and gibberellic acid were used for coating. The stress levels were applied at four levels (0) control, 150, 180, 210 mM. The studied traits included seed germination percentage and seed rate, root and shoot length and dry weight of seedling. The results showed that the polymer coating, the combination of humic acid with polymer, gibberellic acid increased some of the different characteristics of germination in moderate and severe stress levels and were suitable for these stress levels. Polymer coating in salinity stress of 150 mM and 180mM increased seedling length (36.48%, 32.19%) and dry weight (80.95%, 75%) compared to control. Also, the combination of polymer coating with humic acid increased seedling length (34.35%, 28.45%) and seedling dry weight (69.23%, 87.50%) and gibberellic acid coating at 210 mM salinity stress compared to the control. It caused a 17.84% increase in seedling length and a 60.62% increase in dry matter. In general, polymer coating and polymer combination with humic acid and gibberellic acid in salinity stress of 150, 180 and 210 mM increased seedling length and dry weight compared to the (0) control.

How to cite this paper: Saboohi, Z., Tavakol Afshari, R., & Asadi, G.A. (2026). Investigating the interaction between seed coating and salinity stress on some characteristics of Camelina (*Camelina sativa* L.) seed germination. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 15 (3), 19-33. <https://doi.org/10.22092/ijst.2024.363957.1506>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Camelina (*Camelina sativa* L.) is an oilseed crop with potential for cultivation under diverse environmental conditions. However, salinity stress can adversely affect seed germination and early seedling establishment, which are critical stages in determining successful crop establishment. Excessive salt concentration reduces water availability to seeds, disrupts physiological processes, and consequently limits radicle and shoot growth. Therefore, improving seed performance under saline conditions is an important approach for enhancing crop establishment in salt-affected soils.

Seed coating is a practical technique that can improve the physiological and agronomic performance of seeds by placing beneficial materials around the seed surface. Depending on the coating material, this technique may improve water availability, nutrient supply, and early seedling development. Materials such as polymers, humic substances, micronutrients, and plant growth regulators can potentially enhance seed performance under environmental stresses. However, the effectiveness of these materials may vary according to the type and severity of stress.

The present study was therefore conducted to evaluate the effects of different seed coating treatments on the germination and early seedling growth of camelina under different levels of salinity stress. The main objective was to identify coating treatments that could improve seedling establishment and reduce the negative effects of salinity during the germination stage.

Materials and Methods

The experiment was conducted during 2022–2023 in the Seed Laboratories of Ferdowsi University of Mashhad and the Razavi Seed and Plant Institute. Camelina seeds of the Soheil cultivar (registration No. 17992), produced in 2022 by Biston Shafa Kermanshah Knowledge-Based Company, were used in the experiment.

The experiment was arranged as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Before applying the coating treatments, the seeds were pelleted using kaolin and the fungicide carboxin-thiram. Polyvinyl alcohol (PVA) and polyvinylpyrrolidone (PVP) were used as adhesives. Different seed coating treatments were then applied, including humic acid, polymer, micronutrients (Zn, Cu, and Mn), gibberellic acid (GA₃), humic acid + polymer, humic acid + polymer + micronutrients, and humic acid + polymer + micronutrients + gibberellic acid. The coating solution was applied at a rate of 70 mL kg⁻¹ seed using a rotary seed coater. Uncoated seeds, disinfected with 3% sodium hypochlorite, were considered as the control treatment.

To evaluate seed performance under salinity stress, NaCl solutions with concentrations of 0, 150, 180, and 210 mM were used. Fifty seeds were placed in each 15-cm Petri dish containing filter paper. The dishes were transferred to a germinator maintained at 20°C for 16 h under

darkness and 30°C for 8 h under light. The experiment continued for seven days, and germination was recorded every 24 h.

The evaluated traits included germination percentage, mean germination time, radicle length, shoot length, total seedling length, and seedling dry weight. Statistical analysis was performed using SAS 9.4 software, and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results demonstrated that salinity stress significantly affected seed germination and early seedling growth. Increasing salinity generally delayed germination and reduced seedling development. The mean total seedling length decreased from 4.942 cm under non-saline conditions to 1.209, 0.779, and 0.835 cm at 150, 180, and 210 mM NaCl, respectively. Similarly, seedling dry weight decreased from 0.014 g under control conditions to 0.008, 0.004, and 0.007 g at 150, 180, and 210 mM NaCl, respectively. Mean germination time also increased with increasing salinity, indicating that salt stress delayed the germination process.

The coating treatments produced different responses under saline conditions. Although the uncoated control generally showed the highest final germination percentage, with an average of approximately 95.67%, this did not necessarily correspond to superior seedling growth under salinity. The polymer treatment had an average germination percentage of approximately 87.83%, while gibberellic acid resulted in approximately 81.00%. These results indicate that evaluation of coating effectiveness based solely on final germination percentage may not adequately describe seed performance under stress conditions.

Among the tested treatments, polymer coating showed a particularly positive effect on seedling growth. The mean seedling length under polymer treatment reached 2.829 cm, compared with 2.562 cm for the uncoated control. Polymer coating also increased seedling dry weight, reaching approximately 0.014 g compared with 0.006 g in the control treatment. Under 150 and 180 mM NaCl, polymer treatment increased seedling length by 36.48% and 32.19%, respectively, compared with the uncoated seeds. Seedling dry weight also increased by 80.95% and 75% at these two salinity levels.

The combination of humic acid and polymer also improved seedling performance under saline conditions. Compared with the control, this treatment increased seedling length by 34.35% and 28.45% at 150 and 180 mM NaCl, respectively. In addition, seedling dry weight increased by 69.23% and 87.50% at the same salinity levels. The improved performance associated with polymer and humic acid treatments may be related to their effects on moisture retention and the availability of nutrients around the seed during the early stages of growth. At the highest salinity level tested (210 mM NaCl), gibberellic acid showed a comparatively better response. Under this condition, GA₃ increased seedling length by

17.84% and seedling dry matter by 60.62% compared with the control. The positive effect of gibberellic acid may be associated with its role in promoting germination and early seedling growth. In contrast, micronutrient coating alone showed poor performance under saline conditions, and in some treatments no radicle growth was observed.

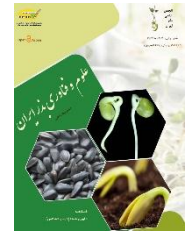
Overall, the findings indicate that the response of camelina seeds to coating treatments depended strongly on salinity level. The beneficial effect of a coating material was therefore not constant across all stress levels. Polymer was particularly effective at moderate salinity levels of 150 and 180 mM NaCl, while gibberellic acid showed a more favorable response at the highest salinity level of 210 mM. The results also demonstrate that seedling growth parameters, particularly seedling length and dry weight, can provide important information about the effectiveness of seed coating treatments that may not be reflected in final germination percentage.

Conclusion

Salinity stress negatively affected germination and early seedling growth of camelina by delaying germination and reducing seedling length and dry weight. However, appropriate seed coating treatments were able to alleviate some of these adverse effects. Among the treatments evaluated, polymer coating showed the most consistent positive effect, particularly at 150 and 180 mM NaCl. The combination of humic acid and polymer also improved seedling growth and dry weight under moderate salinity. At 210 mM NaCl, gibberellic acid was comparatively more effective in improving seedling length and dry matter. In contrast, micronutrient coating alone was not suitable for improving camelina performance under the saline conditions tested. Therefore, polymer, humic acid + polymer, and gibberellic acid can be considered promising seed coating treatments for improving camelina seedling performance under salinity stress, although their effectiveness depends on the severity of salinity.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی برهمکنش پوشش بذر و تنش شوری بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذر کاملینا (*Camelina sativa* L.)

زینب صبوحي^۱، رضا توکل افشاری^{۲*}، قربانعلی اسدی^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. دانشیار، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

واژه‌های کلیدی:

پوشش بذر،

تنش شوری،

جوانه‌زنی،

کاملینا.

نویسنده مسئول:

tavakolafshari@um.ac.ir

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر پوشش دار کردن بذر کاملینا بر خصوصیات جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. اسید هیومیک، پلیمر، عناصر میکرو، جیبرلیک اسید، ترکیب اسید هیومیک با پلیمر، ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو، ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید برای پوشش مورد استفاده قرار گرفت. سطوح تنش در چهار سطح (صفر) شاهد، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰ میلی‌مولار اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول و وزن خشک گیاهچه در آزمایشگاه بودند. نتایج نشان داد که پوشش پلیمر، ترکیب اسید هیومیک با پلیمر، جیبرلیک اسید در سطوح تنش متوسط و شدید برخی از خصوصیات مختلف جوانه‌زنی را افزایش داده و برای این سطوح تنش مناسب بودند. پوشش پلیمر در تنش شوری ۱۵۰ و ۱۸۰ باعث افزایش طول گیاهچه (۳۶/۴۸) درصد، ۳۲/۱۹ درصد و وزن خشک (۸۰/۹۵) درصد، ۷۵ درصد) نسبت به شاهد شد و همچنین ترکیب پوشش پلیمر با اسید هیومیک سبب افزایش طول گیاهچه (۳۴/۳۵) درصد، ۲۸/۴۵ درصد و وزن خشک گیاهچه (۶۹/۲۳) درصد، ۸۷/۵۰ درصد) شد و پوشش جیبرلیک اسید در تنش شوری ۲۱۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۷/۸۴ درصدی طول گیاهچه و افزایش ۶۰/۶۲ درصدی ماده خشک شد. به طور کلی پوشش پلیمر و ترکیب پلیمر با اسید هیومیک و جیبرلیک اسید در تنش شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار، باعث افزایش طول گیاهچه و وزن خشک نسبت به شاهد شد.

نحوه استناد به این مقاله:

Saboochi, Z., Tavakol Afshari, R., & Asadi, G.A. (2026). Investigating the interaction between seed coating and salinity stress on some characteristics of *Camelina* (*Camelina sativa* L.) seed germination. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 15 (3), 19-33. <https://doi.org/10.22092/ijss.2024.363957.1506>

مقدمه

کاملینا با نام علمی *Camelina sativa* L. یک محصول دانه روغنی از تیره Brassicaceae که بومی مناطق مدیترانه ای اروپا و آسیا است و با ویژگی های متعددی که دارد امکان کشت در مناطق مختلف ایران را فراهم کرده است (Bakhshi et al., 2021). گیاه کاملینا که به عنوان کتان کاذب یا وحشی نیز شناخته می شود، طبق شواهد باستان شناسی به عنوان منبع روغن برای غذا، روشنایی و به خوراک دام کشت شده است (Lohaus et al., 2019). کاملینا به طور کلی به عنوان یک محصول روغنی تابستانه کشت می شود، اما می توان آن را به عنوان یک محصول زمستانه در آب و هوای معتدل تر کشت کرد. این محصول بین ۸۵ تا ۱۰۰ روز بالغ می شود (Ehrensinn, 2008). مطالعات انجام شده در کانادا و ایالات متحده گزارش داد که تا آنجایی که به عملکرد مربوط می شود، کاملینا می تواند به دلیل تحمل بهتر سرما، گرما و خشکسالی و حساسیت کمتر به بیماری ها و آفات نسبت به کلزا (*Brassica napus* L.) و سایر چلیپائی ها، رقابت کند (Čanak et al., 2022).

یکی از مشکلات گیاه کاملینا استقرار ضعیف گیاهچه تحت تاثیر تنش های محیطی نظیر شوری است که می تواند به عملکرد تاثیر منفی وارد کند و همچنین بذور کاملینا اندازه بسیار کوچکی دارند و بتارو و ویرا (Beltrão & Vieira., 2001) در سال ۲۰۰۱ گزارش نمودند که یکی از موانع در کشت مکانیکی بذرهایی با اندازه کوچک، وزن سبک و شکل نامنظم هستند.

جوانه زنی بذر، اولین مرحله از رشد و نمو گیاه است. جوانه زنی بذر، اولین مرحله از رشد و نمو گیاه است. یکی از معضلات گیاهان زراعی در مناطق مختلف اختلال در جوانه زنی بذر و نبود استقرار خوب گیاهچه می باشد که این مشکلات تحت تاثیر کیفیت بذر و همچنین شرایط محیطی مورد نیاز برای جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه است. خلوص فیزیکی، اندازه بذر، درصد و سرعت جوانه زنی بذر، سلامت بذر، سن بذر از شاخص های مهم و مؤثر بر کیفیت بذر می باشند (Kameswara Rao et al., 2017). بذرهایی با کیفیت بالا قادر هستند در مواجهه با تنش های محیطی، درصد و سرعت جوانه زنی بالاتری داشته، گیاهچه های قوی تری

تولید کرده و در نتیجه مقابل شرایط نامساعد محیطی موفق تر عمل نمایند (Srivastava et al., 2021).

تنش شوری یک نگرانی عمده زیست محیطی در مناطق خشک، نیمه خشک و ساحلی است. اولین اثرات منفی تنش شوری در مرحله جوانه زنی بذر دیده می شود (Suganya et al., 2020)، که منجر به کاهش جذب آب توسط بذر، تاثیر گذاری بر پروتئین ها و کاهش انتقال مواد ذخیره ای می شود (Joy et al., 2015; Rengel., 2015). گیاهانی که در غلظت های بالا نمک رشد می کنند، نسبت به تنش شوری متحمل تر هستند (Gangloff et al., 2006). این مقاومت با توجه به گونه های گیاهی و شرایط محیطی متفاوت است (Alloway et al., 2009). مورالس و همکاران (Morales et al., 2017) به این نتیجه رسیدند که کاملینا در سطوح شوری بالا هم رشد می کند، اما حیدریان و همکاران (Heydarian et al., 2018) اذعان داشتند که شوری باعث کاهش قابل توجه ویژگی های رشد و فعالیت فتوسنتزی گیاهان کاملینا می شود و همچنین استپوهن و همکارانش (Steppuhn et al., 2010) به این نتیجه رسیدند که غلظت بالای نمک نیز با کاهش درصد سبز شدن^۱ و ویژگی های رشد باعث کاهش عملکرد کاملینا می شود. شوری خاک دسترسی به آب را کاهش می دهد و باعث سمیت یونی و تنش اسمزی می شود (Ashraf et al., 2007; Tester & Davenport., 2003) که منجر به کاهش رشد و نمو گیاه می شود.

پوشش دهی بذر نوعی فن آوری است که به طور گسترده توسط تولید کنندگان برای افزایش، استاندارد سازی و بهبود شرایط جوانه زنی بذر استفاده می شود (Melo et al., 2019). تنش های غیرزیستی تأثیر مخربی بر جوانه زنی و استقرار دارند و ممکن است در اثر تنش خشکی یا تنش شوری ایجاد شوند (Afzal et al., 2020). پوشش های شیمیایی و بیولوژیکی بذر پتانسیل بهبود تاثیر مضر تنش غیرزیستی گذرا را دارند (Chandrika., 2019; Sharma et al., 2015). پلیمرهای سوپر جاذب (SAPs) پلیمرهای آبدوست هستند که می توانند بیش از صد برابر وزن خود آب جذب کنند و سابقه طولانی استفاده در کشاورزی دارند (Quastel et al., 1953). پلیمرهای سوپر جاذب

1. Emergence

انجام دادند که نشان می‌دهد به طور کلی، توانایی *C. sativa* در جوانه‌زنی، بقای گیاهچه و عملکرد کلی به دلیل اثر شوری تحت تأثیر قرار گرفت. بذرهای پوشش داده شده با گچ بهترین نتایج را برای جوانه زنی و قدرت نشان می‌دهند و به دنبال آن کائولن و بنتونیت قرار می‌گیرند (Melo et al., 2019). دنگ و همکاران (Deng et al., 2022) بر روی گیاه سویا کار کردند و نتیجه‌گیری کردند که محلول پاشی مس سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. پوشش پلیمر بهترین تیمار برای تأخیر در جوانه‌زنی گلرنگ در شرایط کنترل شده است و پوشش بذر می‌تواند به بذر در خاک کمک کند، در زمستان که شرایط جوانه‌زنی مناسب نیست، تا بهار که بذرهای باید جوانه بزنند تا توده‌های زراعی ایجاد شود (Dizaj, 2010).

هدف از این مطالعه مقایسه اثر بخشی پوشش‌های مختلف بذر بر افزایش تحمل به تنش شوری کاملینا در مرحله جوانه‌زنی می‌باشد.

مواد و روش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار جهت بررسی تأثیر پلت و پوشش بذر بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر کاملینا در شرایط تنش شوری در آزمایشگاه‌های بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و موسسه بذر و نهال رضوی در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد. بذرهای کاملینا رقم سهیل با شماره ثبت ۱۷۹۹۲ و تاریخ تولید ۱۴۰۱ از شرکت دانش بنیان بیستون شفا کرمانشاه تهیه شد. ابتدا بذرهای با استفاده از کائولن و قارچ کش کربوکسین تیرام ۴۰ درصد با استفاده از چسب پلی وینیل الکل با غلظت ۷۵ درصد و پلی وینیل پیرولیدون با غلظت ۲۵ درصد پلت شد و به جهت حساسیت بذر به دمای بالا، دما بر روی ۲۶ درجه سانتی‌گراد تنظیم و بر اساس جریان هوا بذرهای در دستگاه خشک کن ویژه بذر به مدت ۱۲ ساعت قرار گرفت و بعد از خشک شدن بذرهای، بذرهای پلت شده با اسید هیومیک (۱)، پلیمر (۲)، عناصر میکرو (روی، مس، منگنز) (۳)، جیبرلیک اسید (۴)، ترکیب اسید هیومیک با پلیمر (۵)، ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو (۶) و ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید (۷) که همه

باعث طولانی‌تر شدن فصل رشدی گیاهان زراعی در شرایط دیم شده و به عبارتی اثر منفی خشکی را به تأخیر می‌اندازد (Tohidi-Moghadam et al., 2009). پلیمر سوپر جاذب راندمان مصرف آب در شرایط زراعی را افزایش داده و اثرات بحرانی کمبود آب در شرایط خشک و نیمه‌خشک را کاهش می‌دهد (Shaekari et al., 2015). تنش شوری در دسترس بودن آب خاک را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش یون سدیم در خاک می‌شود و تیمارهای بیولوژیکی بذر ممکن است تا حدی تأثیر مضر شوری بر رشد گیاه را بهبود بخشد (Afzal et al., 2020). کائولن در پوشش بذر برای بهبود و افزایش اندازه بذر استفاده می‌شود و بذر را در برابر شرایط نامساعد محیطی و تنش‌ها حفظ می‌کند و جوانه زنی را ممکن می‌سازد (Zali-Asl., 2020). اسید هیومیک یک جاذب رطوبت است و از مزایای آن می‌توان به، بهبود توانایی خاک در حفظ رطوبت، افزایش ظرفیت نگهداری مواد مغذی، کمک به ساختمان خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید اشاره کرد (Delgado et al., 2002; Guppy et al., 2005). پوشش پلیمری، آبدوست بوده و مانع از جوانه‌زنی بذر نمی‌شود (Khakzad-Esfahlan et al., 2013) و باعث می‌شود انواع سموم حشره‌کش و قارچ‌کش به سطح خارجی بذر بچسبد و طی مراحل اولیه رشد، گیاهچه‌ها از گزند آفات و بیماری‌های اول فصل در امان باشد (Devay et al., 1991).

افزایش کیفیت بذر از طریق پوشش بذر با عناصر میکرو برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌تواند استفاده شود (Amirkhani et al., 2016). در پوشش بذر بیشتر از ریز مغذی‌هایی مانند مس (John et al., 2005)، منگنز (Mohanraj et al., 2022) و روی (Adhikari et al., 2016; De-Oliveira et al., 2014) استفاده کرده‌اند، زیرا این پوشش‌ها، کمبود خاک را برای این عناصر کم مصرف و نایاب را جبران کرده و کیفیت بذر را بهبود می‌بخشد (Farogh et al., 2012)، جیبرلیک اسید به عنوان یک هورمون حیاتی در تنظیم جوانه‌زنی بذر شناخته شده است (Holdsworth et al., 2008; Li et al., 2010) و باعث افزایش وزن خشک ریشه و شاخص‌های مهم جوانه‌زنی می‌شود (Farzaneh et al., 2021).

یوهانس و همکاران (Yohannes et al., 2020) آزمایشی

مواد به صورت پودری بودند و برای پوشش مطلوب یک کلیوگرم بذر کاملینا محلولی با حجم ۷۰ سی سی شامل مواد پوشش و چسب‌های ذکر شده آماده و داخل دستگاه به بذرهای پلت شده اضافه شد و توسط دستگاه کوتینگ (Rotary seed coater) پوشش دار شدند (جدول ۱). بذرهای بدون پوشش با هیپوکلریت ۳ درصد ضد عفونی شد. مرحله بعد در پتری‌هایی به قطر ۱۵ سانتی متر تعداد ۵۰ عدد بذرهای پوشش دار شده و بدون پوشش با سایز ۱ تا ۳ میلی متر، روی کاغذ صافی قرار داده شد. جهت ایجاد شرایط تنش شوری، ۸ میلی لیتر محلول با غلظت صفر (شاهد)، ۱۵۰ میلی مولار، ۱۸۰ میلی مولار و ۲۱۰ میلی مولار از سدیم کلرید به هر پتری اضافه شد (برای جلوگیری از تبخیر شدن آب پتری از پارافیلیم استفاده شد) و طی ۷ روز درون ژرمیناتور ۱۶ ساعت دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در تاریکی و ۸ ساعت دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و در روشنایی انجام شد (ISTA, 2008) به دلیل عدم ایجاد تغییر در تعداد بذرهای جوانه زده، پس از چهار شمارش متوالی برای بذرهای بدون پوشش و ۵ شمارش متوالی برای بذرهای پوشش دار شده در طی

یک هفته پس از آغاز آزمایش، نهایتاً در روز هفتم، آزمایش خاتمه یافت. هر روز (هر ۲۴ ساعت یکبار) تعداد بذرهای جوانه زده شمارش شد. صفات مورد اندازه گیری شامل درصد جوانه زنی با استفاده از رابطه ۱ (n : تعداد بذور جوانه زده، N : تعداد کل بذر جوانه زده و GP: درصد جوانه زنی) (Azadbakht et al., 2017)، میانگین زمان جوانه زنی با استفاده از رابطه ۲ (n_i : تعداد بذرهای جوانه زده در روز i ام، d_i : روز i ام پس از آغاز آزمون و i روز اول، دوم، سوم تا روز هفتم پس از آغاز آزمون می‌باشد) (Ellis & Roberts, 1980)، طول ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه بود.

$$GP = \left(\frac{n}{N} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$MGT = \frac{\sum d_i \times n_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

نتایج بدست آمده در آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین آزمون مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱- مواد مورد استفاده جهت ترکیبات مختلف پوشش دهی بذر کاملینا

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

ماده مصرفی Consumables	نام تجاری Brand	مقدار مصرفی (کیلوگرم بذر) Consumption amount (kg of seed)	برند Brand
قارچ کش Fungicides	کربوکسین تیرام Carboxin thiram	۲.۵ گرم 2.5 gr	کاوش Kavoosh
کائولن Kaolin	کائولن Kaolin	۱۰ گرم 10 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich
هیومیک اسید Humic acid	هیومیک اسید پودری خالص Pure powdered humic acid	۱۲ گرم 12 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich
پلیمر Polymer	AB۲۰۰-C	۱۰ گرم 10 gr	پتروشیمی پارس P.P.C
روی Zn	روی Zinc	۴.۵ گرم 4.5 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich
مس Cu	مس Copper	۴.۵ گرم 4.5 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich
منگنز Mn	منگنز Manganese	۴.۵ گرم 4.5 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich
جیبرلیک اسید (C ₁₉ H ₂₂ O ₆) Gibberellic acid	جیبرلیک اسید Gibberellic acid	۱.۲ گرم 1.2 gr	سیگما آلدريج Sigma-Aldrich

نتایج

شاخص‌های اندازه‌گیری شده در ارتباط با تیمارهای آزمایش در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین در جدول ۲ و ۳ اثر پوشش بر روی شاخص درصد جوانه‌زنی نیز در سطح ۵ درصد نتایج معنی‌داری بود (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار شاهد دارای بیشترین و تیمار ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین دو تیمار پلیمر و جیبرلیک اسید و پلیمر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی، به ترتیب تیمار شاهد، اسید هیومیک، پلیمر درصد جوانه‌زنی بالایی داشتند. به عنوان نمونه تیمار پلیمر نسبت به تیمار عناصر میکرو سبب افزایش شاخص درصد جوانه‌زنی تا ۲۴/۱ درصد شد و همچنین نسبت به شاهد ۸/۱۸ درصد کاهش یافت. این شاخص نیز به ترتیب در شاهد و سپس در شوری ۱۵۰ و سپس در شوری ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را دارد (جدول ۳).

اثر پوشش بر روی شاخص میانگین زمان جوانه‌زنی نیز نتایج معنی‌داری در سطح ۵ درصد به همراه داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، شاهد دارای بیشترین و تیمار ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین همه تیمار هیومیک اسید و پلیمر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به عنوان نمونه تیمار پلیمر نسبت به شاهد ۲۱/۱۳ درصد کاهش پیدا کرد. این شاخص به ترتیب در آب مقطر و سپس در شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را دارد (جدول ۳).

اثر پوشش بذری بر روی شاخص طول ساقچه نتایج معنی‌داری در سطح ۵ درصد به همراه داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار ترکیب اسید هیومیک با پلیمر دارای بیشترین و تیمار عناصر میکرو دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین دو تیمار اسید هیومیک، پلیمر و جیبرلیک اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به ترتیب تیمار ترکیب پلیمر با اسید هیومیک، اسید هیومیک، پلیمر و جیبرلیک اسید دارای بیشترین مقدار بودند. به عنوان نمونه تیمار ترکیب پلیمر با اسید هیومیک نسبت به تیمار عناصر میکرو سبب افزایش شاخص طول ساقچه تا ۷۲/۶۲ درصد شد و همچنین نسبت به تیمار شاهد ۲۶/۹۲ درصد افزایش یافت.

این شاخص به ترتیب در آب مقطر و سپس در شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و سپس در شوری ۲۱۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را دارد (جدول ۳).

اثر پوشش بر روی شاخص طول ریشه‌چه نیز نتایج معنی‌داری در سطح ۵ درصد به همراه داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار پلیمر دارای بیشترین و تیمار عناصر میکرو دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین دو تیمار پلیمر و جیبرلیک اسید و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به ترتیب تیمار پلیمر، جیبرلیک اسید و شاهد دارای بیشترین مقدار بودند. به عنوان نمونه تیمار پلیمر نسبت به تیمار عناصر میکرو سبب افزایش شاخص طول ریشه‌چه تا ۹۴/۵۲ درصد شد و همچنین نسبت به تیمار شاهد ۳/۸۳ درصد افزایش یافت. این شاخص به ترتیب در آب مقطر و سپس در شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را دارد و همچنین در شوری ۱۸۰ و ۲۱۰ میکرو مولار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

اثر پوشش بر روی شاخص طول گیاهچه نیز نتایج معنی‌داری در سطح ۵ درصد به همراه داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار پلیمر دارای بیشترین و تیمار عناصر میکرو دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین دو تیمار پلیمر و جیبرلیک اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و به ترتیب تیمار پلیمر و جیبرلیک اسید دارای بهترین تاثیر بودند. به عنوان نمونه تیمار پلیمر نسبت به تیمار عناصر میکرو سبب افزایش شاخص طول گیاهچه تا ۸۵/۷۹ درصد شد و همچنین نسبت به شاهد ۹/۴۳ درصد افزایش یافت. این شاخص به ترتیب در آب مقطر و سپس در شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را دارد (جدول ۳).

اثر پوشش بر روی شاخص وزن خشک گیاهچه نیز نتایج معنی‌داری در سطح ۵ درصد به همراه داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار پلیمر دارای بیشترین و تیمار ترکیب اسید هیومیک با پلیمر و عناصر میکرو دارای کمترین مقدار بود و همچنین بین دو تیمار پلیمر و ترکیب اسید هیومیک با پلیمر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و به ترتیب تیمار پلیمر و ترکیب اسید هیومیک با پلیمر دارای بهترین تاثیر بودند. به عنوان نمونه تیمار پلیمر نسبت به عناصر میکرو سبب افزایش شاخص وزن خشک گیاهچه تا ۷۸/۵۷ درصد شد و همچنین نسبت به تیمار

شاهد ۵۷/۱۴ درصد افزایش یافت. این شاخص به ترتیب در آب مقدار را دارد و همچنین در شوری ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار اختلاف مقطر و سپس در شوری ۱۵۰، ۲۱۰ و ۱۸۰ میکرو مولار بیشترین معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس اثر انواع پوشش بذر بر صفات جوانه زنی بذر کاملینا

Table 2- Analysis of variance (ANOVA) of the seed coatings on germination traits of camelina seed

	طول ساقه‌چه Shoot Length (cm)	طول ریشه‌چه Radicle Length (cm)	طول گیاه‌چه Seedling Length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	میانگین زمان جوانه‌زنی M.G.T	وزن خشک گیاه‌چه Seedling Dry Weight (g)
پوشش Coating	0.808**	6.820**	11.419**	2622.470**	4.552**	0.0002**
تنش شوری Salinity	13.933**	37.432**	96.963**	3379.042**	4.628**	0.0004**
شوری*شاهد C.S	0.207**	2.664**	3.979**	154.375**	0.194**	0.00004**
ضریب تغییرات CV	11.165	9.461	8.478	8.159	8.046	13.903

* ** معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد.

* ** significant at the 5% level of probability.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر انواع پوشش بذر بر صفات جوانه زنی بذر کاملینا

Table 3- Mean comparison of some seed germination and early seedling growth characteristics of camelina seed

تیمارهای پوشش بذر Seed Coating Treatment	طول ساقه‌چه Shoot Length (cm)	طول ریشه‌چه Radicle (cm)	طول گیاه‌چه Seedling Length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	میانگین زمان جوانه‌زنی M.G.T	وزن خشک گیاه‌چه Seedling Dry Weight (g)
شاهد Control (a)	0.806 c	1.756 a	2.562 c	95.667 a	1.287 g	0.006 d
هیومیک اسید (Humic acid) (b)	0.959 b	1.313 c	2.272 c	89.167 b	1.663 e	0.009 d
پلیمر (Polymer) (c)	1.004 b	1.826 a	2.829 a	87.833 b	1.632 e	0.014 a
عناصر میکرو (Micro elements) (d)	0.302 e	0.100 e	0.402 e	66.667d	1.465 f	0.003 e
جیبرلیک اسید (Gibberellic acid) (e)	1.015 b	1.807a	2.823 a	81.000 c	1.932 d	0.012 b
(b+c)	1.103 a	1.531b	2.633 b	76.167 c	2.166 c	0.013 a
(b+c+d)	0.649 d	0.325 d	0.974 d	64.000 d	2.794 b	0.003 e
(b+c+d+e)	0.769 c	0.268 d	1.037 d	52.000 e	2.975 a	0.006 d
LSD	0.075	0.086	0.134	5.098	0.131	0.001
شوری Salinity						
(شاهد) Control (1)	1.959 a	2.984 a	4.942 a	93.417 a	1.499 d	0.014 a
150 (2)	0.588 b	0.621 b	1.209 b	76.167 b	1.772 c	0.008 b
180 (3)	0.367 c	0.412 c	0.779 c	69.500 c	2.202 b	0.004 c
210 (4)	0.389 c	0.447 c	0.835 c	67.167 c	2.485 a	0.007 c
LSD	0.053	0.061	0.095	3.605	0.092	0.001

* ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

*Treatments with the same letter don not have significant differences.

جدول ۴- میانگین اثر متقابل تیمارها بر صفات جوانه‌زنی بذر کاملینا

Table 4- Mean comparisons of the treatments interaction on camelina seeds germination characteristics of camelina seed

سطوح مختلف تنش شوری Level of Salt Stress	تیمارهای پوشش بذر Seed Coating Treatment	طول ساقچه Shoot Length (cm)	طول ریشه‌چه Radicle (cm)	طول گیاه‌چه Seedling Length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	میانگین زمان جوانه‌زنی M.G.T	وزن خشک گیاه‌چه Seedling Dry Weight (g)
شاهد control	1	2.349 b	3.264 e	5.613 c	98.667 a	1.128 ij	0.0177 c
	2	2.409 b	4.987 b	7.397 a	98.667 a	1.195 hij	0.0197 b
	3	1.207 e	0.401 mno	1.608 efg	93.333 abc	1.284 hij	0.0137 efg
	4	2.405 b	4.777 c	7.183 a	98.667 a	1.242 hij	0.0160 cd
	5	2.633 a	4.035 d	6.667 b	96.000 a	1.646 fg	0.0170 c
	6	1.345 de	0.575 klm	1.920 d	85.333 bcdef	2.173 e	0.0067 ijk
	7	1.368 d	0.519 klm	1.887 d	77.333 fghi	2.313 de	0.0103 h
	8	1.954 c	5.314 a	7.268 a	99.333 a	1.013 j	0.0120 gh
150	1	0.618 hijk	0.878 gh	1.496 fgh	82.667 defg	1.287 hi	0.0080 i
	2	0.708 gh	1.110 f	1.817 de	90.667 abcde	1.348 hi	0.0217 a
	3	0.000 p	0.000 q	0.000 r	61.333 klm	1.421 gh	0.000 r
	4	0.504 ijklm	0.863 gh	1.367 ghij	81.333 efg	1.765 f	0.0060 jkl
	5	0.801 g	0.957 fg	1.758 def	72.667 ghij	2.157 e	0.0133 efg
	6	0.627 hij	0.255 op	0.882 mno	70.000 hijk	2.762 c	0.0033 nop
	7	0.962 f	0.234 op	1.196 ijkl	56.000 lmn	2.352 de	0.0077 ij
	8	0.488 jklm	0.668 ijk	1.154 jkl	94.667 ab	1.083 ij	0.0047 lmn
180	1	0.390 lmno	0.542 klm	0.931 lmno	82.667 defg	2.107 e	0.0030 nopq
	2	0.519 ijklm	0.627 jkl	1.146 jklm	83.333 cdef	1.654 fg	0.004 mno
	3	0.000 p	0.000 q	0.000 r	56.000 lmn	1.407 gh	0.000 r
	4	0.643 hi	0.820 ghi	1.463 ghi	76.667 fghi	2.273 de	0.0143 def
	5	0.528 ijkl	0.559 klm	1.086 klm	70.667 hijk	2.360 de	0.0080 i
	6	0.250 o	0.183 p	0.432 pq	53.333 mn	2.739 c	0.0007 r
	7	0.285 o	0.110 pq	0.396 q	40.000 op	3.789 a	0.0013 qr
	8	0.324 no	0.453 lmn	0.777 no	93.333 abc	1.284 hij	0.0017 pqr
210	1	0.478 klm	0.569 klm	1.047 klm	92.667 abcd	2.130 e	0.0053 klm
	2	0.380 lmno	0.579 klm	0.959 lmn	78.667 fgh	2.331 de	0.0107 h
	3	0.00 p	0.000 q	0.000 r	59.333 lmn	1.750 f	0.000 r
	4	0.509 ijklm	0.769 hij	1.278 hijk	67.333 ijk	2.450 d	0.0127 fg
	5	0.448 lmn	0.571 klm	1.019 klmn	65.333 jkl	2.502 cd	0.0147 de
	6	0.375lmno	0.288 nop	0.663 opq	47.333 no	3.502 b	0.0027 opq
	7	0.459 lmn	0.208 p	0.668 op	34.667 p	3.447 b	0.0047 lmn
	8	0.459 lmn	0.591 jkl	1.050 klm	95.333 ab	1.770 f	0.0053 klm
LSD		0.149	0.1796	0.2701	10.033	0.2725	0.0019

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

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

میکرو، ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید می‌باشد. شاخص سرعت جوانه‌زنی با اندازه‌گیری اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح تنش به ترتیب، تیمار شاهد، اسید هیومیک، پلیمر، جیبرلیک اسید، عناصر میکرو و ترکیب هیومیک با پلیمر در حالت بدون تنش بهتر بوده اما در سطح تنش ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پوشش‌های ترکیب اسید

با توجه به میانگین اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح تنش بذر کاملینا مطابق جدول ۴، درصد جوانه‌زنی، به ترتیب تیمار بدون پوشش، اسید هیومیک، پلیمر، جیبرلیک اسید و ترکیب هیومیک اسید با پلیمر در حالت بدون تنش بهتر بوده و در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با اختلاف ۴ درصد شاهد جوانه‌زنی بهتری نسبت به تیمار پلیمر داشته اما در سطح تنش ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به پوشش‌های عناصر

۱۵۰ میلی مولار به ترتیب پوشش پلیمر و ترکیب هیومیک اسید با پلیمر پوشش برتر می باشد و در تنش ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار به ترتیب پوشش پلیمر و جیبرلیک اسید نسبت به شاهد بهتر عمل کرده است. همچنین پوشش عناصر میکرو در این سطح تنش ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار اصلاً مناسب نیست (جدول ۴).

بحث

در این آزمایش بذر بدون پوشش درصد و سرعت جوانه زنی بالاتری نسبت به بقیه تیمارهای پوشش داشت که می تواند علت این اتفاق به دلیل پلت کردن و پوشش دار کردن بذر می باشد اما در سایر پارامترها مانند طول گیاهچه و وزن خشک، تیمارهای برتر (پلیمر، ترکیب اسید هیومیک با پلیمر)، نسبت به شاهد در تنش شوری ۱۸۰ میلی مولار به ترتیب باعث افزایش ۳۲/۱۹ و ۷۵، ۲۸/۴۵ و ۸۷/۵۰ درصد شد که ورما و همکارانش و همچنین کیم و همکارانش نتیجه گرفتند، به ترتیب پوشش پلیمری و سرباره آهن تاثیر مثبتی بر جوانه زنی دانه سویا و عملکرد آن دارد (Kim et al., 2022; Verma & Verma., 2014).

پوشش جیبرلیک اسید در تنش ۲۱۰ میلی مولار نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۷/۸۴ درصدی طول گیاهچه و افزایش ۶۰/۶۲ درصدی ماده خشک شد، که موثرترین پوشش در سطوح شوری بالا در این آزمایش با توجه به جدول ۴ پوشش پلیمر و ترکیب اسید هیومیک با پلیمر و جیبرلیک اسید می باشد که جارکی و همکاران (Jarecki et al., 2021) آزمایشی انجام دادند که پوشش دهی بذر چغندر قند با هورمون های گیاهی (اتیلن، جیبرلیک اسید، اسید سالسیلیک) باعث بهبود سرعت و درصد جوانه زنی می شود (Mahdavi., 2014).

همچنین طبق نتایج حمدی و همکاران (Hamdi et al., 2015) مشخص گردید که پوشش پلیمر به میزان یک تا ۱/۵ گرم به ازای ۱۰۰ گرم بذر، جهت افزایش بینه بذر چغندر قند در پروسه فرآوری نتیجه مطلوب دارد. بر اساس نتایج سرخوش و همکاران (Sarkhosh et al., 2022) اکسید روی را می توان به عنوان نانوکود در غلظت های بهینه حدود ۱ تا ۱۰ ppm برای کاملینا استفاده کرد که تاثیر مثبتی بر روی رشد ریشه، شاخص بینه

هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و عناصر میکرو و جیبرلیک اسید می باشد (جدول ۴).

در شاخص وزن خشک با اندازه گیری اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح تنش، پوشش پلیمر در آب مقطر نسبت به شاهد بهتر بوده و در تنش ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار نیز بهترین پوشش می باشد و در آب مقطر، تنش ۱۵۰ و ۲۱۰ میلی مولار ترکیب پوشش اسید هیومیک و پلیمر نیز پاسخ بهتری نسبت به شاهد داده است و همچنین پوشش عناصر میکرو در سطوح تنش ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار مناسب نبود (جدول ۴).

تیمار بدون پوشش درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بهتری را داشته است اما در سایر خصوصیات عملکرد لازم را نداشته است. برای صفت وزن خشک بذرهایی که با پلیمر پوشش داده شدند، در تنش های بالا مانند ۲۱۰ میلی مولار نسبت به شاهد ماده خشک بیشتری تولید کرد (جدول ۴).

در صفت طول ساقه چه با اندازه گیری اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح شوری، نتیجه این شد که به ترتیب پوشش ترکیب اسید هیومیک با پلیمر و پوشش پلیمر در سطح بدون تنش و تنش ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰ میلی مولار بهترین طول ساقه چه نسبت به شاهد را به خود اختصاص داده است و این دو پوشش برای این سطوح تنش بسیار مناسب است و ضعیف ترین پوشش، عناصر میکرو در تنش ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰ میلی مولار می باشد و همچنین پوشش عناصر میکرو برای این سطوح تنش اصلاً مناسب نیست (جدول ۴).

در صفت طول ریشه چه با اندازه گیری اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح تنش، به ترتیب تیمار پوشش پلیمر و جیبرلیک اسید در سطح بدون تنش بهترین طول ریشه چه را دارد و همچنین در تنش ۱۵۰ میلی مولار به ترتیب پوشش پلیمر و ترکیب اسید هیومیک با پلیمر، طول ریشه چه بیشتری را به خود اختصاص داده است و در تنش ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار به ترتیب پوشش پلیمر و جیبرلیک اسید ریشه چه بلندتری ایجاد کرده است و در پوشش عناصر میکرو در سطح تنش ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی مولار اصلاً ریشه چه رشد نکرده است (جدول ۴).

در صفت طول گیاهچه با اندازه گیری اثر متقابل تیمارهای پوشش و سطوح تنش، به ترتیب پوشش پلیمر و جیبرلین در سطح بدون تنش نسبت به شاهد بهتر عمل کرده است و در تنش

گیاهچه و همچنین باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود.

طبق این آزمایش، پوشش بذر کاملینا با مواد پلیمری که جاذب رطوبت هستند نسبت به بذر بدون پوشش به ترتیب در شرایط آب مقطر، شوری ۱۵۰، ۱۸۰ میلی‌مولار سبب افزایش طول گیاهچه (۱/۷۴ درصد، ۳۶/۴۸ درصد، ۳۲/۱۹ درصد) و وزن خشک گیاهچه (۴۷/۳۶ درصد، ۸۰/۹۵ درصد، ۷۵ درصد) شد و هانگ و همکاران (Huang et al., 2021) نیز با استفاده از پرایمینگ بذر کاملینا با عصاره آب سورگوم به این نتیجه رسیدند که درصد سبز شدن (۹۶/۹۸ درصد)، افزایش طول ریشه (۸۲ درصد)، طول ساقه (۳۲ درصد)، وزن خشک ریشه (۷۵ درصد)، وزن خشک اندام هوایی (۳۳ درصد)، فعالیت آمیلاز (۶۶/۴۳ درصد) در شرایط شوری افزایش داد که منجر به رشد شدید گیاهچه، افزایش تولید زیست توده و بهبود محتوای کلروفیل (۹۲-۶۰ درصد) شد.

در این آزمایش مشاهده شد گیاهچه‌هایی که بذر آن‌ها، با پلیمر و ترکیب پلیمر با اسید هیومیک و همچنین جیبرلیک اسید پوشش داده شد، بسیار شاداب تر و سبزتر از گیاهچه‌های شاهد بود و همچنین با توجه به اینکه تیمار شاهد (بذرهای بدون پوشش) با هیپوکلریت ۳ درصد ضدعفونی شده بود و شرایط محیطی با بذرهای پوشش‌دار شده که دارای قارچ کش بودند یکسان بود، گیاهچه‌هایی که بذرهایشان با پلیمر و ترکیب پلیمر با اسید هیومیک پوشش‌دار شده بودند نسبت به شاهد عاری از پوسیدگی بودند اما بعضی از گیاهچه‌های شاهد از روز سوم به بعد دچار پوسیدگی شده بودند و از بین رفتند. چنگیزیان و همکاران (Changizian et al., 2015) اذعان داشتند که پوشش‌دهی بذور با پلیمر نه تنها صدمه‌ای به آنها وارد نمی‌کند بلکه باعث حفظ و حتی افزایش کیفیت آنها نیز می‌شود. پوشش پلیمری از تنش ناشی از پیری سریع محافظت می‌کند (Ovalesha et al., 2017).

بر اساس نتایج حکیمی و صمدی (Hakimi & Samadi, 2023) نشان داد که محلول‌پاشی نانوآهن و نانو روی بر روی گیاه گلرنگ حاصل از بذور هیدروپرایمینگ شده، سبب بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه شد و با اعمال این تیمارها مقدار روغن به ترتیب از ۲۸۵/۰۵ کیلوگرم در هکتار به ۴۴۲/۳۳ و ۴۳۶/۰۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. همچنین گزارش شده پوشش بذر کینوا با کائولن برخی از شاخص‌های مهم جوانه‌زنی را

افزایش می‌دهد (Hajizadeh et al., 2022).

طبق این آزمایش، پوشش بذر کاملینا با ترکیب پلیمر و اسید هیومیک نسبت به بذر بدون پوشش به ترتیب در شرایط شوری ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار سبب افزایش طول گیاهچه (۳۴/۳۵ درصد، ۲۸/۴۵ درصد) و وزن خشک گیاهچه (۶۹/۲۳ درصد، ۸۷/۵۰ درصد) شد و همچنین بساحی گزارش داد که کاربرد اسید هیومیک در نخود منجر به افزایش تعداد و طول ریشه‌ها، وزن تر و خشک ریشه و همچنین وزن خشک جنین نخود را نیز افزایش داد (Basahi, 2021). کار و بیشنو در سال ۲۰۲۱ هم تاثیر مثبت پوشش‌های پلیمری و آفت کش‌ها را در بذر کلزای زمستانه بر جوانه‌زنی گزارش دادند (Kaur & Bishnoi, 2011).

نتیجه‌گیری کلی

پوشش پلیمر، ترکیب پلیمر با اسید هیومیک و جیبرلیک در تنش شوری ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی‌مولار، درصد جوانه‌زنی را به طور میانگین ۱۴، ۲۳ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد اما پوشش پلیمر در تنش شوری ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار باعث افزایش طول گیاهچه (۳۶/۴۸ درصد، ۳۲/۱۹ درصد) و وزن خشک (۸۰/۹۵ درصد، ۷۵ درصد) نسبت به شاهد شد. ترکیب پوشش پلیمر با اسید هیومیک در تنش شوری ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار سبب افزایش طول گیاهچه (۳۴/۳۵ درصد، ۲۸/۴۵ درصد) و وزن خشک گیاهچه (۶۹/۲۳ درصد، ۸۷/۵۰ درصد) شد. پوشش جیبرلیک اسید در تنش شوری ۲۱۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد باعث افزایش ۸۴/۱۷ درصدی طول گیاهچه و افزایش ۶۲/۶۰ درصدی ماده خشک شد. در نتیجه طول گیاهچه و ماده خشک بذرهای پوشش‌دار شده در تنش نسبت به شاهد افزایش یافت و همچنین پوشش‌های پلیمر، ترکیب اسید هیومیک و پلیمر و جیبرلیک اسید در بذر کاملینا، پوشش مناسبی برای این سطوح از تنش شوری می‌باشد و باعث افزایش شاخص‌های مهم جوانه‌زنی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Adhikari, T., Kundu, S., & Rao, A. S. (2016). Zinc delivery to plants through seed coating with nano-zinc oxide particles. *Journal of Plant Nutrition*, 39(1), 136-146. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1087562>
- Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M., & Taylor, A. G. (2020). Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. *Agriculture*, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>
- Alloway, B. J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental geochemistry and health*, 31(5), 537-548. <https://doi.org/10.1007/s10653-009-9255-4>
- Amirkhani, M., Netravali, A. N., Huang, W., & Taylor, A. G. (2016). Investigation of soy protein-based biostimulant seed coating for broccoli seedling and plant growth enhancement. *HortScience*, 51(9), 1121-1126. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10913-16>
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and experimental botany*, 59(2), 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Azadbakht, F., Ahmadi, K., & Omid, H. (2017). Effect of terminal drought tension on seed germination indices and photosynthetic pigments of maternal genotypes safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(32), 75-90. <https://doi.org/20.1001.1.2008403.1395.8.32.5.1> [In Persian]
- Bakhshi, B., Rostami-Ahmadvandi, H., & 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(1), 39-45. <https://doi.org/10.22034/CAJPSI.2021.01.05>
- Basahi, M. (2021). Humic acid improved germination rate, seedling growth and antioxidant system of pea (*Pisum sativum* L. var. Alicia) grown in water polluted with CdCl₂. *AIMS Environmental Science*, 8(4), 358-370. <https://doi.org/10.3934/environsci.2021023>
- Beltrão, N. D. M. (2001). *O agronegócio do gergelim no Brasil*. Embrapa Informação Tecnológica.
- Čanak, P., Zanetti, F., Jovičić, D., Vujošević, B., Miladinov, Z., Stanisavljević, D., ... & Jeromela, A. M. (2022). Camelina germination under osmotic stress—Trend lines, time-courses and critical points. *Industrial Crops and Products*, 181, 114761. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114761>
- Changizian, M., Tohidlo, Q., & Froozesh, P. (2015). Studying the effect of different types of polymers in coated sugar beet seeds on the characteristics of germination and plant establishment. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 4, 107-117. [In Persian]
- Deng, C., Wang, Y., Cantu, J. M., Valdes, C., Navarro, G., Cota-Ruiz, K., ... & Gardea-Torresdey, J. L. (2022). Soil and foliar exposure of soybean (*Glycine max*) to Cu: Nanoparticle coating-dependent plant responses. *NanoImpact*, 26, 100406. <http://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100406>
- Delgado, A., Madrid, A., Kassem, S., Andreu, L., & del Carmen del Campillo, M. (2002). Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. *Plant and soil*, 245(2), 277-286. <https://doi.org/10.1023/A:1020445710584>
- de Oliveira, S., Tavares, L. C., Lemes, E. S., Brunes, A. P., Dias, I. L., & Meneghello, G. E. (2014). Tratamento de sementes de Avena sativa L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(3), 1131-1142. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1131>
- DeVay, J. E., Wakeman, R. J., Paplomatas, E. J., Garber, R. H., & El-Elhamy, E. (1991, January). Effectiveness of alginate gel and opa dry seed coatings for use with biological controls of cotton seedling disease. In *Proc. Cotton Prod. Res. Conf* (Vol. 1, pp. 160-162).
- Dizaj, K. A. (2010). Seed coating of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in order to delay germination. *Afr J Plant Sci*, 4(7), 267-269. <http://www.academicjournals.org/AJPS>
- Ehrensing, D. T., & Guy, S. O. (2008). Camelina. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/parent/n583xv355/file_sets/x633f139q
- Ellis, R. H., Roberts, E. H., & Hebblethwaite, P. D. (1980). Seed production. *Towards a rational basis for testing seed quality*. Hebblethwaite, PD (Eds.). Butterworths, London, 605-635.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Hafeez, K., & Warriach, E. A. (2004). Influence of high-and low-temperature treatments on seed germination and seedling vigor of coarse and fine rice. 29, 75-77.
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. (2012). Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12(1), 125-142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000100011>
- Farzaneh, S., Kadihodad, S., Khomari, S., & Barmaki, M. (2021). Effect of seed coating with Compounds of micronutrient elements, growth stimulants and regulators on the emergence and early stages of Sugar Beet growth. *Seed Science and Technology*, 10(1), 103-122. [In Persian]
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G. A., & Mortvedt, J. J. (2006). Mobility of organic and inorganic zinc fertilizers in soils. *Communications in soil science and plant analysis*, 37(1-2), 199-209. <https://doi.org/10.1080/00103620500403200>

- Guppy, C. N., Menzies, N. W., Moody, P. W., & Blamey, F. P. C. (2005). Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. *Soil Research*, 43(2), 189-202. <https://doi.org/10.1071/SR04049>
- Hakimi, Y., & Samadi, B. (2023). Effect of seed priming treatment and micronutrient fertilization on yield and yield components of safflower. *Oilseed Plants*, 4, 71-80. [In Persian]
- Hamdi, F., F Taleghani, D., Sadeghzadeh Hemayati, S., & Noshad, H. (2015). Polymer utilization in sugar beet seed coating. *Journal of sugar beet*, 31(2), 176-167. <https://doi.org/10.22092/jsb.2016.105780> [In Persian]
- Hajizadeh, Z., Balouchi, H., Salehi, A., Moradi, A., & Rezaei, R. (2022). Evaluation of the effect of bio-priming and seed coating on seed germination and seedling growth indices of Chenopodium Quinoa in cadmium stress. *Plant Productions*, 45(2), 215-228. <https://doi.org/10.22055/ppd.2022.38615.1994> [In Persian]
- Heydarian, Z., Yu, M., Gruber, M., Coutu, C., Robinson, S. J., & 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>
- Holdsworth, M. J., Bentsink, L., & Soppe, W. J. (2008). Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after-ripening, dormancy and germination. *New phytologist*, 179(1), 33-54. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02437.x>
- Huang, P., He, L., Abbas, A., Hussain, S., Hussain, S., Du, D., ... & Saqib, M. (2021). Seed priming with sorghum water extract improves the performance of camelina (Camelina sativa (L.) crantz.) under salt stress. *Plants*, 10(4), 749. <https://doi.org/10.3390/plants10040749>
- International Seed Testing Association (ISTA). (2008). Handbook of Vigor test methods. 2nd ed. Proc. Int. Seed Test. Assoc. Zurich, Switzerland.
- Jarecki, W., & Wietecha, J. (2021). Effect of seed coating on the yield of soybean Glycine max (L.) Merr. *Plant, Soil and Environment*, 67(8), 468-473. <https://doi.org/10.17221/246/2021-PSE>
- John, S. S., Bharathi, A., Natesan, P., & Raja, K. (2005). Seed film coating technology for maximizing the growth and productivity of maize.
- Joy, E. J., Stein, A. J., Young, S. D., Ander, E. L., Watts, M. J., & Broadley, M. R. (2015). Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa. *Plant and Soil*, 389(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2430-8>
- Kameswara Rao, N., Dulloo, M. E., & Engels, J. 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>
- Kaur, G., & Bishnoi, U. R. (2011). Effect of polymer and pesticide seed coatings on winter canola seed germination at various osmotic potentials. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(5), 591-598. [http://www.idosi.org/wjas/wjas7\(5\)/11.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas7(5)/11.pdf)
- Khakzad Esfahlan, F., Ali Nezhad, Z., Rezai Shirin Abadi, A., & Mahdavian, A. (2013). Smart Polymers: Shape Memory and Electroactive Polymers. II. *Basparesh*, 2(4), 37-48. [In Persian]
- Kim, S. Y., Ha, J. S., Kim, P. J., Das, S., Gutierrez-Suson, J., & 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>
- Li, X., Shen, X., Li, J., Egrinya Eneji, A., Li, Z., Tian, X., & Duan, L. (2010). Coronatine alleviates water deficiency stress on winter wheat seedlings. *Journal of integrative plant biology*, 52(7), 616-625. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00958.x>
- Lohaus, R. H. (2019). Camelina sativa: a promising oilseed for producing biofuels on marginal lands: field production and characterization of a low-pectin seed mutant. <http://hdl.handle.net/11714/6032>
- Mahdavi, H. 2014. Investigating seed coating and pelleting with different chemicals and plant growth stimulating rhizobacteria on the germination of sugar beet (Beta vulgaris L.). *Shahid University of Agricultural Sciences, Iran*. [In Persian]
- de Melo, B. A., Almeida, F. D. A. C., Gomes, J. P., da Silva, W. P., dos Santos Moreira, I., dos Santos, Y. M. G., ... & de Brito Primo, D. M. (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>
- de Melo, B. A., Almeida, F. D. A. C., Gomes, J. P., Neto, J. J. D. S. B., Moraes, J. S., & Barroso, A. J. R. (2018). Development and evaluation of a prototype for seed coating. *Journal of Agricultural Science*, 10(9). <https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p95>
- KS, S. (2022). Enhancing Multinutrients Delivery and Seed Coating with Biodegradable Based Electrospun Nanofibre. *Madras Agricultural Journal*, 109(1-3), 1. <https://doi.org/10.29321/MAJ.10.000576>

- Morales, D., Potlakayala, S., Soliman, M., Daramola, J., Weeden, H., Jones, A., ... & 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>
- Ovalessa, M. A., Yadav, B., & 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.
- Rengel, Z. (2015). Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(2), 397-409. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000036>
- Sarkhosh, S., Kahrizi, D., Darvishi, E., Tourang, M., Haghighi-Mood, S., Vahedi, P., & 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*, 2022(1), 1892759. <https://doi.org/10.1155/2022/1892759>
- Shekari, F., Javanmard, A., & Abbasi, A. (2015). Effects of super-absorbent polymer application on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 7(3), 361-366. <https://doi.org/10.15835/nsb.7.3.9554>
- Srivastava, A. K., Suresh Kumar, J., & Suprasanna, P. (2021). Seed 'primeomics': plants memorize their germination under stress. *Biological Reviews*, 96(5), 1723-1743. <https://doi.org/10.1111/brv.12722>
- Steppuhn, H., Falk, K. C., & 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>
- Suganya, A., Saravanan, A., & Manivannan, N. (2020). Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 51(15), 2001-2021. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1820030>
- Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of botany*, 91(5), 503-527. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>
- Tohidi-Moghadam, H. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., & Dolatabadian, A. (2009). Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(3), 243-250. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253020158008>
- Verma, O., & Verma, R. S. (2014). 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. <http://dx.doi.org/10.3329/sja.v12i2.21913>
- Yohannes, G., Kidane, L., Abraha, B., & Beyene, T. (2020). Effect of Salt Stresses on Seed Germination and Early Seedling Growth of *Camelina sativa* L. *Momona Ethiopian Journal of Science (MEJS)*, 12(1), 1-19. <http://dx.doi.org/10.4314/mejs.v12i1.1>
- Zali-Asl, B. (2020). *Investigating the effect of kaolin on the performance and chemical properties of strawberries*. Master thesis. Mohaghegh Ardabili University.