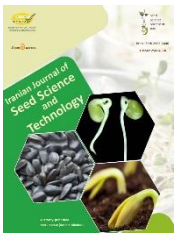
2025, 14 (3), 1-14 https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.366815.1540

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Investigating the Effect of Wheat Seeds Coating with Liquid AB200 Superabsorbent Polymer on Germination Improvement Under Water Stress Conditions

Radman Karimi[1], Farshid Ghaderi-Far[2]*, Aidin Hamidi[3], Mohsen Malek[4], Hamid Reza Sadeghipour[5], Asieh Siahmarguee[6]

1. Bachelor student of Plant Production and Genetic Engineering, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Research associate professor, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4. M.Sc. Graduate of Agrotechnology, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5. Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran.
6. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Article Information

Received: 27 Aug. 2024
Revised: 08 Oct. 2024
Accepted: 29 Oct. 2024

Keywords:
Germination,
Hydrotime model,
Liquid AB200 superabsorbent polymer,
Seed coating,
Seed improvement.

Corresponding Author:
farshidghaderifar@yahoo.com

Abstract

This research was conducted to investigate the effects of coating on the dryland wheat seeds cv Qaboos by the liquid superabsorbent polymer AB200-c under water stress conditions. The study was included of two separate experiments and carried out as factorial in a completely randomized design. The factors of the first experiment included different water potentials of 0, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa and seed coating by superabsorbent polymer at 0, 0.2, 0.5 and 0.7 ml of super absorbent polymer per 100 grams seeds. Factors of the second experiment included different water potentials of 0, -0.3, -0.6, -0.9 and -1.2 MPa and seed coating with the superabsorbent polymer at 0, 0.2, 0.5, 0.7 and 2 ml per 100 grams of seeds. The Hydrotime model based on binomial distribution was used to investigate the reaction of seed germination to different coating treatments and water stress. Seed coating by the superabsorbent polymer increased germination percentage compared to control seeds at water potentials of -0.9 and -1.2 MPa. Also, these treatments increased the growth rate of seedlings compared to control. Based on the analysis of the coefficients in the Hydrotime model, seeds coated by the superabsorbent polymer made more negative base water potential or greater tolerance to water stress; the value of this coefficient was -1.54 MPa in the control seeds but -1.83 MPa in the coated seeds. Accordingly, coating by polymer increased the threshold of tolerance to water stress in wheat seeds. Also, differential coating of seeds with the superabsorbent polymer had significant effects on germination and seedling growth criteria, which point to the importance of using an appropriate amount of superabsorbent polymer in wheat seed coating treatment. Based on this research, seed coating with the superabsorbent polymer can be considered as an efficient technique for reducing the negative effects of water stress on wheat seed germination and seedling growth.

How to cite this paper: Karimi, R., Ghaderi-Far, F., Hamidi, A., Malek, M., Sadeghipour, H.R., & Siahmarguee, A. (2025). Investigating the effect of wheat seeds coating with liquid AB200 superabsorbent polymer on germination improvement under water stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *14* (3), 1-14. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.366815.1540

© 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

Global climate change exacerbates water scarcity, posing a significant threat to agricultural sustainability, particularly in arid regions. The germination phase is critically vulnerable to water stress, often leading to poor crop establishment and reduced yields. Seed coating technologies present a viable strategy to ameliorate abiotic stress. This research investigates the application of a liquid superabsorbent polymer AB200-c, as a seed coating agent for wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Qaboos). The study aims to quantitatively evaluate its efficacy in improving germination and early seedling growth under water-deficit conditions, utilizing the hydrotime model to provide a physiological interpretation of the treatment effects. This research was conducted to investigate the effects of coating in improving germination and early seedling growth of wheat seeds by the liquid superabsorbent polymer AB200-c under water stress conditions

Materials and Methods

The research comprised two independent laboratory experiments carried out as factorial in a completely randomized design. The factors included different water potentials (0, -0.3, -0.6, -0.9 MPa in Exp. I; extended to -1.2 MPa in Exp. II) created using polyethylene glycol 6000 (PEG) solutions, and various concentrations of the superabsorbent polymer (0, 0.2, 0.5, 0.7 ml/100g seeds in Exp. I; with an additional 2 ml/100g in Exp. II). Seeds were coated using a rotary disc coater and subsequently dried. Germination tests were conductedat at 20˚C, with four replications of 25 seeds per treatment. Germination (radicle emergence ≥ 2 mm) was monitored daily. Final germination percentage (GP) and seedling elongation rate (SER) were calculated. The hydrotime model was fitted to the cumulative germination data using the NLMIXED procedure in SAS 9.0 to estimate key parameters such as hydrotime constant (θ_H), the standard deviation of base water potential ($\sigma_{\psi b}$), and the median base water potential ($\psi_{b(50)}$).

Results and Discussion

A significant interaction ($p<0.01$) between water potential and coating treatment was observed for both GP and SER. Under severe water stress (-0.9 and -1.2 MPa), the superabsorbent polymer coating markedly improved germination performance. At -1.2 MPa, the GP for seeds coated with 0.5 and 0.7 ml the superabsorbent polymer was 46-53% higher than the non-coated control. The SER was also significantly enhanced across most coating treatments, indicating improved early seedling vigor under stress. Coated seeds exhibited a more negative the base water potential value. Based on the analysis of the coefficients in the hydrotime model, seeds coated by the superabsorbent polymer made more negative base water potential or greater tolerance to water stress; the value of this coefficient was -1.54 MPa in the control seeds but -1.83 MPa in the coated seeds. Accordingly, coating by polymer increased the threshold of tolerance to water stress in wheat seeds. Also, differential coating of seeds with the superabsorbent polymer had significant effects on germination and seedling growth criteria, which point to the importance of using an appropriate amount of superabsorbent polymer in wheat seed coating treatment. The results underscore the role of the the superabsorbent polymer in creating a hydrating microenvironment, ensuring water availability for critical germination processes even under adverse conditions.

Conclusion

This study demonstrates that coating wheat seeds with the liquid superabsorbent polymer AB200-c is a highly effective physiological seed enhancement technology. It significantly improves germination percentage and seedling growth under severe water stress by substantially lowering the base water potential requirement for germination. An application of 0.5 ml polymer per 100 g seeds was identified as particularly effective. Based on this research, seed coating with the superabsorbent polymer can be considered as an efficient technique for reducing the negative effects of water stress on wheat seed germination and seedling growth. Further validation in field conditions is recommended to confirm these robust laboratory findings into practical agricultural applications.

دوره ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱۴-۱

https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.366815.1540

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پوشش‌دهی بذر گندم با پلیمر سوپرجاذب AB200 مایع بر بهبود جوانه‌زنی در شرایط تنش آبی

رادمان کریمی[۱]، فرشید قادری‌فر[۲*]، آیدین حمیدی[۳]، محسن ملک[۴]، حمیدرضا صادقی‌پور[۵]، آسیه سیاهمرگویی[۶]

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگروتکنولوژی، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۵. استاد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

۶. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر پوشش‌دار کردن بذرهای گندم رقم دیم قابوس با پلیمر سوپر جاذب مایعAB200-C در شرایط تنش آبی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل در دو آزمایش جداگانه انجام شد. فاکتورهای آزمایش اول شامل پتانسیل‌های مختلف آب در سطوح ۰، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال و پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب در سطوح ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۷ میلی‌لیتر پلیمر سوپرجاذب برای ۱۰۰ گرم بذر گندم به همراه شاهد و فاکتورهای آزمایش دوم شامل پتانسیل‌های مختلف آب در سطوح ۰، ۰/۳-، ۰/۶- ، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال و پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب در سطوح ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۲ میلی‌لیتر برای ۱۰۰ گرم بذر گندم به‌همراه شاهد بود. جهت بررسی واکنش جوانه‌زنی بذر تیمارهای مختلف پوشش‌دهی به تنش آبی از مدل هیدروتایم براساس توزیع دوجمله‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای پوشش‌داده شده نسبت به بذرهای تیمار شاهد در پتانسیل‌های ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال شد. همچنین این تیمارها باعث افزایش سرعت رشد گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده نسبت به شاهد شدند. تجزیه و تحلیل ضرایب مدل هیدروتایم نشان داد که پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب باعث کاهش پتانسیل پایه آب یا افزایش تحمل به تنش آبی در بذرهای گندم شد، به‌طوری‌که مقدار این ضریب در بذرهای شاهد ۱/۵۴- مگاپاسکال و در بذرهای پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب ۱/۸۳- مگاپاسکال بود. به عبارت دیگر با کاربرد این پلیمر آستانه تحمل به تنش آبی در بذرهای گندم افزایش یافت. همچنین غلظت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب در پوشش‌دهی بذر اثرات قابل‌توجهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نشان‌داد که بیانگر اهمیت استفاده از مقدار مناسب پلیمر سوپرجاذب در تیمار پوشش‌دهی بذر گندم است. طبق نتایج این پژوهش تیمار پوشش‌دهی بذرهای گندم با پلیمر سوپرجاذب را می‌توان تکنیک کارآمد بهبوددهنده بذر در نظر گرفت که می‌تواند اثرات منفی تنش آبی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در گندم را کاهش دهد.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸

واژه‌های کلیدی:

بهبود بذر،

پوشش‌دهی بذر،

جوانه‌زنی،

مدل هیدروتایم،

پلیمر سوپرجاذب مایع.

نویسنده مسئول:

farshidghaderifar@yahoo.com

نحوه استناد به این مقاله:

Karimi, R., Ghaderi-Far, F., Hamidi, A., Malek, M., Sadeghipour, H.R., & Siahmarguee, A. (2025). Investigating the effect of wheat seeds coating with liquid AB200 superabsorbent polymer on germination improvement under water stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *14* (3), 1-14. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.366815.1540

مقدمه

باتوجه به وقوع تغییرات اقلیمی شدید در کره زمین و افزایش محدودیت منابع آبی، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی در جهان به شمار می‌آید. کشور ما با داشتن میانگین بارندگی سالانه ۲۴۰ میلی‌متر، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب شده و کم‌آبی همواره یکی از مواردی است که سبب کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Majer et al., 2008؛ Shirazi et al., 2016). برخورد گیاه زراعی با تنش کمبود آب طی مراحل رشد و نمو، عملکرد نهایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. جوانه‌زنی اولین و مهم‌ترین مرحله رشد گیاه به شمار می‌آید که استقرار گیاهچه و سایر مراحل رشد گیاه به این مرحله وابسته است؛ بنابراین وقوع تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش آبی در این مرحله یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش راندمان مزارع به‌شمار می‌آید (Ghanifathi et al., 2011). به‌طورکلی تنش آبی منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و ظاهر شدن گیاهچه می‌گردد که این موضوع استقرار بوته در مزرعه را با مشکل مواجه ساخته و موجب غیر یکنواختی، کاهش تراکم و سایر عواملی می‌گردد که همگی عملکرد محصول نهایی را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (Abdoli & Esfandiari, 2018). یکی از راهکارهای بهبود سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذرها و ظاهر شدن گیاهچه استفاده از تیمارهای بهبود جوانه‌زنی بذر شامل پرایمینگ و پوشش‌دهی بذر[1] است (Afzal et al., 2020; Taghi Zoghi et al., 2018). این تیمارها با صرف هزینه و زمان کم می‌توانند باعث بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و افزایش مقاومت بذرها به انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی شوند (Kaufman, 1991).

پوشش‌دهی بذر یکی از مفیدترین روش‌های بهبود بذر است که سبب بهبود جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه می‌شود. پوشش‌دهی بذر دارای دسته‌بندی‌های متفاوتی بوده که در بین آنها دو روش حبه کردن[2] و پوشش‌دهی با لایه نازک[3] پرکاربردترین روش‌های پوشش‌دهی بذر به شمار می‌آیند (Copeland, & McDonald, 2001). حبه کردن معمولاً با افزایش قابل‌توجه اندازه بذر همراه بوده و بیشتر برای سهولت در عملیات کاشت بذر گیاهانی که به شکل یکنواخت گرد نیستند و یا بذرهای بسیار کوچکی دارند، انجام می‌شود. در حبه کردن، شکل و اندازه بذر با استفاده از مواد پرکننده تغییر کرده و به بذر شکل و اندازه‌ای مطلوب داده می‌شود. در روش حبه کردن می‌توان برای بهبود کارایی بذر به مواد پرکننده موادی نظیر قارچ‌کش‌ها و مایه تلقیح عناصر غذایی افزود (Pedrini et al., 2018). پوشش‌دهی بذر به فرایندی گفته می‌شود که در طی آن موادی از قبیل قارچ‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، عناصر غذایی، قارچ‌های مفید، مواد پلیمری و هر گونه ماده‌ای که بتواند به افزایش کارایی بذر در مرحله جوانه‌زنی و سایر مراحل رشد گیاه کمک کند، به صورت لایه‌نازکی روی بذر پوشش می‌یابد این فرایند به‌صورتی انجام می‌گیرد که تغییری در شکل و اندازه بذر ایجاد نشده و به‌صورت کلی افزایش اندازه بذرها در این روش معمولاً کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد (Behboud & Mordi, 2022). در این روش، مواد مستقیماً روی سطح بذر قرار گرفته و پس از کاشت نیز معمولاً این مواد در فاصله نزدیکی در اطراف ریشه‌چه قرار می‌گیرند که این امر علاوه بر دسترسی آسان‌تر گیاهچه به این مواد، در کاهش مصرف عناصر غذایی نیز بسیار مؤثر خواهد بود (Copeland & McDonald, 2001).

یکی از مواردی که اخیراً در فرایند پوشش‌دهی به آن توجه شده است، استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب آب می‌باشد (Gubisova et al., 2024). پلیمرهای سوپرجاذب، زنجیره‌های آب‌دوستی هستند که توانایی زیادی در جذب و نگهداری آب تا چندین برابر وزن خود را دارند. از این پلیمرها به‌طور گسترده در صنایع مختلف از جمله صنایع دارویی و بهداشتی، صنایع غذایی، ساختمان‌سازی، صنعت کشاورزی و سایر صنایع تولیدی استفاده می‌شود (Zohuriaan & Kabiri, 2008). امروزه کاربرد پلیمرها در کشاورزی رو به گسترش است. به‌طورکلی پلیمرهای جاذب رطوبت در کشاورزی به دو صورت پوشش‌دهی بذر با این مواد و افزودن مواد پلیمری به خاک به‌عنوان سوپرجاذب‌ها و هیدروژل‌ها

[1] Seed coating
[2] Seed peleting
[3] Film coating

مورداستفاده قرار می‌گیرند. گزارش‌های مختلفی در مورد آثار مثبت استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب بر بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهان مختلف به‌واسطه فراهمی و افزایش رطوبت قابل‌دسترس بذر و گیاه ارائه شده است (Akelah, 2013; Hotta et al., 2014; Ovalesha et al., 2017).

مدل هیدروتایم یکی از مدل‌های توصیف‌کننده رفتار جوانه‌زنی بذرها بوده که برای ارزیابی تیمارهای مختلف از جمله تیمارهای پرایمینگ، پوشش‌دهی بذر، رفع کمون، بنیه بذر و ارزیابی ژنوتیپ‌ها یا ارقام مختلف گیاهی استفاده می‌شود؛ بیش‌ترین کاربرد این مدل توصیف رفتار بذرها بر میزان آب قابل‌دسترس و مواجه با تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی است (Battla & Benech-Arnold, 2004; Derakhshan & Gharineh, 2015; Taghi Zoghi et al., 2018; Tatari et al., 2021; Zareyan et al., 2019). این مدل به دلیل ارائه‌ی ضرایبی که دارای مفهوم بیولوژیک هستند، به راحتی می‌تواند در ارزیابی طیف وسیعی از تیمارها در مرحله جوانه‌زنی بذر مورد استفاده قرار گیرد. مدل هیدروتایم دارای سه ضریب شامل ضریب هیدروتایم (θ_H)، سیگما ($\sigma_{\psi b}$) و پتانسیل آب پایه برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ψ_{b50}) است که به ترتیب نشان‌دهنده سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و آستانه تحمل به تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی می‌باشد. هر چه مقدار عددی ضریب هیدروتایم و سیگما پایین‌تر باشد، نشان‌دهنده بالا بودن سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بوده و هر چه مقدار عددی پتانسیل آب پایه منفی‌تر باشد، نشان‌دهنده تحمل بالا به تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی است (Alimagham and Ghaderi-Far, 2014). از این رو با مقایسه این ضرایب در تیمارهای مختلف می‌توان به کارایی تیمار مورد نظر در مرحله جوانه‌زنی پی برد.

گندم محصولی راهبردی در کل دنیا بوده و غذای اصلی حدود یک‌سوم جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد؛ این موضوع بیانگر نقش حیاتی این گیاه در اقتصاد و امنیت غذایی جهان است. باتوجه‌به افزایش روزافزون جمعیت بشر و نیاز بیشتر به غذا و علاوه‌برآن محدودیت بیشتر در استفاده از منابع در دسترس، اهمیت این گیاه ارزشمند و راهبردی دوچندان می‌شود (Daiyoulhagh et al., 2022). این گیاه مهم‌ترین محصول کشاورزی در جهان و ایران است. سطح زیر کشت گندم کشور ۶ میلیون و ۹۰۸ هزار هکتار است که ۲ میلیون و ۳۶۹ هزار هکتار آن تحت کشت آبی و ۴ میلیون و ۵۳۸ هزار هکتار آن زیر کشت دیم است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2023; Nakhjavani-Moghadam & Ghahremani, 2004). باتوجه‌به اقلیم خشک و نیمه‌خشک و مواجهه گیاه گندم در مراحل مختلف رشد به‌ویژه مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن با تنش آبی، استفاده از تکنیک‌های نوین مانند غنی‌سازی بذرها با استفاده از پوشش‌دهی با مواد سوپرجاذب به‌عنوان راهکاری مناسب در بهبود و استقرار گیاه گندم موردتوجه است. ازاین‌رو، هدف این تحقیق بررسی اثر پوشش‌دهی بذر های گندم با پلیمر سوپرجاذب AB200 در پاسخ به تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان روی بذرهای گندم رقم قابوس در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در دو آزمایش جداگانه اجرا شد. فاکتورها شامل تیمارهای پوشش‌دهی با پلیمر سوپرجاذب مایع پلی‌آکریلات‌پتاسیم[1] و آکریل‌آمید[2] با نام تجاری سوپرجاذب مایع Superab AB200-c تولید شده توسط شرکت نانو آب ایرانیان[3] تحت امتیاز شرکت ایرامونت[4] کانادا و پتانسیل‌های مختلف آب بودند.

به‌منظور پوشش‌دهی به‌صورت لایه نازک[5] بذرها با محلول پلیمر سوپرجاذب مایع در غلظت‌های مختلف، از دستگاه پوشش‌دهی بذر آزمایشگاهی از نوع دیسکی[6] ساخت شرکت اطلس بذر پوشان استفاده شد. در آزمایش اول، جوانه‌زنی بذرهای

[1] Potassium polyacrylate
[2] Acrylamide
[3] Nanoab Iranian
[4] Iramont
[5] Film coated
[6] Rotary coater

گندم در تیمارهای پوشش‌دهی با پلیمر سوپرجاذب در سه سطح شامل ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ میلی‌لیتر برای ۱۰۰ گرم بذر گندم به همراه شاهد در پتانسیل‌های ۰، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال در سه تکرار ۲۵ تایی بذر مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش دوم تغییراتی در سطوح پلیمر سوپرجاذب و پتانسیل آبی ایجاد شد و جوانه‌زنی بذرها در تیمارهای پوشش‌دهی با سوپرجاذب در چهار سطح شامل ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷و ۲ میلی‌لیتر به ازای ۱۰۰ گرم بذر گندم به همراه شاهد در پتانسیل‌های ۰، ۰/۳-، ۰/۶- ، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال در چهار تکرار ۲۵تایی بذر موردمطالعه قرار گرفت.

برای ایجاد سطوح مختلف تنش آبی از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ استفاده شد (Michel & Kaufmann, 1973). برای انجام پوشش‌دهی بذر با سوپرجاذب، ابتدا تیمارهای موردنظر پلیمر سوپرجاذب در ۲۰ سانتی‌مترمکعب آب مقطر حل شدند. سپس محلول تهیه شده به‌آرامی به بذرهای درون دستگاه اضافه شد. پوشش‌دهی بذرها با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت. پس از پوشش‌دهی، بذرها به مدت یک روز در آزمایشگاه در شرایط اتاق (دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۰ درصد) قرار گرفتند تا بذرها خشک شوند. لازم به ذکر است منظور از واژهٔ پوشش‌دهی در کل متن این مطالعه، تکنیک پوشش‌دهی با لایه نازک بذر است.

پس از اعمال تیمارهای مختلف پلیمر سوپرجاذب، بذرها در پتری‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر و بستر کاغذ صافی (روی یک‌لایه کاغذ صافی) در انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس کشت شدند. به هر ظرف پتری مقدار مساوی۵ میلی‌لیتر محلول پلی‌اتیلن گلایکول در پتانسیل‌های مختلف اضافه شد و در کنار آن تیمار آب‌مقطر (شاهد) نیز قرار گرفت. با شروع جوانه‌زنی، بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند. بسته به سرعت جوانه‌زنی، در روزهای اولیه بعد از جوانه‌زنی، شمارش بذرهای جوانه‌زده در دو الی سه مرحله در روز صورت گرفت و با کاهش سرعت جوانه‌زنی، شمارش‌ها به یک مرحله در روز کاهش یافت. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول۲ میلی‌متر یا بیشتر درنظر گرفته شد (Soltani et al., 2001). در پایان آزمایش، طول گیاهچه های عادی در هر تیمار اندازه‌گیری شد. ازآنجاکه طول دوره رشد برای تیمارهای مختلف پتانسیل آب متفاوت بود، برای مقایسه دقیق‌تر تیمارها در پتانسیل‌های مختلف آبی، طول گیاهچه بر دوره رشد گیاهچه در هر تیمار تقسیم شد و سرعت افزایش طول گیاهچه در روز محاسبه گردید.

برای بررسی واکنش جوانه‌زنی تیمارهای مختلف پلیمر سوپرجاذب به تنش آبی از مدل هیدروتایم بر اساس توزیع دوجمله‌ای استفاده شد (Alimagham & Ghaderi-Far, 2014; Mesgaran et al., 2013). مدل هیدروتایم براساس رابطه زیر برای برازش به داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی بذرهای گندم در سطوح مختلف تنش آبی انتخاب شد:

$$\text{Probit(g)} = \frac{\left\{\psi - \frac{\theta_H}{t_g}\right\} - \psi_{b(50)}}{\sigma_{\psi b}}$$

که دراین‌رابطه، g درصد جوانه‌زنی تجمعی، ψ پتانسیل آب بر حسب مگاپاسکال، t_g زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی g درصد از بذرها (بر حسب ساعت)، θ_H ضریب هیدروتایم بر حسب مگاپاسکال ساعت، $\psi_{b(50)}$ پتانسیل آب پایه برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی (برحسب مگاپاسکال) و $\sigma_{\psi b}$ انحراف معیار توزیع پتانسیل پایه برای تیمارهای مختلف در جمعیت بذر است.

برازش مدل هیدروتایم به داده های درصد جوانه‌زنی با نرم‌افزار آماری SAS 9.0 و با کمک رویه NLMIXED انجام شد. همچنین مقایسه میانگین تیمار با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت (Soltani, 2007). شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 رسم شدند.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

در جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تنش آبی، تیمارهای پوشش‌دهی و اثرات متقابل تنش آبی و تیمارهای پوشش‌دهی بر درصد جوانه‌زنی بذر گندم در هر دو آزمایش ارائه شده است (جدول۱). در هر دو آزمایش اثرات متقابل تنش آبی و تیمارهای پوشش‌دهی بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج و یک در صد معنی دار بود. با کاهش پتانسیل آب، در صد جوانه‌زنی در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۱). درصد جوانه‌زنی بین تیمارهای مختلف پوشش‌دهی تا پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری نداشت. در پتانسیل ۰/۹- مگاپاسکال با وجود عدم

اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ درصد جوانه‌زنی، در هر دو آزمایش در این پتانسیل درصد جوانه‌زنی در تیمارهای پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب مایع بیشتر از بذرهای پوشش‌دهی نشده بودند. در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی در تیمارهای پوشش‌دهی۰/۵ و ۰/۷ میلی‌لیتر به ازای ۱۰۰ گرم بذر به‌طور قابل توجه و معنی‌داری بیشتر از بذرهای بدون پوشش بود، به‌طوری‌که اختلاف درصد جوانه‌زنی در این تیمارهای پو شش‌دهی در مقایسه با شاهد بین۴۶ تا ۵۳ درصد بود (شکل ۱). به عبارت دیگر با منفی‌تر شدن پتانسیل آب اثرات بارز تیمارهای پلیمر بر بهبود جوانه‌زنی افزایش یافت.

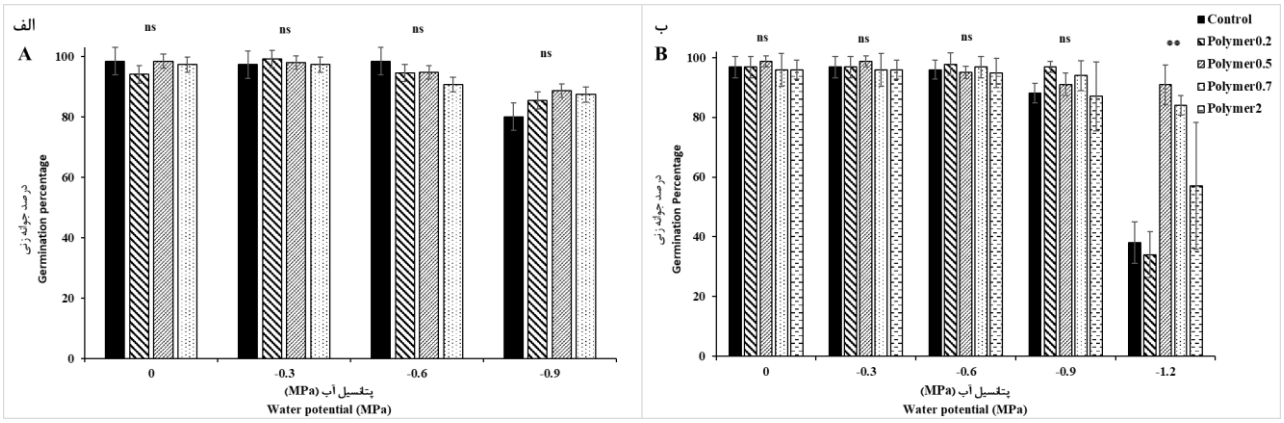
جدول ۱- سطح احتمال معنی داری (Pr>t) صفات درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذر گندم با پلیمر سوپرجاذب در پاسخ به تنش آبی در دو آزمایش.

Table 1-Significant probability level (Pr>t) of germination percentage and seedling length traits of different wheat seed coating with superabsorbent polymer treatments in response to water stress in two experiments

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percent		سرعت افزایش طول گیاهچه در روز Seedling elongation rate	
		آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experiment	آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experiment
تنش آبی (Water Stress)	3(4)*	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
تیمار پوشش‌دار دهی بذر (Seed Coating)	3(4)	0.5588	0.0001	0.6860	0.0001
تیمار پوشش‌دهی ×تنش آبی (WS × SC)	9(16)	0.0414	0.0001	0.0370	0.0001

* اعداد داخل پرانتز درجه آزادی آزمایش دوم می‌باشد.

*The numbers in parentheses are the degrees of freedom of the second experiment.



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذر گندم با پلیمر سوپرجاذب در پاسخ به سطوح مختلف تنش آبی در آزمایش اول (الف) و آزمایش دوم (ب). میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار از خطا بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشند. ** و ns به ترتیب سطح معنی‌داری در سطح یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

Figure 1- Germination percentage of different wheat seed coated with superabsorbent polymer treatments in response to various levels of water stress in the first experiment (a) and the second experiment (b).
The bars indicates the standard deviation of the error based on the binomial distribution. ** and ns are the significance level at one percent level and non-significance, respectively.

مطالعات مختلف حاکی از اثرات مثبت پلیمرهای سوپرجاذب بر جوانه‌زنی بذر برخی گیاهان است که با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد (Akelah, 2013; Hotta et al., 2014; Ovalesha et al., 2017). اولشا و همکاران (Ovalesha et al., 2017) بیان داشتند پوشش‌دهی بذر لوبیا چشم‌بلبلی با پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد گردید. در مطالعه‌ای دیگر توسط آروم و ستیونو (Arum & Setiyono, 2023)، بیان داشتند بذرهای توتون پوشش داده شده با پلیمر از درصد

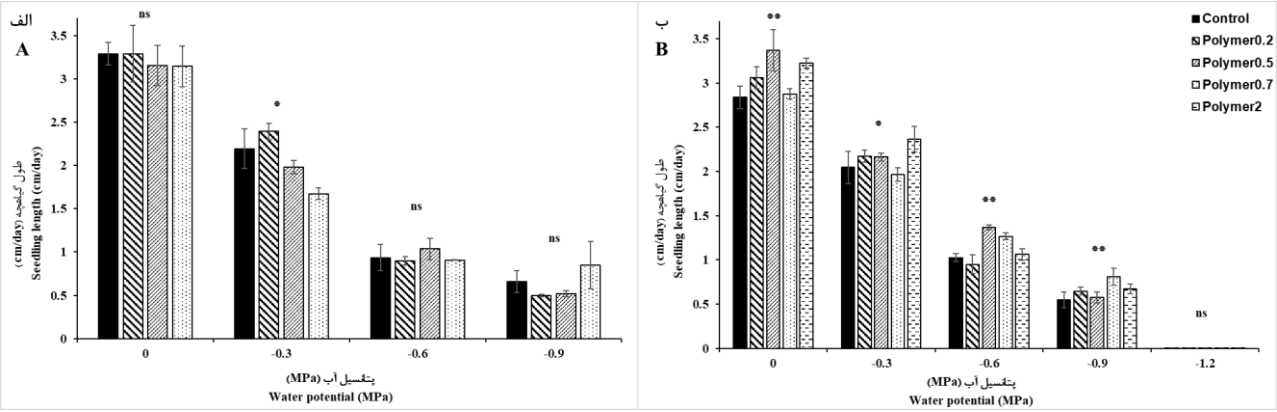
جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بهتری نسبت به بذرهای شاهد برخوردار بودند. کومار و همکاران (Kumar et al., 2007) نیز مشاهده کردند بذرهای سویا پوشش داده شده با بنتونیت و پلیمر، جوانه‌زنی بهتری را نسبت به بذرهای بدون پوشش داشتند. همچنین بذرهای پوشش‌دهی شده با پلیمر پس از شش ماه انبارداری از جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذرهای شاهد برخوردار بودند. سومالاتا و همکاران (Sumalata et al., 2017) نیز گزارش کردند پوشش‌دهی بذر ذرت با پلیمر باعث بهبود در صد و سرعت جوانه‌زنی گردید. علت افزایش مؤلفه‌های جوانه‌زنی با کاربرد پوشش‌دهی بذر با پلیمر سوپرجاذب را می‌توان فراهمی بیشتر آب قابل‌دسترس و افزایش کارایی جذب آب توسط بذر دانست است (Akelah, 2013). مواد سوپرجاذب آب، به دلیل داشتن پتانسیل آبی منفی بسیار پایین موجب جذب مولکول‌های آب حتی در شرایط کمبود آب شده و به دنبال آن آب جذب شده در اختیار بذر قرار می‌گیرد. به عبارتی در شرایطی که پتانسیل آب خاک (یا محیط جوانه‌زنی) در حدی نیست که بذر بتواند به‌راحتی فرایند جذب آب را انجام دهد؛ پلیمرها این فرایند را تسریع کرده و موجب تأمین آب موردنیاز بذر برای جوانه‌زنی می‌گردند (Hotta et al., 2014). محرابی و همکاران (Mehrabi et al., 2010) اظهار داشتند که تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذر توت روباهی (*Sanguisorba minor*) بر پایه مواد آلی، هیدروژل و معدنی در شرایط مختلف رطوبتی (تنش و بدون‌تنش)، درصد جوانه‌زنی بیشتری را نسبت به بذرهای تیمار نشده داشتند. در ادامه ایشان اذعان داشتند که در مرحله جوانه‌زنی پوشش‌دهی بذر می‌تواند روشی مؤثر برای مقابله با تنش‌های محیطی بخصوص تنش رطوبتی باشد. در مطالعه‌ای دیگر بر روی جوانه‌زنی بذرهای گندم، محرابی و همکاران (Mehrabi et al., 2017) گزارش کردند که پوشش‌دهی بذر یکی از روش‌های بهبوددهنده بذر است که توان استقرار گیاه را افزایش می‌دهد و اثرات منفی تنش محیطی را کاهش دهد. چنگیزیان و همکاران (Changizian et al., 2015) گزارش کردند که پلیمرهای منوپلیمر و هموپلیمر سخت و نرم اثرات مثبتی بر درصد جوانه‌زنی بذرهای چغندرقند دارد. با وجود اثرات مثبت گزارش شده در کاربرد پلیمر سوپرجاذب، نتایج برخی مطالعات نیز نشان می‌دهد که در برخی شرایط، پلیمر سوپرجاذب باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد که محققان علت این کاهش را به دوزهای نامناسب پلیمر و به‌دنبال آن محدودیت انتشار اکسیژن قابل‌دسترس به بذر دانستند (Vanangamudi et al., 2003؛ Krasnopeeva et al., 2022).

سرعت رشد گیاهچه

در آزمایش اول و دوم نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش آبی، تیمارهای پوشش‌دهی و اثرات متقابل تنش آبی و تیمارهای پوشش‌دهی بر سرعت رشد گیاهچه گندم در سطح احتمال۰/۰۳۷ و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش پتانسیل آب، سرعت رشد گیاهچه در همه تیمارها کاهش یافت، با این تفاوت که میزان کاهش بین تیمارها متفاوت بود (شکل ۲). به‌طورکلی، سرعت افزایش طول گیاهچه در تیمارهای پوشش‌دهی با پلیمر سوپرجاذب مایع بیشتر از بذرهای بدون تیمار بوده و در اکثر پتانسیل‌های آب، سرعت افزایش طول گیاهچه در تیمارهای پوشش‌دهی ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌لیتر به ازای ۱۰۰ گرم بذر بیشتر از شاهد بود (به‌استثنای پتانسیل آبی ۰/۹- مگاپاسکال در آزمایش اول).

علاوه بر بهبود درصد جوانه‌زنی با پوشش پلیمر سوپرجاذب، طول گیاهچه نیز با استفاده از این تیمار بهبود یافت. به‌عبارت‌دیگر پوشش‌دهی بذرهای گندم با پلیمر سوپرجاذب علاوه بر بهبود جوانه‌زنی، باعث بهبود سرعت رشد گیاهچه گندم شد. این موضوع مبین آن است که پلیمرها با تسریع و بهبود جوانه‌زنی می‌توانند سایر مراحل رشد گیاهچه را نیز بهبود ببخشند. همچنین به‌دلیل باقی‌ماندن پلیمرها روی سطح بذر پس از جوانه‌زنی نیز ممکن است این مواد سبب افزایش آب قابل‌دسترس ریشه‌چه شده و فرایند رشد گیاهچهٔ اولیه را نیز تسریع کند. برخی مطالعات بیانگر این موضوع است که استفاده از پلیمرها چه به‌صورت پوشش‌دهی بذر و چه به‌صورت افزودن به خاک باعث بهبود رشد گیاهان می‌گردد. راشوفسکی و همکاران (Rašovský et al., 2023) مشاهده کردند که پوشش‌دهی بذرهای ذرت با پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش رشد ریشه‌ها و برگ‌های گیاهچه در مقایسه با شاهد گردید. در مطالعه‌ای دیگر باروس و همکاران (Barros et al., 2017) گزارش کردند

پوشش‌دهی بذرهای ذرت با پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش تعداد برگ در بوته، ارتفاع گیاه، وزن‌خشک ساقه، وزن‌خشک ریشه و افزایش بقای گیاهچه در شرایط تنش گردید. این موضوع بیانگر آن است که بهبود فرایند جوانه‌زنی به‌عنوان اولین مرحله رشد یک گیاه می‌تواند موجب بهبود کل فرایند رشد و نمو گیاه شده و در نهایت نیز موجب افزایش بهره‌وری محصول شود.



شکل ۲- طول گیاهچه تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذر گندم با پلیمر سوپرجاذب در پاسخ به سطوح مختلف تنش آبی در آزمایش اول (الف) و آزمایش دوم (ب).
میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار از خطا می‌باشند. **، * و ns به ترتیب سطح معنی داری در سطح یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی داری می‌باشد.

Figure 2- Seedling length of different wheat seed coated by superabsorbent polymer treatments in response to various levels of water stress in the first experiment (a) and the second experiment (b).
The bars indicates the standard deviation of the error. **, * and ns are the significance levels at one percent, five percent and non-significance levels, respectively.

ضرایب مدل هیدروتایم

در شکل‌های ۳ و ۴ برازش مدل هیدروتایم به داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان در پتانسیل‌های آبی و در جدول ۲ ضرایب مدل هیدروتایم برای تیمارهای مختلف پوشش‌دهی برای دو آزمایش ارائه شده است. ضریب هیدروتایم که بیانگر سرعت جوانه‌زنی می‌باشد در آزمایش اول و دوم به ترتیب با سطوح احتمال ۰/۱۱۶ و ۰/۰۳۶ درصد بین تیمارهای پوشش دهی معنی دار بود. به طور کلی تیمارهای پوشش‌دهی باعث افزایش ضریب هیدروتایم و کاهش سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با بذرهای شاهد گردید، با این تفاوت که در غلظت پلیمر ۲ میلی‌لیتر به‌ازای ۱۰۰ گرم بذر؛ برعکس سایر تیمارهای غلظت‌های پلیمر، ضریب هیدروتایم نسبت به شاهد کاهش و موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد (جدول ۲). پارامتر سیگما (σ) که نشان دهنده یکنواختی جوانه‌زنی است در هر دو آزمایش تحت تاثیر تیمار پوشش‌دهی با پلیمر قرار نگرفت. از بین ضرایب مدل هیدرو تایم، ضریب تحمل به تنش آبی ($\Psi_{b(50)}$) در هر دو آزمایش بیشتر از سایر پارامترها تحت تأثیر تیمار پوشش‌دهی با پلیمر قرار گرفت (جدول ۲). همه تیمارهای پوشش‌دهی در مقایسه با شاهد باعث کاهش پتانسیل آب پایه برای جوانه‌زنی بذرهای گندم در مقایسه با شاهد گردید. به عبارت دیگر، کاربرد تیمار پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی در بذرهای گندم شد. به‌طورکلی در هر دو آزمایش تیمار سوپرجاذب ۰/۵ میلی‌لیتر به ازای ۱۰۰ گرم بذر باعث افزایش معنی دار تحمل به تنش آبی در بذرهای گندم گردید، به‌طوری‌که پتانسیل آب پایه در آزمایش اول و دوم در تیمار ۰/۵ به ترتیب ۱/۸۱- و ۱/۷۴- مگاپاسکال و برای تیمار شاهد ۱/۵۷- و ۱/۵۱- مگاپاسکال برآورد شد.

مطالعات مختلف حاکی از آن است که تیمارهای بهبود بذر شامل پرایمینگ و پوشش‌دهی بذر باعث تغییر در ضرایب مدل هیدروتایم در مرحله جوانه‌زنی می‌گردد (Bradford & Somasco, 1994; Dahal et al., 1990; Patane et al., 2016; Toselli et al., 2004; Windauer et al., 2007). تاتاری و همکاران (Tatari et al., 2021) با کاربرد مدل هیدروتایم برای کارایی تیمار پرایمینگ در بذرهای کلزا بیان داشتند که پرایمینگ

باعث کاهش ضریب پتانسیل آب پایه بذرها در مقایسه با شاهد گردید. در مطالعه‌ای دیگر روی بذر های گلرنگ تیمار پرایمینگ علاوه بر افزایش درصد جوانه‌زنی، باعث بهبود ضریب پتانسیل آب پایه گردید (Tabatabaei & Ansari, 2018).

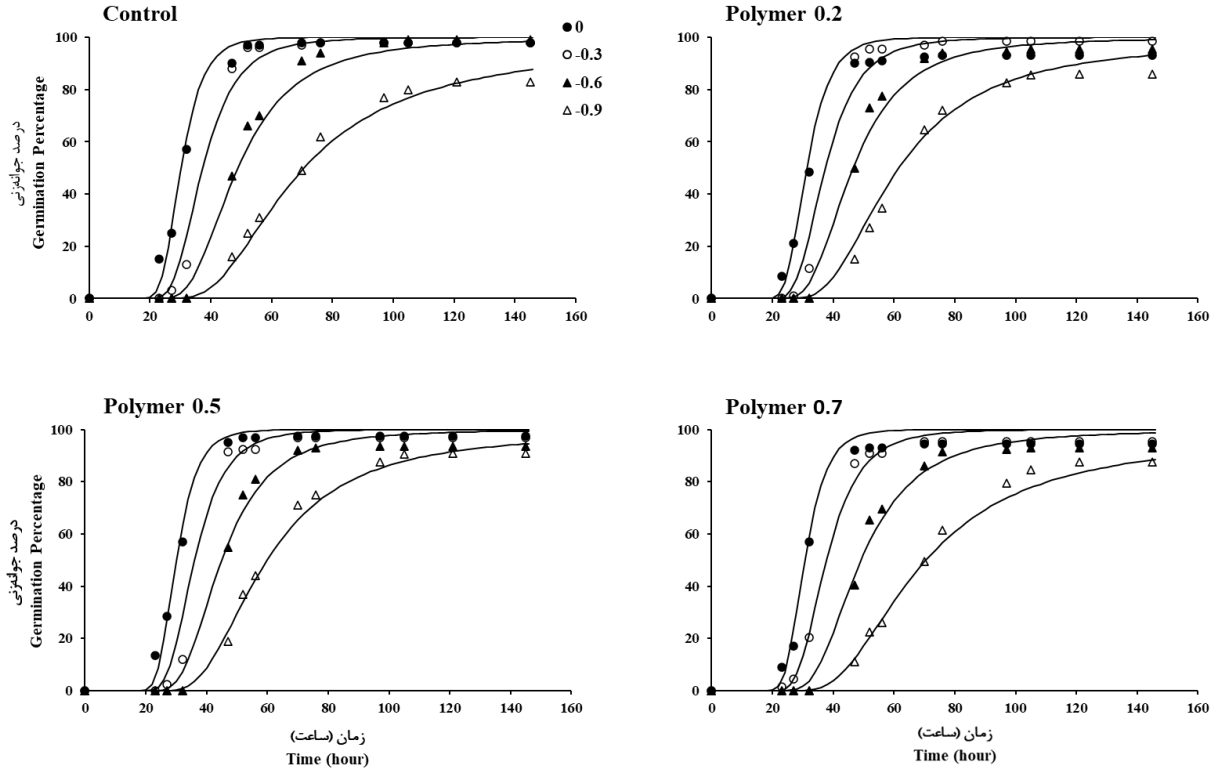
جدول ۲- میانگین پارامترهای مدل هیدروتایم برای تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذرهای گندم با پلیمر سوپرجاذب در دو آزمایش.

Table 2- Mean hydrotime model parameters for different treatments of wheat seeds coating by superabsorbent polymer in two experiments

تیمارهای غلظت پلیمر برای پوشش‌دهی بذر (میلی‌لیتر برای ۱۰۰ گرم بذر گندم) Polymer concentration for reed coating	θ_H		$\Psi_{b(50)}$		$\sigma_{\Psi b(50)}$	
	آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experoment	آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experoment	آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experoment
شاهد (بدون پلیمر) Control (Without polymer)	47.60±1.256b	41.40±2.132bc	-1.57±0.025ab	-1.51±0.038b	0.30±0.051a	0.25±0.027a
0.2	57.30±1.913a	41.29±1.632bc	-1.83±0.062a	-1.57±0.020b	0.39±0.025a	0.26±0.038a
0.5	54.30±5.002ab	47.26±1.157a	-1.81±0.096a	-1.74±0.030a	0.33±0.052a	0.25±0.008a
0.7	48.84±0.835ab	46.16±2.143ab	-1.59±0.04b	-1.72±0.053a	0.30±0.019a	0.26±0.020a
2	-	39.00±	-	-1.52±0.036b	-	0.26±0.05a
*Pr>t	0.116	0.0366	0.0334	0.0012	0.6764	0.8899a

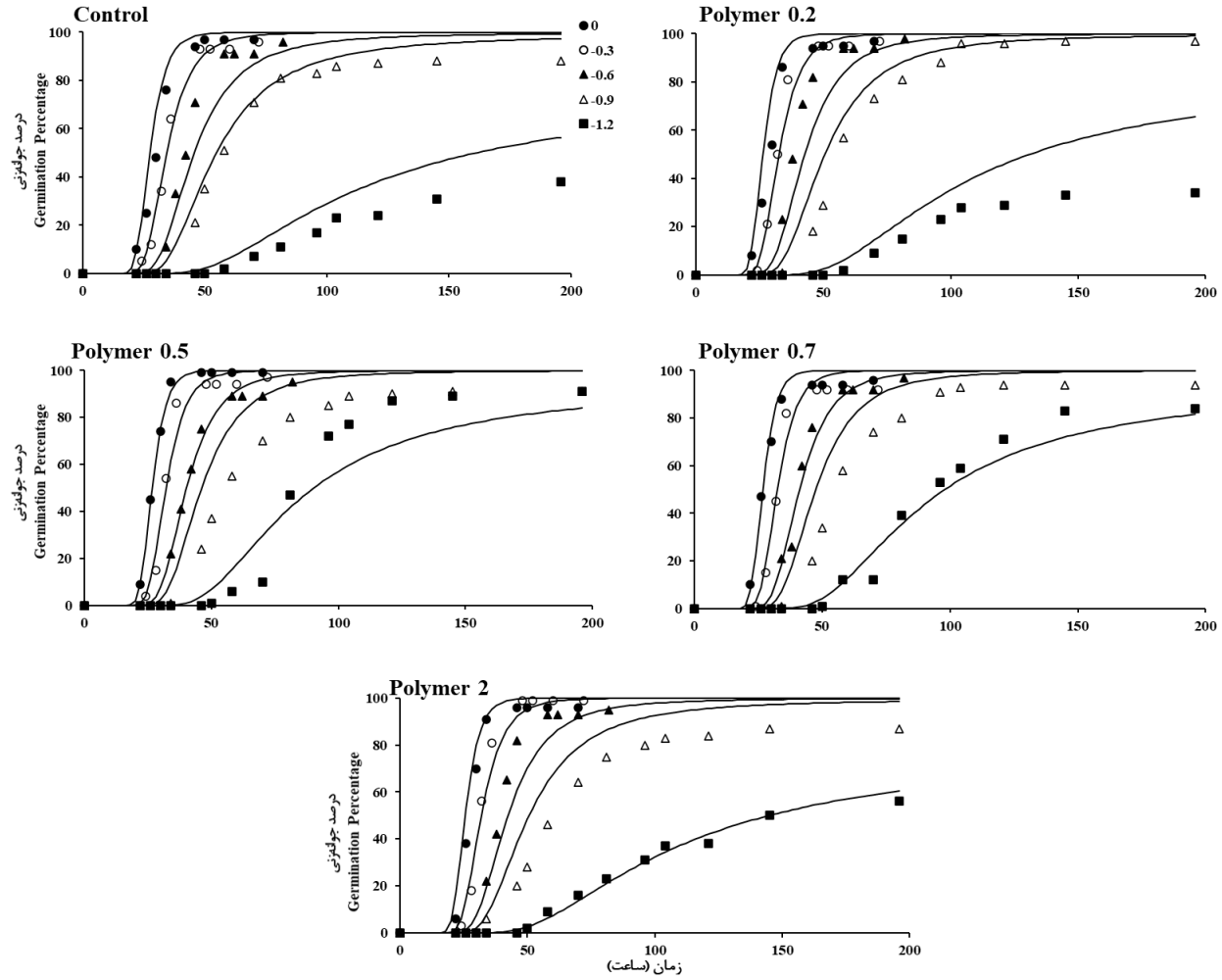
*سطح احتمال معنی‌داری برای هر صفت در تیمارهای مختلف پوشش‌دهی بذر با پلیمر سوپرجاذب می‌باشد.

The significance probability level for each trait in different seed coating by superabsorbent polymer treatments



شکل۳- برازش مدل هیدروتایم به داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی گندم بذرهای پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب در پاسخ به تنش آبی در آزمایش اول.

Fig. 3-Fitting of the hydrotime model to the cumulative germination percentage data of wheat seeds coated by superabsorbent polymer in response to water stress in the first experiment.



شکل۴- برازش مدل هیدروتایم به داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی بذرهای گندم پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب در پاسخ به تنش آبی در آزمایش دوم.

Fig. 4- Fitting of the hydrotime model to the cumulative germination percentage data of wheat seeds coated by superabsorbent polymer in response to water stress in the second experiment.

پیتن و همکاران (Patane et al., 2016) نیز گزارش کردند که پرایمینگ باعث کاهش ضریب هیدروتایم و پتانسیل آب پایه در بذرهای سورگوم شیرین گردید. همچنین داهال و برادفورد (Dahal & Bradford, 1990) مشاهده کردند که پرایمینگ باعث کاهش ضریب هیدروتایم و سیگما در بذرهای گوجه‌فرنگی شد. تقی‌ذوقی و همکاران (Taghi Zoghi et al., 2018) مشاهده کردند که تیمارهای پوشش‌دهی کلزا به همراه تیمار پرایمینگ با اسید هیومیک سبب منفی تر شدن پتانسیل آب پایه و کاهش میزان ضریب هیدروتایم شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد پوشش‌دهی بذرهای گندم با پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش درصد جوانه‌زنی این گیاه در شرایط تنش آبی شد. ضرایب مدل هیدروتایم نیز به‌خوبی نشان می‌دهند که پوشش‌دهی بذر گندم با پلیمر سوپرجاذب باعث منفی‌تر شدن ضریب می شود. منفی‌تر شدن ضریب پتانسیل آب پایه تیمارهای پوشش‌دهی نسبت به تیمار شاهد بیانگر افزایش تحمل به تنش آبی در بذرهای پوشش داده شده با پلیمر است. یکی دیگر از مواردی که به‌وضوح در این مطالعه مشاهده شد تأثیر قابل توجه غلظت و یا مقدار استفاده شده از پلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های

جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است که دراین‌خصوص می‌بایست به‌منظور به کارگیری این تکنیک به مقدار مورداستفاده از سوپر جاذب ها در تیمارکردن بذر ها موردتوجه قرار گرفته تا مطلوب‌ترین نتایج حاصل شود. به‌طور کلی باتوجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، تیمار پوشش‌دهی بذرهای گندم با پلیمر سوپر جاذب را می‌توان یک تیمار بهبود دهنده کیفیت فیزیولوژیک بذر در نظر گرفت. باتوجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور پوشش‌دهی بذر های گندم با پلیمر سوپرجاذب می‌تواند راهکاری مناسب برای کاهش خسارات ناشی از تنش آبی در مراحل اولیه جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه باشد که البته نیازمند مطالعات و پژوهش‌های تکمیلی در سطح آزمایشگاهی و شرایط مزرعه است.

تعارض منافع

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارد.

References

Abdoli, M., & Esfandiari, E. (2018). The effects of hydro-priming on germination and growth characteristics of wheat seedling (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Journal of Seed Research*, *8*(3), 60–72. [In Persian]

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

Akelah, A. (2013). *Functionalized polymeric materials in agriculture and the food industry*. Springer Science & Business Media.

Alimagham, S. M., & Ghaderi-Far, F. (2014). Hydrotime model: Introduction and application of this model in seed researches. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *7*(1), 41–52. https://doi.org/10.22077/escs.2014.154 [In Persian]

Arum, A. P., & Setiyono. (2023). Application of ι-carrageenan/agarose hydrogel as super adsorbent hydrophilic polymers natural seed coating for improving tobacco seed germination under drought stress. *Journal of Agricultural and Applied Biology*, *4*(2), 144–150. https://doi.org/10.11594/jaab.04.02.04

Barros, A. F. D., Pimentel, L. D., Araujo, E. F., Macedo, L. R. D., Martinez, H. E. P., Batista, V. A. P., & Paixão, M. Q. D. (2017). Super absorbent polymer application in seeds and planting furrow: Will it be a new opportunity for rainfed agriculture? *Ciências Agrárias*, *38*(4), 1703–1714. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p1703

Batlla, D., & Benech-Arnold, R. L. (2004). A predictive model for dormancy loss in *Polygonum aviculare* L. seeds based on changes in population hydrotime parameters. *Seed Science Research*, *14*(4), 277–286. https://doi.org/10.1079/SSR2004177

Behboud, R., & Mordi, A. (2022). Improvement of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) seed germination using seed coating. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *11*(3), 1–17. https://doi.org/10.22092/ijsst.2021.342879.1342 [In Persian]

Bradford, K. J., & Somasco, O. A. (1994). Water relations of lettuce seed thermoinhibition: I. Priming and endosperm effects on base water potential. *Seed Science Research*, *4*(1), 1–10. https://doi.org/10.1017/S0960258500001938

Changizian, M., Tohidloo, G., & Forozsh, M. (2015). Study of different polymer coatings on sugar beet seed germination characteristics and plant establishment. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *4*(2), 107–117. [In Persian]

Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). *Principles of seed science and technology* (4th ed.). Kluwer Academic Publishers.

Dahal, P., & Bradford, K. J. (1990). Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. *Journal of Experimental Botany*, *41*(232), 1441–1453. https://doi.org/10.1093/jxb/41.11.1441

Daiyoulhagh, D., Rashidi, V., Aharizad, S., Farahvash, F., & Mershekari, B. (2022). Yield stability analysis of advanced spring wheat genotypes under non-stress and drought stress conditions. *Plant Production*, *44*(4), 489–502. https://doi.org/10.22055/ppd.2020.33143.1889 [In Persian]

Derakhshan, A., & Gharineh, M. H. (2015). Application of hydrotime concept to predict seedling emergence of spring barley varieties in field. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *2*(2), 1–14. [In Persian]

Ghanifathi, T., Valizadeh, M., Shahryari, R., & Shahbazi, H. (2011). Effect of drought stress on germination indices and seedling growth of 12 bread wheat genotypes. *Advances in Environmental Biology*, *5*(6), 1034–1039.

Gubišová, M., Hudcovicová, M., Hrdlicová, M., Ondreicková, K., & Cilík, P. (2024). Superabsorbent seed coating and its impact on fungicide efficacy in a combined treatment of barley seeds. *Agriculture*, *14*(5), 707. https://doi.org/10.3390/agriculture14050707

Hotta, M., Kennedy, J., Higginbotham, C., & Morris, N. (2014). Synthesis and characterisation of novel ι-carrageenan hydrogel blends for agricultural seed coating application. *Applied Mechanics and Materials*, *679*, 81–91. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.679.81

Kaufman, G. (1991). Seed coating: A tool for stand establishment: A stimulus to seed quality. *HortTechnology*, *1*(1), 98–102.

Krasnopeeva, E. L., Panova, G. G., & Yakimansky, A. V. (2022). Agricultural applications of superabsorbent polymer hydrogels. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(23), 15134. https://doi.org/10.3390/ijms232315134

Kumar, J., Nisar, K., Kumar, M. B. A., Walia, S., Shakil, N. A., Prasad, R., & Parmar, B. S. (2007). Development of polymeric seed coats for seed quality enhancement of soybean (*Glycine max*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *77*(11), 738–743. https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/3071

Majer, P., Sass, L., Lelley, T., Cseuz, L., Vass, I., Dudits, D., & Pauk, J. (2008). Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis*, *52*(1), 97–100.

Mehrabi, H. R., Chaichi, M. R., Tavakolafshari, R., Madah Arefi, H., & Zahedi Amiri, G. (2010). Effects of seed coating methods on seed germination of *Sanguisorba minor* in different soil moisture levels and sowing depths. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *17*(3), 489–498. [In Persian]

Mehrabi, H. R., Chaichi, M. R., Tavakolafshari, R., & Rezaei, S. (2017). Study on effect of seed coating on seedling emergence of wheat (*Triticum aestivum*, cultivar Sardari) in different moisture stress levels and planting depths. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *6*(1), 49–56. https://doi.org/10.22034/ijsst.2017.113287 [In Persian]

Mesgaran, M. B., Mashhadi, H. R., Alizadeh, H., Hunt, J., Young, K. R., & Cousens, R. D. (2013). Importance of distribution function selection for hydrothermal time models of seed germination. *Weed Research*, *53*(2), 89–101. https://doi.org/10.1111/wre.12008

Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, *51*(5), 914–916. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914

Ministry of Jihad-e-Agriculture. (2023). *Crops area, production and yield in 2021–2022 crop year report*. Information and Communication Technology Center. [In Persian]

Nakhjavani Moghadam, M. M., & Ghahremani, B. (2004). Investigation of the effect of water stress on ET and yield criteria of winter wheat. *Agricultural Science and Industry*, *18*(2), 139–148. [In Persian]

Ovalesha, 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.

Patane, C., Satia, A., Tubeileh, A., Cosentino, S. L., & Cavallaro, V. (2016). Modeling seed germination of unprimed and primed seeds of sweet sorghum under PEG-induced water stress through the hydrotime analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*, *38*(5), 115. https://doi.org/10.1007/s11738-016-2135-5

Pedrini, S., Bhalsing, K., Cross, A. T., & Dixon, K. V. (2018). Protocol development tool (PDT) for seed encrusting and pelleting. *Seed Science and Technology*, *46*(2), 393–405. https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.21

Rašovský, M., Pačuta, V., Gažo, J., Nika, B., Lenická, D., Michalska-Klimczak, B., & Wyszyński, Z. (2023). Impact of seed coating with superabsorbent polymers on morphological, physiological and production traits of maize (*Zea mays* L.). *Plant, Soil and Environment*, *69*(12), 586–595. https://doi.org/10.17221/209/2023-PSE

Shirazi, E., Fazeli-Nasab, B., Ramshin, H. A., Fazel-Najaf-Abadi, & Izadi-Darbandi, A. (2016). Evaluation of drought tolerance in wheat genotypes under drought stress at germination stage. *Journal of Crop Breeding*, *8*(20), 207–219. https://doi.org/20.1001.1.22286128.1395.8.20.2.9 [In Persian]

Soltani, A. (2007). *Application of SAS in statistical analysis*. Jihad Daneshgahi Publication of Mashhad. [In Persian]

Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S., & Latifi, N. (2001). Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. *Seed Science and Technology*, *29*(3), 653–662.

Sumalata, B., Parashivamurthy, P., & Siddaraju, R. (2017). Effect of seed film coating polymers on growth and yield of maize hybrid Hema. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, *51*(1), 108–112.

Tabatabaei, S. A., & Ansari, O. (2018). Quantification of safflower (*Carthamus tinctorius*) seed germination response to water potential and priming: Hydrotime models on the basis of normal, Weibull and Gumbel distributions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *11*(2), 327–340. https://doi.org/10.22077/escs.2017.383.1077 [In Persian]

Taghi Zoghi, S., Soltani, E., Alahdadi, I., & Sadeghi, R. (2018). The effect of different seed coating treatments on seed germination of canola under drought and salinity stresses, using modeling approach. *Crop Improvement*, *20*(3), 577–592. https://doi.org/10.22059/jci.2018.238846.1807 [In Persian]

Tatari, S., Ghaderi-Far, F., Yamchi, A., Siahmarguee, A., Shayanfar, A., & Baskin, C. C. (2021). Application of the hydrotime model to assess seed priming effects on the germination of rapeseed (*Brassica napus* L.) in response to water stress. *Botany*, *98*(5), 283–291. https://doi.org/10.1139/cjb-2019-0192

Toselli, M. E., & Casenave, E. C. (2004). Hydropriming and cottonseed germination under unfavourable conditions: Modifications in hydrotime model parameters. *Seed Science and Technology*, *33*(1), 87–96. https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.1.09

Vanangamudi, K., Srimathi, P., Natarajan, N., & Bhaskaran, M. (2003). Current scenario of seed coating polymer. In *ICAR: Short course on seed hardening and pelleting technologies for rain fed or garden land ecosystems* (pp. 80–100).

Windauer, L., Altuna, A., & Benech-Arnold, R. (2007). Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *Industrial Crops and Products*, *25*(1), 70–74. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.07.004

Zareyan, A., Hamidi, A., Hasani, F., & Tabatabaei, S. A. (2019). Effect of drought stress and potassium foliar application on seed germination characteristics and seedling vigour of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *6*(2), 145–159. https://doi.org/10.22124/jms.2019.3594 [In Persian]

Zohuriaan-Mehr, M. J., & Kabiri, K. (2008). Superabsorbent polymer materials: A review. *Iranian Polymer Journal*, *17*(6), 451–477.