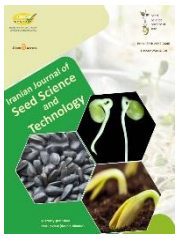
2025, 15 (2), 38-58 https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.365930.1530

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Study on Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Seed Coating by Liquid Super Absorbent Polymer (AB200) & Pre-Chilling Treatment Effect on Seed Germination

Aidin Hamidi[1*], Bita Oskouei[2], Ali Shayanfar[3], Hadis Afshar[4], Iraj Morovati[5], Seyed Ali Hashemi[6], Seye Bagher Mahmoudy[7], Abdol Hassan Alizadeh[8], Akram Abdolmaleki[9]

1. Research Associate Professor of Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Seed & Plant Certification & Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
2. Research Assistant Professor of Research, Education & Extension Organization (AREEO), Seed & Plant Certification & Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
3. Research Assistant Professor Research, Education & Extension Organization (AREEO), Seed & Plant Certification & Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
4. M.Sc. Expert of laboratory of Seed Analysis of Research, Education & Extension Organization (AREEO), Seed & Plant Certification & Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
5. M.Sc. Expert of Seed & Plant Export & Import unit of Research, Education & Extension Organization (AREEO), Seed & Plant Certification & Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran.
6. Retired Professor of Iran Polymer & Petrochemical Institute, Tehran, Board member of Nanoab Iranian Company & Iramont Company Chief Executive Officer (CEO), Montreal, Canada.
7. Research Associate Professor of Research, Education & Extension Organization (AREEO), Sugar Beet Seed Improvement Institute, Karaj, Iran.
8. Retired Expert of Research, Education & Extension Organization (AREEO), Sugar Beet Seed Improvement Institute, Karaj & Chief Executive Officer (CEO) of Nanoab Iranian Company, Tehran, Iran.
9. Seed Science & Technology M.Sc. graduate & Ph.D. graduate of Bioinformatics Division, Georg-August-University, Göttingen, Germany.

Article Information

Received: 29 May 2024
Revised: 06 Oct. 2024
Accepted: 19 Oct. 2024

Keywords:
Film coating,
Germination,
Seed improvement treatment,
Seed quality.

Corresponding Author:
a.hamidi@areeo.ac.ir

Abstract

Germination of the seeds of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) cultivar Manito under four treatments: 1- only pre-chilling (for 7 days in 7ºC), 2- only coating with liquid super absorbent polymer based on potassium (Superab AB200), 3- without pre-chilling & without coating (control) & 4- Pre-chilling & coating were investigated as a two-factor experiment based on a complet r&omized design with four replications in Seed & Plant Certification & Registration Institute seed analysis laboratory at the Karaj. Germination indices including: final germination percent, normal & abnormal seedlings percent, dead seeds percent, mean germination time, coefficient of velocity of germination, mean daily germination, daily germination speed, germination rate(R_{50}), coefficient of germination uniformity, time of achieve to 5, 10, 50, 90 & 95 percent of germination were measured. The results showed that only pre-chilled seeds (control) had the highest percentage of normal seedlings & the germination speed coefficient, germination rate (R50), germination uniformity coefficient, the lowest mean germination time, time of achieve to 5, 10 & 50 percent of germination. Also, only coated seeds had lower mean germination time & time to reach 10 & 50 percent germination of seeds & high coefficient of velocity of germination & germination rate (R50). Pre-chilled & coated seeds also had the shortest time to reach 90 & 95 germination percent. Therefore, it was found that pre-chilling treatments & seed coating with AB200 liquid superabsorbent polymer alone & together with pre-chilling increased germination & speed & uniformity & reduced germination time. Therefore, revealed that covering the seeds of Manitou with pre chilling treatment & coating by potassium based liquid superabsorbent polymer (Superab AB200) improved germination & its speed & uniformity.

How to cite this paper: Hamidi, A., Oskouei, B., Shayanfar, A., Afshar, H., Morovati, I., Hashemi, S.A., Mahmoudy, S.B., Alizadeh, A.H., & Abdolmaleki, A. (2026). Study on Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seed coating by liquid super absorbent polymer (AB200) & pre-chilling treatment effect on seed germination. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *15* (2), 38-58. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.365930.1530

© 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/)

including final germination percentage, percentage of normal and abnormal seedlings, percentage of dead seeds, average germination time, germination rate coefficient, average daily germination, daily germination rate, germination rate (R50), germination uniformity coefficient, and time to reach 5, 10, 50, 90, and 95 percent germination percentage were measured.

Results and Discussion
The results showed that pre-chilled seeds had the highest percentage of normal seedlings, germination rate coefficient, germination rate (R50), germination uniformity coefficient, the lowest mean germination time (MGT), and the time to reach 5, 10, and 50 percent germination of seeds. Also, coated seeds had the lowest mean germination time (MGT), the time to reach 10, and 50 percent germination of seeds, and the highest germination velocity coefficient (CVG) and germination rate (R50). Pre-cooled and coated seeds also had the lowest time to reach 90 and 95 percent germination. Therefore, it was determined that pre-cooling and coating treatments of seeds with liquid superabsorbent polymer AB200 alone and in combination with pre-cooling increased germination, speed, and uniformity, and reduced germination time.

Conclusion
The results of the study revealed that pre-chilling and seed coating treatments with liquid superabsorbent polymer AB200 alone and in combination with pre-cooling increased germination percent and germination rate and uniformity, and reduced germination time. Coating of tall fescue seeds of the Manitou cultivar with potassium-based liquid superabsorbent polymer (Superab AB200) improved germination percent and germination rate and uniformity.

EXTRACT ABSTRACT

Introduction
Due to the lack of precipitation and the inappropriate temporal and spatial distribution of precipitation, Iran is always facing the problem of water shortage as one of the arid and semi-arid countries in the world. On the other hand, the agricultural sector is the largest consumer of water resources in the country. One of the ways to optimally use of water resources and preserve them is to use super absorbent polymers in agriculture and horticulture. These polymers are able to absorb and retain large amounts of irrigation and rainfall water. Tall fescue is one of the most widely used species in all types of grasses, and its native populations are also abundant in Iran. Seed coating is used to apply bio stimulants, plant nutrients (including inoculants), and other materials that improve biotic and abiotic stresses after planting. Considering the value of tall fescue as a cover and ornamental plant in urban green spaces, its importance as a forage plant in rangelands and pastures, and the fact that its seeds are imported, as well as the possibility that its seeds may require treatment for germination, in this study, the effect of germination-enhancing treatments such as pre-chilling and coating on the germination process was investigated.

Materials and Methods
Germination of tall fescue (Festuca arundinacea Schreb.) Manitou variety seeds under four treatments: 1- only pre-chilling (during seven days at a temperature of 7ºC), 2- only coating with potassium-based liquid superabsorbent polymer (Superab AB200), 3- pre-chilling and coating, and 4- no chilling and coating (control) was investigated in a two-factor experiment based on a randomized complete block design with four replications in the seed analysis laboratory of the Seed and Plant Certification and Registration Institute at Karaj. Germination indices

دوره ۱۵، شماره ۲، صفحات ۱۳۱-۱۱۱ https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.365930.1530

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی اثر پوشش‌دهی بذر علف‌بره (فستوکای) پابلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) با پلیمر سوپرجاذب (Superab AB200) مایع و تیمار پیش‌سرمادهی بر بهبود جوانه‌زنی

آیدین حمیدی[۱]، بیتا اسکوئی[۲]، علی شایان‌فر[۳]، حدیث افشار[۴]، ایرج مروتی[۵]، سید علی هاشمی[۶]، سید باقر محمودی[۷]، عبدالحسن علیزاده[۸]، اکرم عبدالملکی[۹]

۱. دانشیارپژوهش‌سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، البرز، کرج، ایران.

۲. استادیارپژوهش‌سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، البرز، کرج، ایران.

۳. استادیارپژوهش‌سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، البرز، کرج، ایران.

۴. کارشناس ارشد آزمایشگاه تجزیه بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، البرز، کرج، ایران.

۵. کارشناس ارشد واحد صادرات و واردات بذر و نهال سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، البرز، کرج، ایران.

۶. استاد بازنشسته پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، عضو هیأت مدیره شرکت نانوآب ایرانیان و مدیرعامل شرکت ایرامونت، مونترال، کانادا.

۷. دانشیارپژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، البرز، کرج، ایران.

۸. کارشناس بازنشسته سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند و مدیرعامل شرکت نانوآب ایرانیان، تهران، ایران.

۹. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر و دانشجوی دکتری بخش بیوانفورماتیک دانشگاه جرج-آگوست، گوتینگن، آلمان.

چکیده

جوانه‌زنی بذرهای فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) رقم مانیتو تحت چهار تیمار: ۱-فقط پیش‌سرمادهی(به‌مدت هفت روز در دمای هفت درجه سلسیوس)، ۲- فقط پوشش‌دهی با پلیمر سوپرجاذب مایع بر پایه پتاسیم (Superab AB200)، ۳- پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی و ۴- بدون سرمادهی و پوشش‌دهی(شاهد) در قالب آزمایش دوعاملی برپایه طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج بررسی شد. شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی نهائی، درصد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی، درصد بذرهای مرده، متوسط زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی(R_{50}) ، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی، مدت زمان رسیدن تا ۵ ، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و۹۵ درصد درصد جوانه‌زنی اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان داد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده‌از بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی و ضریب سرعت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی(R_{50})، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن تا۵، ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها برخوردار بودند. همچنین بذرهای فقط پوشش‌دهی شده نیز دارای متوسط زمان جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن تا۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها کمتری و ضریب سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی(R_{50}) بالایی بودند. بذرهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی شده نیز دارای کمترین مدت زمان رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی بودند. بنابراین مشخص گردید تیمارهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب مایعAB200 به‌تنهایی و به‌همراه پیش‌سرمادهی موجب افزایش جوانه‌زنی و سرعت و یکنواختی و کاهش مدت جوانه‌زنی شدند. بنابراین مشخص گردید پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذرهای فستوکای پابلند رقم مانیتو با پلیمر سوپرجاذب مایع برپایه پتاسیم (Superab AB200) سبب بهبود جوانه‌زنی و سرعت و یکنواختی آن گردید.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸

واژه‌های کلیدی:

پوشش‌دهی با لایه نازک،

جوانه‌زنی،

تیمار بهبوددهنده بذر،

کیفیت بذر.

نویسنده مسئول:

a.hamidi@areeo.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:

Hamidi, A., Oskouei, B., Shayanfar, A., Afshar, H., Morovati, I., Hashemi, S.A., Mahmoudy, S.B., Alizadeh, A.H., & Abdolmaleki, A. (2026). Study on Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seed coating by liquid super absorbent polymer (AB200) & pre chilling treatment effect on seed germination. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *15* (2), 38-58. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.365930.1530

مقدمه

تغییرات اقلیمی موجب غیرقابل پیش‌بینی شدن شرایط آب و هوائی و بارندگی گردیده است. این پدیده سبب باعث کاهش آب دسترس برای رشد و نمو گیاهان و مواجه با تنش خشکی شده است (Sungaya et al., 2019). کشور ایران به‌دلیل نقصان ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان همواره با مشکل کمبود آب رو به‌رو است. از سوی دیگر بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب کشور می باشد(Mansouri Daneshvar et al., 2019). یکی از راه‌های استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن استفاده از پلیمرهای سوپر (ابر) جاذب (SAPs)[1] در زراعت و باغبانی است (Sungaya et al., 2019). این پلیمرها قادر به جذب و نگهداری مقادیر زیادی آب آبیاری و بارندگی می‌باشند (Ekebafe et al., 2011). این مواد اثرات مخرب تنش‌های رطوبتی را کاهش داده و به سازگاری گیاهان کشت شده در محیط‌های خشک کمک می‌کنند و این پلیمرها به ازای هر گرم وزن خود، توانایی جذب و نگهداری ۴۰۰-۵۰۰ گرم آب را دارند (Akelah, 2013). سوپرجاذب‌های مایع هیدروژل‌هایی هستند که کاربرد آنها به‌منظور استفاده بهینه از آب در کشاورزی، به‌صورت کشت بذر غوطه درون آنها[2] برای خشکه‌کاری در زراعت دیم با هدف جذب و تأمین رطوبت در خاک بستر کشت برای جوانه‌زنی بذر پیش از بارندگی در افزایش عملکرد محصولات زراعی، تحت شرایط تنش کم‌آبی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. هیدروژل‌های سوپرجاذب، پلیمرهای به شدت آبدوست هستند و ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب، در موقع نیاز ریشه، به‌راحتی آب و مواد غذایی محلول در آن را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند(Oladosu et al., 2022). بنابراین به‌منظور رویارویی با تنش خشکی برای تأمین تولید پایدار محصولات زراعی و باغی به روش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sungaya et al., 2019). همچنین یکی از کاربردهای نوین پلیمر سوپر (ابر) جاذب (SAPs) مایع استفاده از آنها برای پوشش‌دهی بذر[3] می‌باشد (Amirkhani et al., 2023).

بذر اساسی‌ترین نهاده تولید محصولات زراعی و باغی است و جوانه‌زنی مطلوب و بنیه قوی گیاهچه برای دستیابی به محصول و عملکرد مناسب ضروری است (Hamidi, 2017). جوانه‌زنی، اولین مرحله نمو گیاه و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد (Hamidi, 2022). این مرحله از رشد به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دما، رطوبت و شوری خاک قرار می‌گیرد (Barsa et al., 2004). بهبود بذر[4] واژه‌ای است که برای توصیف فناوری‌های سودمند استفاده شونده برای بذرهای برداشت شده استفاده می‌شود. بهترین تعریف برای بهبود بذر، تیمارهای پس از برداشت است که جوانه‌زنی یا رشد گیاهچه را بهبود می خشند. این تعریف شامل اعمال تیمارهای تنظیم فرآیندآبگیری[5] بذر قبل از جوانه‌زنی و کاشت (پرایمینگ[6]) و فناوری‌های فرآوری و بوجاری[7] بذر مانند پوشش‌دهی و حجیم‌سازی (پلت‌کردن[8]) اشاره کرد (Bennett & Lloyd, 2016). پوشش‌دهی بذر برای اعمال محرک‌های زیستی، موادغذایی گیاهی (شامل مایه تلقیح) و دیگر مواد استفاده می‌شود که تنش‌های زیستی و غیرزیستی پس از کاشت را بهبود می‌بخشد.بازار جهانی مواد پوشش‌دهی بذر (رنگ‌ها، پلیمرها، مواد پرکننده و دیگر مواد) در سال ۲۰۱۹ در حدود۱/۸ میلیارد دلار امریکا بود و پیش‌بینی می‌شود به۳ میلیارد دلار تا سال ۲۰۲۵ برسد. گروه اصلی مواد فعال، تیمارهای شیمیایی بذر هستند که بین۳ تا ۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ بوده است و حداقل دو سوم کل بازار تیمارهای بذری را شامل می‌شود. بازار تیمارهای زیستی بذر شامل طیفی از مواد زیستی ازجمله کودهای زیستی، آفتکش‌های زیستی، محرک‌های زیستی است. بازار تیمارهای زیستی بذر بین۱ تا ۱/۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰

[1] Super Absorbent Polymers(SAPs)
[2] Fluid drilling
[3] Seed coating
[4] Seed enhancement
[5] Imbibition
[6] Priming
[7] Processing and cleaning
[8] Pelleting

بوده اســت و مایه تلقیح گروه اصــلی آن اســت که چیزی در حدود ۷۰ درصد از کل بازار تیمارهای زیستی را تشکیل می‌دهد (Taylor, 2020).

جنس *فستوکا*[1] در جهان شــامل بیش از ۳۶۰ گونه مختلف می‌باشــد (Wiecko, 2006). جنس *فســتوکا* در ایران دارای ۹ گونه: ۱- *فستوکا آلتیسیما*[2]، ۲- *فستوکا آروندیناسه‌آ*[3] (علف‌بره یا فســتوکای پابلند[4])، ۳- *فســتوکا درایمیا*[5]، ۴- *فســتوکا جیگانتیا*[6]، ۵- *فستوکا اوینا*[7]، ۶- *فستوکا اوینا گلااوکا*[8]، ۷- *فستوکا پینیفولیا*[9]، ۸- *فستوکا پراتنزیس*[10] و ۹- *فستوکا روبرا*[11] می‌باشد. این گونه‌ها بیشــتر در چمن‌زارهای کوهســتانی و بعضــی از آنها نیز در مناطق جنگلی می‌رویند و گونه‌های *فســتوکا درایمیا* و *فســتوکا پینیفولیا* علاوه‌بر ایران در آناتولی، لبنان، عراق، ترکمنســتان، افغانســتان، پاکســتان، قفقاز، ماورای قفقاز و تالش (در جمهوری آذربایجان) نیز می‌رویند (Mozaffarian, 1996). فســتوکای پابلند گیاهی مرتعی، علوفه‌ای و زینتی با منشاء بخش‌های بزرگی از اروپا، آسیا و آفریقای شــمالی اســت (USDA-NRCS, 2016). این گیاه به‌طور وســیعی در نواحی معتدله به‌دلیل اهمیت زیادی که در احیای مراتع دارد، کشــت می‌شــود. همچنین فســتوکای پابلند ازجمله گونه‌های پرکاربرد در انواع چمن‌ها اســت که توده‌های بومی آن نیز در ایران به‌وفور یافت می‌شود. این گونه در بسیاری از نقاط ایران همچون آذربایجان غربی، خراسان، فارس، اصفهان، کرج، درود، دامنه‌ی الوند و فیروزکوه به‌صــورت طبیعی رویش دارد (Ahakpaz, 2000). چمن‌ها به‌طورکلی به دو دسته چمن‌های فصل سرد و گرم تقسیم می‌شوند. گونه‌های فصل سرد[12] چمن‌ها مناســب برای کاشــت در هوای ســرد با دمای ۱۸ تا ۲۴ درجه سلسیوس هستند و مناسب برای مناطق با آفتاب کمتر مانند معتدل و مرطوب هستند و نسبت به سایه مقاومت دارند. این گونه‌ها در برابر تنش‌های محیطی مانند گرما و خشکی حساسیت دارند؛ از این رو رشد آن‌ها در طول تابستان کند می‌شود. سپس با شروع فصل پاییز مجدداً شاهد رشد این چمن‌ها خواهیم بود. این درحالی اســت که گونه‌های چمن‌های گرمسیری در دمای ۲۶ تا ۳۵ درجه سلسیوس رشد بهتری دارند. این گونه از چمن‌ها در طول فصل زمستان که دمای هوا به کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس می‌رسد، وارد دوره خواب می‌شــوند (George, 2011). بذر چمن فســتوکای پابلند، که برای ایجاد فضای سبز چمن به صورت کاشت مستقیم بذر چمن در زمین اصلی[13] و تولید چمن قابل‌انتقال (چمن آماده)[14] کشت می‌شود ازجمله گونه‌های چمن مناسب برای کشت در شرایط سایه و از گونه‌های چمن‌های فصل سرد است. ساختار برگ این چمن حاوی کلروفیل بیشــتری اســت که مقاومت این گیاه را در برابر سایه در پی دارد. این چمن با ۴ ساعت آفتاب در طول روز بهترین رشــد را خواهد داشــت. همچنین بذر این گیاه انتخاب بسیار مناسبی برای چمن‌کاری در زمین‌های ورزشی به حساب می‌آید (Shoup et al., 2010).

چمن فســتوکای پابلند چمنی بســیار متراکم با پاخوری عالی اســت که در تمامی فصــول ســال ســبز می‌باشــد، به‌همین جهت در چمن‌کاری زمین‌های ورزشی بسیار استفاده می‌شود و نسبت به سایرچمن‌های سردسیری مقاومت بیشتری نسبت به گرما دارد. همچنین بذر فستوکای پابلند معمولاً برای ایجاد چمن فصل سرد در ترکیب با بذرهای دو رقم از گونه‌های چمن (چچم) دائمی (*الولیوم*

[1] *Festuca* (L.) spp.
[2] *Festuca altisima* All.
[3] *Festuca arundinacea* Schreb.
[4] Tall Fescue or Kentucky fescue
[5] *Festuca drymeia* Mert. & Koch
[6] *Festuca gigantia* (L.)
[7] *Festuca ovina* L.
[8] *Festuca ovina* glauca
[9] *Festuca pinifolia* (Hack.) Hudson
[10] *Festuca pratensis* Hudson
[11] *Festuca rubra* L.
[12] Cool season
[13] Seeding
[14] Sodding

پرنه[1]) و یک رقم از چمن مرتعی(*پوآ پراتنزیس*[2]) تشکیل توده بذر چمن اصطلاحاً چهار تخمه(متشکل از چهار نوع بذر) و یا با ترکیب با بذرهای گونه *فستوکا روبرا*، دو رقم از *لولیوم پرنه* و یک رقم از گونه *پوآ پراتنزیس* تشکیل توده بذر چمن پنج تخمه(متشکل از پنج نوع بذر) را می‌دهد باتوجه به اهمیت این گیاه در احیای مراتع، همواره بهبود جوانه‌زنی بذر و استقرار بهینه گیاهچه مدنظر بوده است که در مطالعات زیادی با استفاده از تیمارهای بذری ازجمله پوشش‌دهی بذر بدنبال آن بوده‌اند (Desai, 2004).

فستوکای پابلند از گونه‌های چمن فصل سرد و چندساله با ریشه‌دهی عمیق و گسترده و از رشد قوی در بهار و پائیز برخوردار که به تحمل شرایط خشکی کمک می‌کند، است. این گونه به دامنه وسیعی از شرایط خاک و اقلیمی سازگار است ولی در مناطقی که دارای زمستان معتدل هستند از کارکرد بهتری برخوردار است. نیاز فستوکای پابلند برای زمان تقریباً زیاد لازم برای چیدن آن استفاده از این گونه برای ایجاد چمنزار در بوستان‌ها و زمین‌های چمن ورزشی را محدود می‌سازد (Wiecko, 2006). در مطالعه‌ای بر روی بذرهای فستوکای پابلند از دو پوشش بر پایه قارچ‌کش- محرک زیستی و پلیمر نشاسته‌ای در سه نوع خاک استفاده شد، تأثیری بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی نداشتند (Richardson & Hignight, 2010). در تحقیقی دیگر بذرهای *فستوکا اوینا* پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب زبا[3] (ترکیب نمک پتاسیمی۲-پروپن‌آمید[4]-کو-۲-پروپنوئیک اسید[5] به میزان۲۲ درصد فرمولاسیون و ۸۸ درصد ژل نشاسته-جی-پلی[6]) از استقرار گیاهچه بهتر و میزان نرخ بذرپاشی کمتر برخوردار بودند (Leinauer et al., 2010).

آزمون موفق جوانه‌زنی استاندارد بذر فستوکای پابلند نیازمند اجرای پیش تیمارهای مجاز برای رفع خواب[7] بذر می‌باشد. براساس مفاد بخش۵.۶.۳.۱ کتاب قوانین آزمون بذر[8] انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA)[9] برای دستورالعمل‌های رفع خواب فیزیولوژیکی بذر، تیمار پیش‌سرمادهی[10] شامل قراردادن بذرهای گونه‌های گیاهان زراعی سبزی‌جات و صیفی‌جات، گل، گیاهان ادویه‌ای و گیاهان داروئی برخوردار از خواب یا مشکوک به درحال خواب بودن معمولاً به‌مدت۷ روز پیش از آغاز آزمون جوانه‌زنی استاندارد در دمای۵ تا۱۰ درجه سلسیوس با دقت۲ ± درجه سلسیوس درون ژرمیناتور کافی است که البته این مدت برای گونه‌های درختچه‌ای و درختی جنگلی می‌تواند بالغ بر۲ تا۱۲ هفته در دمای۱ تا ۵ درجه سلسیوس بالغ گردد (ISTA, 2023). همچنین تیمارکردن بذرها با نیترات‌پتاسیم (KNO_3) از الزامات رفع خواب بذرهای این گونه است (ISTA, 2023). نیترات‌پتاسیم (KNO_3)، خواب بذرهای نیازمند به نور را در تاریکی برطرف می‌سازد و به‌عنوان یک عامل مؤثر در کاهش نیاز نوری و افزایش جوانه‌زنی شناخته می‌شود (Zhang et al., 2019). همچنین، این ماده در پاسخ به فرآیندهای متابولیکی بذور، مفید است. این ترکیب ممکن است باعث بیوسنتز اکسین شده و باعث شروع رویش جنین گردد (Bradford & Nonogaki, 2011).

باتوجه به ارزش فستوکای پابلند به‌عنوان گیاهی پوششی و زینتی در فضاهای سبز شهری و اهمیت آن به‌عنوان گیاهی علوفه‌ای در مراتع و چراگاه‌ها و وارداتی بودن بذرهای آن، همچنین امکان نیاز بذرهای آن به تیمار برای جوانه‌زنی در این مطالعه اثر تیمارهای بهبوددهنده جوانه‌زنی پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بر فرآیند جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی با لایه نازک بذرهای فستوکاری پابلند با پلیمر سوپرجاذب مایع در آزمایشگاه تجزیه بذر دارای اعتبار بین‌المللی

[1] Perennial rye grass(*Lolium perenne*)
[2] Kentucky blue grass(*Poa pratensis*)
[3] ZEBA
[4] Starch-g-poly
[5] Propenamid
[6] Propenoic acid
[7] Dormancy
[8] International Rules for Seed Testing
[9] International Seed Testing Association(ISTA)
[10] Pre chilling

(آکرودیته[1]) مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال (IRDL01) مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج در سال۱۴۰۲ انجام شد. برای اجرای این تحقیق بذرهای فستوکای پابلند وارداتی رقم مانیتو[2] دارای گواهی سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD)[3] و گواهی نارنجی رنگ بین‌المللی[4] انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) وارد شده از کشور هلند به‌وسیله شرکت پیشگامان صنعت و بذر از شرکت هلندی DSV ZADEN NEDERL&S B.V.، ضدعفونی‌شده با قارچ‌کش کربوکسین تیرام[5] به‌صورت پوشش‌دهی شده در مبداء، طبق گواهی بهداشت[6] صادره سازمان حفظ نباتات[7] کشور هلند استفاده شد.

تیمارهای آزمایش شامل: ۱-فقط پیش‌سرمادهی (به‌مدت هفت روزدر دمای هفت درجه سلسیوس)، ۲- فقط پوشش‌دهی با پلیمر سوپرجاذب مایع بر پایه پتاسیم (Superab AB200)، ۳- بدون سرمادهی و پوشش‌دهی(شاهد)، و ۴- پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذرها بودند. تیمار پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب پلی‌آکریلات‌پتاسیم[8] و آکریل‌آمید[9] مایع با نام تجاری Superab AB200 تولید شرکت نانوآب ایرانیان[10] تحت امتیاز شرکت ایرامونت[11] کانادا به‌وسیله دستگاه آزمایشگاهی پوشش‌دهی دوار[12] بذر به‌صورت لایه نازک[13] انجام شد. پس از پوشش‌دهی بذرها، به‌منظور اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد طبق دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون بذر(ISTA) مندرج در بخش یک جدول ۵ آ فصل پنجم کتاب قوانین بین‌المللی آزمون بذر [14] آن انجمن، تعداد چهار تکرار۱۰۰ بذری از تیمارهای مختلف در ظرف‌های پتری بر روی بستر کشت کاغذ جوانه‌زنی (TP)[15] مرطوب شده با شش میلی‌متر محلول حاوی نیترات‌پتاسیم (KNO_3) حاصل از حل‌کردن۲ گرم نیترات‌پتاسیم (KNO_3) در۱۰۰۰ سانتی‌مترمکعب آب مقطر کشت شده و سپس دورن ژرمیناتور کالیبره در دمای۲۰-۳۰ درجه سلسیوس متناوب (دمای۲۰ درجه سلسیوس و دمای۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی) به‌مدت۱۴ روز قرار گرفتند. همچنین به‌منظور اعمال تیمار پیش‌سرمادهی طبق مندرجات توصیه‌های رفع خواب بذر[16] بخش یک جدول۵ آ فصل پنجم کتاب قوانین بین‌المللی آزمون بذر بذرها به‌مدت هفت روزدر دمای هفت درجه سلسیوس درون یخچال کالیبره قرار داده شدند (ISTA, 2023).

آزمون‌های جوانه‌زنی در قالب آزمایش فاکتوریل(دو عاملی: پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذر بذر هریک در دو سطح) بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. برای بررسی سرعت جوانه‌زنی، روزانه تا زمان ثابت شدن بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند. معیار بذر جوانه‌زده ظهور دو میلی‌متر ریشه‌چه بود که در پایان دوره آزمون جوانه‌زنی استاندارد به‌عنوان صفت درصد جوانه‌زنی نهائی[17] ثبت شد و درصد بذرهای مرده (بذرهای جوانه‌نزده ولی جذب آب کرده و نرم شده) نیز شمارش گردید. همچنین در پایان دوره آزمون جوانه‌زنی استاندارد، گیاهچه‌های

[1] Accredited
[2] Manitou
[3] The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
[4] International Orange Certificate(IOC)
[5] Carboxin thiram
[6] Phytosanitary certificate
[7] Plant protection organization
[8] Potassium polyacrylate
[9] Acrylamide
[10] Nanoab Iranian
[11] Iramont
[12] Rotary coater
[13] Film coated
[14] International Rules for Seed Testing
[15] Top of paper(TP)
[16] Recommendations for breaking dormancy
[17] Final germination percent(FGP)

عادی[1] و غیرعادی[2] ارزیابی، شمارش و درصد آنها به‌عنوان صفات مورد بررسی تعین شدند. ارزیابی گیاهچه‌های عادی و غیرعادی طبق معیارهای گروه ارزیابی گیاهچه[3] ۱-۲-۳-۱ آ تیپ Dبخش ۱۲ (Section 12: Type D – Group A-1-2-3-1) مندرج در دستنامه ارزیابی گیاهچه[4] (Don & Ducournau, 2018) انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) انجام شد.

عکس زمان رسیدن درصد جوانه‌زنی تجمعی به ۵۰ درصد کل بذرهای جوانه‌زده به‌عنوان شاخص سرعت جوانه‌زنی در کمی‌سازی فرآیند جوانه‌زنی بذرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب یکنواختی جوانه‌زنی مدت زمان بین افزایش دو حد درصد جوانه‌زنی مثلاً از ۱۰ تا ۹۰ درصد را نشان می‌دهد و هرچه مقدار آن کمتر باشد یکنواختی فرآیند جوانه‌زنی بیشتر است (Ranal & De Santana, 2006). شاخص‌های مختلفی با استفاده از داده‌های بدست آمد که از جمله می‌توان به سرعت (R_{50})، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی(GUC)، مدت زمان تا رسیدن به ۱۰ درصد (D_{10})، ۵۰ درصد (D_{50})، ۹۰ درصد (D_{90}) با استفاده از نرم‌افزار Germin اشاره کرد (Soltani & Maddah, 2010). سرعت جوانه‌زنی (بر حسب ساعت) در این نرم‌افزار با استفاده از رابطه۱ برآورد گردید:

$R_{50} = 1 / D_{50}$ (رابطه ۱)

D_{50} مدت زمانی است که جوانه‌زنی بذر به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد (Ranal & De Santana, 2006).

چهار مورد از شاخص‌های مهم مرتبط با جوانه‌زنی بذر به شرح زیر برآورد شدند.

متوسط زمان جوانه‌زنی(MGT)[5] که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی است با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Ranal & De Santana, 2006).

$MGT = \Sigma NiDi / N$ (رابطه ۲)

که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام و Di تعداد روزها از شروع آزمون (هنگام کشت) تا شمارش iام (پایان دوره آزمون) و N تعداد کل بذرهای جوانه‌زده است.

ضریب سرعت جوانه‌زنی[6] که مشخصه سرعت روند جوانه‌زنی می‌باشد از رابطه ۳ محاسبه گردید (Ranal & De Santana, 2006).

(رابطه ۳)

$$CVG = G_1 + G_2 + ... + G_n / (1 \times G_1) + (2 \times G_2) + ... + (n \times G_n)$$

که در آن G1-Gn تعداد بذرهای جوانه زده از روز یکم تا پایان آزمون است.

متوسط جوانه‌زنی روزانه[7] که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است و از رابطه ۴ محاسبه و ثبت گردید(Ranal & De Santana, 2006):

$MDG = FGP/D$ (رابطه ۴)

که در آن FGP درصد جوانه‌زنی نهایی و D تعداد روز تا پایان دوره اجرای آزمون است (Ranal & De Santana, 2006).

سرعت جوانه‌زنی روزانه[8] نیز که عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است و از رابطه ۵ محاسبه و ارائه گردید (Ranal & De Santana, 2006).

$DGS = 1/MDG$ (رابطه ۵)

ابتدا برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌های صفات با واحد درصد انجام گردید و باتوجه به معنی‌دار نبودن چولگی[9] و کشیدگی[10] توزیع داده‌ها و نرمال بودن توزیع آماری آنها بدون تبدیل داده‌های این صفات داده‌ها تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای

[1] Normal
[2] Abnormal
[3] Seedling Evaluation Group
[4] Handbook on Seedling Evaluation
[5] Mean germination time (MGT)
[6] Coefficient of velocity of germination (CVG)
[7] Mean daily germination (MDG)
[8] Daily germination speed (DGS)
[9] Skewness
[10] Kurtosis

دانکن(DMRT)[1] با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.1 انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL ترسیم شدند.

نتایج

تجزیه واریانس نشان داد درصد جوانه‌زنی نهائی، گیاهچه‌های غیرعادی، بذرهای مرده، متوسط جوانه‌زنی روزانه و سرعت جوانه‌زنی روزانه تحت پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذر قرار نگرفتند. همچنین درصد گیاهچه‌های عادی و مدت زمان رسیدن تا ۵ درصد جوانه‌زنی فقط تحت تأثیر تیمار پیش‌سرمادهی بذرها قرار گرفتند. متوسط زمان جوانه‌زنی ضریب سرعت جوانه‌زنی سرعت جوانه‌زنی مدت زمان رسیدن تا۱۰ درصد جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن تا۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر هردو تیمارهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذر قرارگرفته و اثرمتقابل پیش‌سرمادهی × پوشش‌دهی برای ضریب یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن تا۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بذر بر درصد گیاهچه‌های عادی نشان داد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده‌اند بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی به میزان۹۱/۲۵ درصد در مقایسه با بذرهای بدون پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی (شاهد) با ۸۷/۵ درصد گیاهچه‌های عادی برخوردار بودند (شکل ۱).

باوجود معنی‌دار نبودن اثر تیمارهای بررسی بر درصد گیاهچه‌های عادی (جدول ۱) بررسی روند تغییرات - الگوی پاسخ درصد گیاهچه‌های عادی بذر فستوکای پابلند تحت چهار تیمار بذر در برابر با زمان مشخص نمود درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکای پابلند پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی شده در مدت هفت روز (۱۶۸ ساعت پس از کشت) پس از آغاز آزمون جوانه‌زنی استاندارد به۹۳/۵ درصد رسید و این درحالی بود که در این زمان درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکای پابلند بدون پیش‌سرمادهی و بدون پوشش‌دهی۸۸/۲۵ درصد بود (شکل ۲). باتوجه به این‌که درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکای پابلند فقط پیش‌سرمادهی شده ۹۲/۵ درصد بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پوشش‌دهی بذرهای بذرهای فستوکای پابلند با پلیمر سوپرجاذب مایع سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های جوانه‌زنی تحت تیمارهای موردبررسی بذر فستوکای پابلند.

Table 1- Analysis of variance (mean squares) of tall fescue seed germination indicators under studied treatment.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات(MS)								
		درصد جوانه زنی نهائی Final germination percent	درصد گیاهچه‌های عادی Normal seedlings percent	درصد گیاهچه‌های غیرعادی Abnormal seedlings percent	درصد بذرهای مرده Dead seeds percent	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination time	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient of velocity of germination	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	سرعت جوانه‌زنی روزانه Daily germination speed	سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) Germination rate(R_{50})
تکرار (بلوک) Replication(Block)	3	4.72^{ns}	3.41^{ns}	0.56^{ns}	4.72^{ns}	19.18^{ns}	0.00000075^{ns}	0.0001^{ns}	0.002^{ns}	0.000002^{ns}
پیش‌سرمادهی(A) Pre-chilling	1	27.56^{ns}	56.25*	5.06^{ns}	27.56^{ns}	472.10**	0.00001**	0.0009^{ns}	0.011^{ns}	0.00004**
پوشش‌دهی(B) Coating	1	22.56^{ns}	30.25^{ns}	0.56^{ns}	22.56^{ns}	218.28**	0.000006**	0.0007^{ns}	0.009^{ns}	0.00003**
پیش‌سرمادهی × پوشش‌دهی (A×B)	1	14.06^{ns}	6.25^{ns}	1.56^{ns}	14.06^{ns}	40.00^{ns}	0.0000001^{ns}	0.0005^{ns}	0.006^{ns}	0.000002^{ns}
خطا Error	10	8.11	9.63	1.39	8.11	9.02	0.0000002	0.0003	0.003	0.000001
کل Total	15									
ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)		3.1	3.47	51.09	34.27	3.77	3.96	3.1	3.19	6.52

ns عدم تفاوت معنی‌دار، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد.

ns: non-significant, *&** significant at 5% & 1% probability levels, respectively.

[1] Duncan's Multiple Range Test(DMRT)

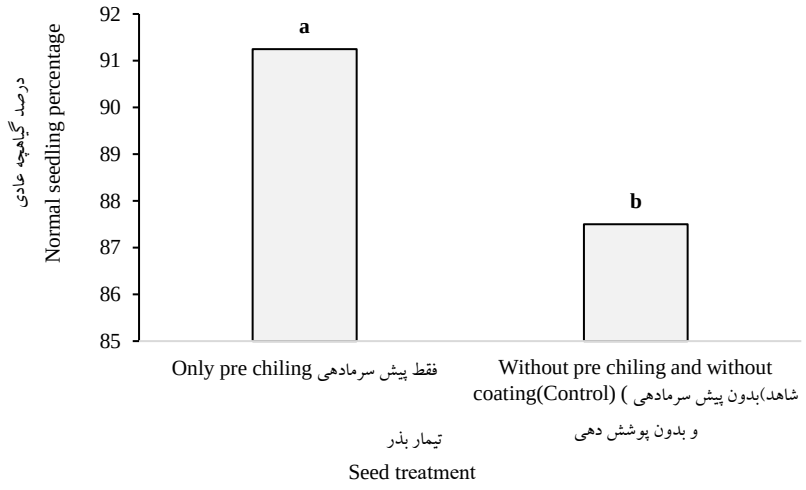
ادامه جدول ۱

Table 1- Continue

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات(MS)					
		ضریب یکنواختی جوانه‌زنی Coefficient of germination uniformity	مدت زمان رسیدن تا ۵ درصد جوانه‌زنی Time of achieve to5 percent of germination	مدت زمان رسیدن تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Time of achieve to10 percent of germination	مدت زمان رسیدن تا ۵۰ درصد Time of achieve to50 percent of germination	مدت زمان رسیدن تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی Time of achieve to90 percent of germination	مدت زمان رسیدن تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی Time of achieve to95 percent of germination
تکرار (بلوک) Replication (Block)	3	42.81^{ns}	79.48^{ns}	23.75^{ns}	7.68^{ns}	21.34^{ns}	81.58*
پیش‌سرمادهی (A) Pre-chilling (A)	1	66.50^{ns}	26.67^{ns}	720.78**	842.59**	378.59**	569.47**
پوشش‌دهی (B) Coating (B)	1	19.00^{ns}	31.52^{ns}	488.96**	62.76*	35.49^{ns}	5.31^{ns}
پیش‌سرمادهی × پوشش‌دهی (A×B)	1	276.55*	294.46*	3.50^{ns}	9.34^{ns}	0.21ns	198.78*
خطا Error	10	25.44	22.5	9.93	10.42	14.18	17.45
کل Total	15						
ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)		4.47	4.74	4.84	8.13	11.38	6.93

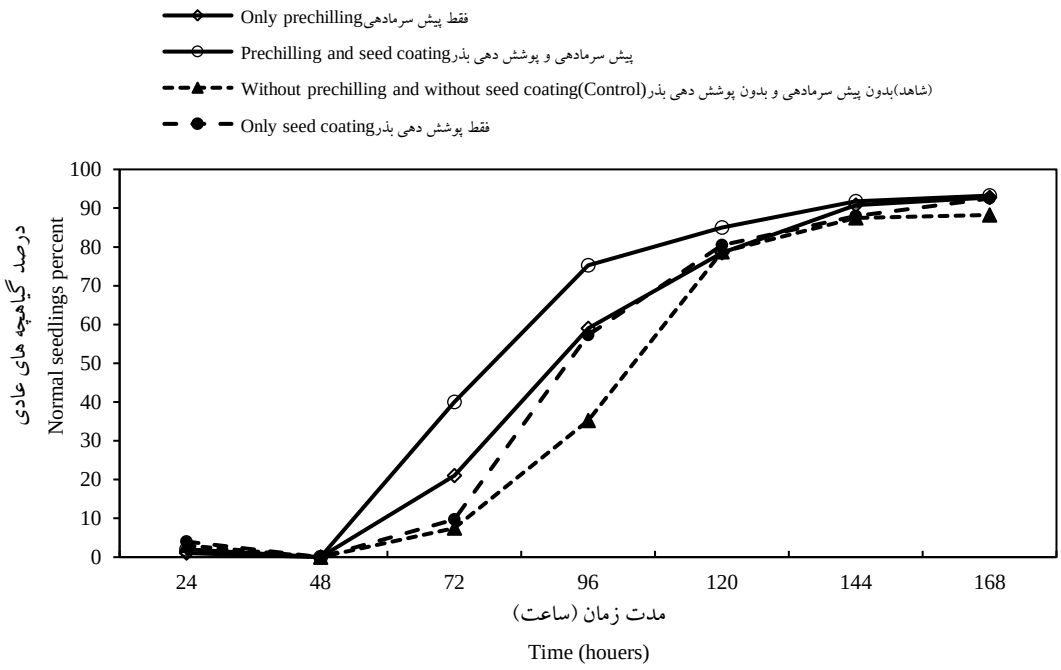
ns عدم تفاوت معنی‌دار، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد.

ns: non-significant, *&** significant at 5% & 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بذر بر درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 1- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling treatment effect on normal seedlings percent.



شکل ۲- الگوی پاسخ درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکای پابلند به چهار تیمار مورد بررسی بذر در برابر با زمان.

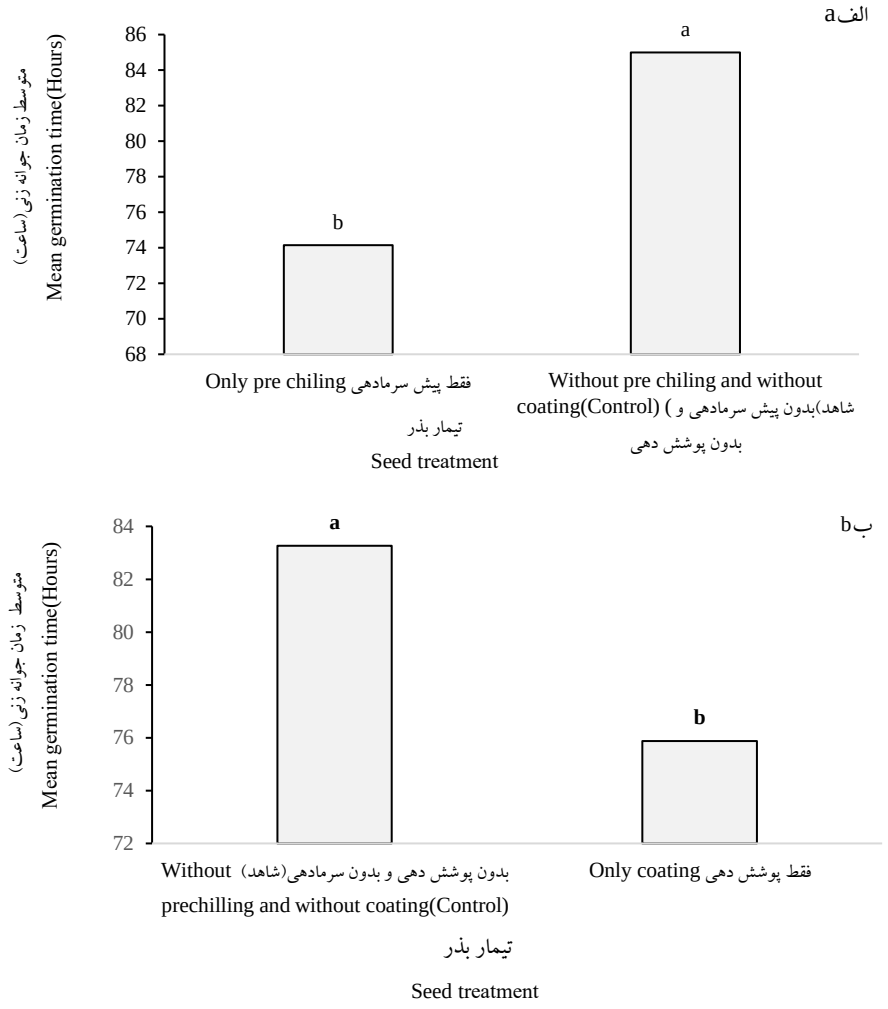
Figure 2- Tall Fescue seeds normal seedlings percent response to four studied seed treatments versus time.

مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد بذرهای فستوکای فقط پیش‌سرمادهی شده با متوسط زمان جوانه‌زنی به‌مدت ۷۴/۱۴ ساعت از متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری نسبت به بذرهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی نشده(شاهد) با متوسط زمان جوانه‌زنی به‌مدت۸۵ ساعت برخوردار بودند (شکل ۳ الف). مقایسه میانگین‌های اثر پوشش‌دهی بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی مشخص نمود بذرهای فستوکای پابلند که فقط پوشش‌دهی شده بودند از کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی برخوردار بودند (شکل ۳ ب). به‌طوری‌که تیمار بذرهای فقط پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب درمدت۷۵/۸۶ ساعت جوانه زدند ولی بذرهای بدون پوشش‌دهی نشده و پیش‌سرمادهی (شاهد) در مدت۸۳/۲۶ ساعت جوانه‌زدند. بدین‌ترتیب مشخص می‌گردد که پوشش‌دهی بذر موجب کاهش مدت جوانه‌زنی و در واقع افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید.

مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بذر بر ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر فستوکای پابلند مشخص کرد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده در مقایسه با بذرهای بدون پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی (شاهد) از ضریب سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند و بنابراین دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری بودند (شکل ۴ الف). مقایسه میانگین‌های اثر پوشش‌دهی بذر بر ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر فستوکا نشان داد بذرهای فقط پوشش‌دهی شده نسبت به بذرهای بدون پوشش‌دهی و بدون سرمادهی (شاهد) دارای ضریب سرعت جوانه‌زنی بیشتری بودند (شکل ۴ ب). بنابراین از سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند.

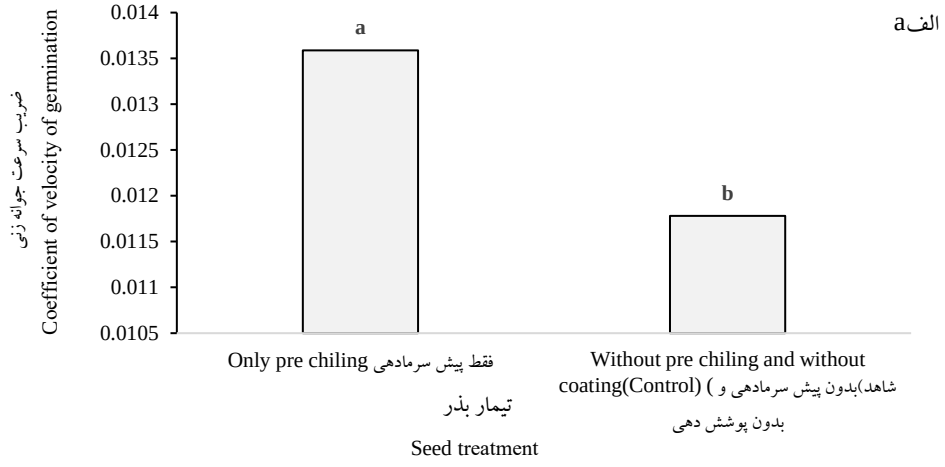
مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بذر بر سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) بذر فستوکای پابلند مشخص نمود بذرهای فقط پوشش‌دهی شده نسبت به بذرهای تیمار بدون پیش‌سرمادهی و بدون پوشش‌دهی (شاهد) از سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) بیشتری برخوردار بودند (شکل ۵ الف). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده(شاهد) از سرعت جوانه‌زنی(R_{50}) بیشتری نسبت به بذرهای بدون پیش سرمادهی و پوشش‌دهی شده برخوردر بودند (شکل ۵ ب).

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل پوشش‌دهی بذر و پیش‌سرمادهی بذر بر ضریب یکنواختی جوانه‌زنی نیز مشخص نمود بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شدهدارای بیشترین ضریب یکنواختی جوانه‌زنی به مسزان ۶۹/۲۰ درصد بودند (شکل ۶).



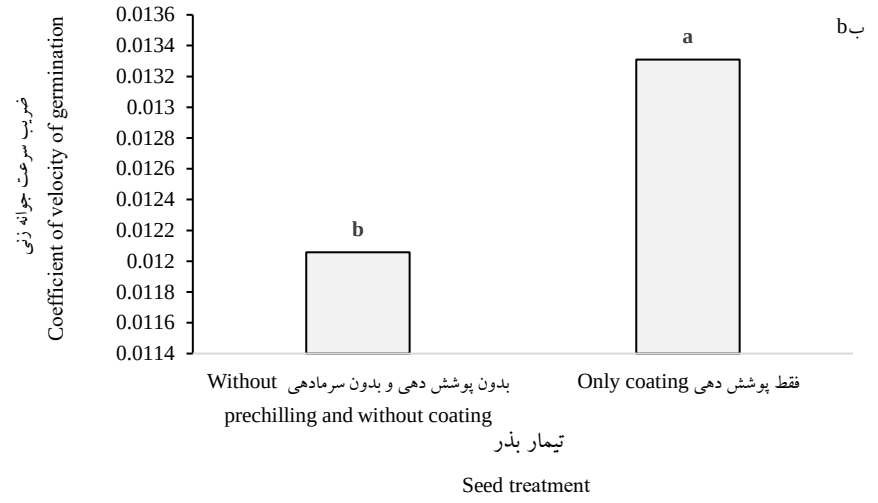
شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات تیمارهای پیش‌سرمادهی (الف) و پوشش‌دهی (ب) بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی(MGT) بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 3- Mean comparisons of pre chilling (a) & seed coating (b) treatments effects on Tall Fescue seeds mean germination time.



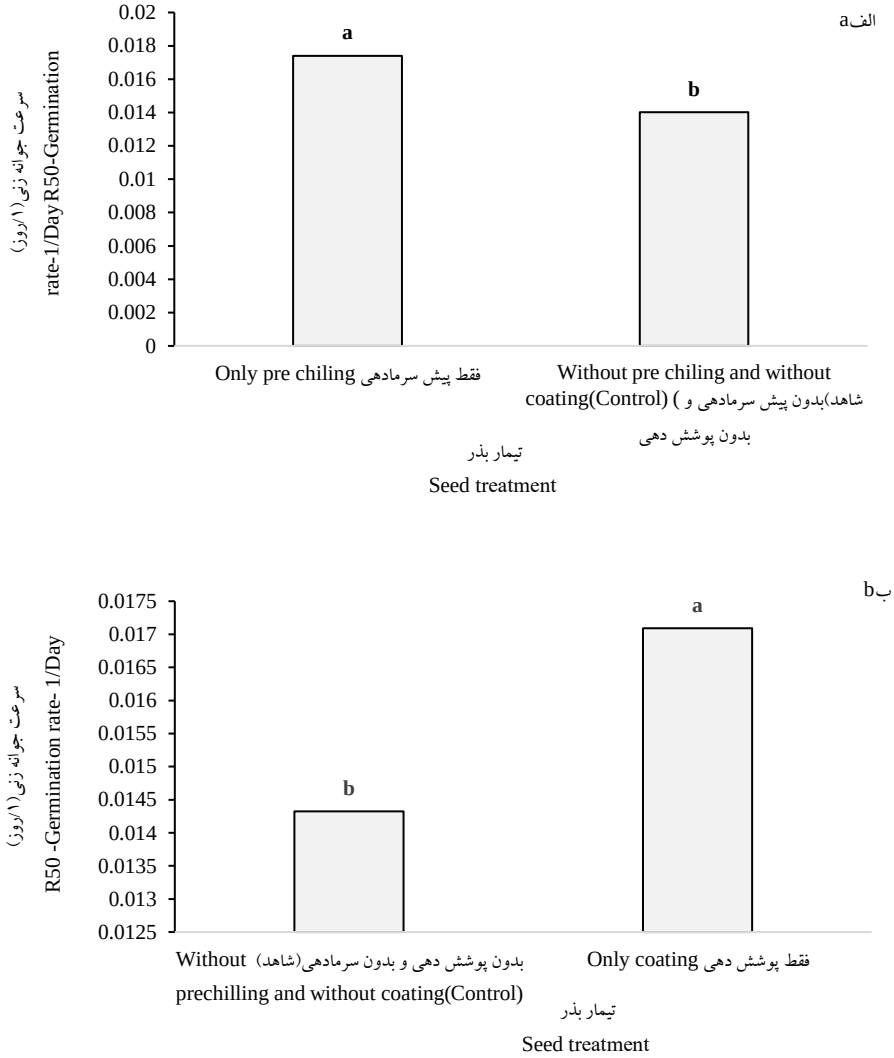
شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثرات تیمارهای پیش‌سرمادهی (الف) و پوشش‌دهی(ب) بذر بر ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG) بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 4- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling (a) & coating (b) treatments effects on coefficient of velocity of germination.



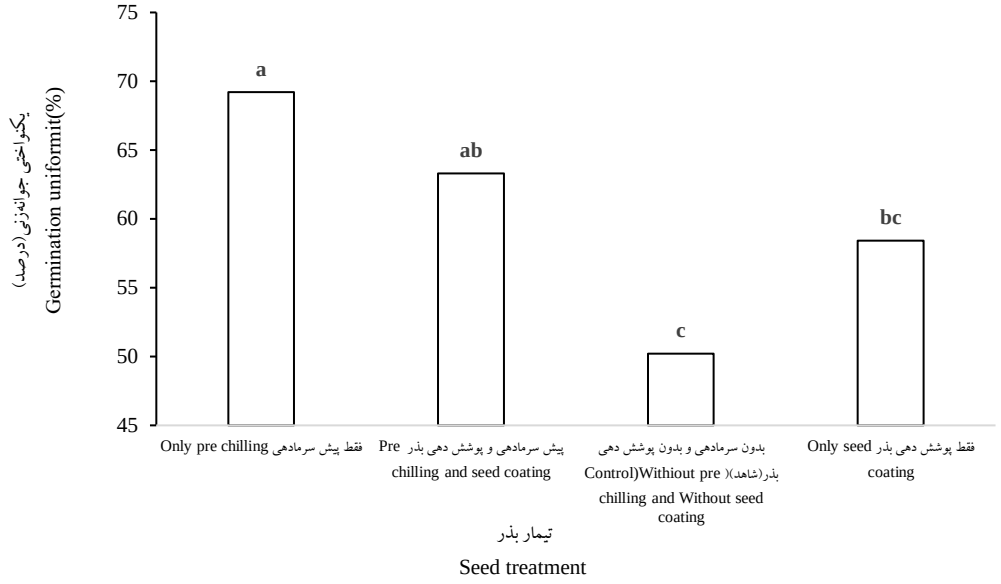
ادامه شکل ۴

Figure 4- Continue



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای پیش‌سرمادهی (الف) و پوشش‌دهی (ب) بذر بر سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) بذرهای فستوکای پابلند.

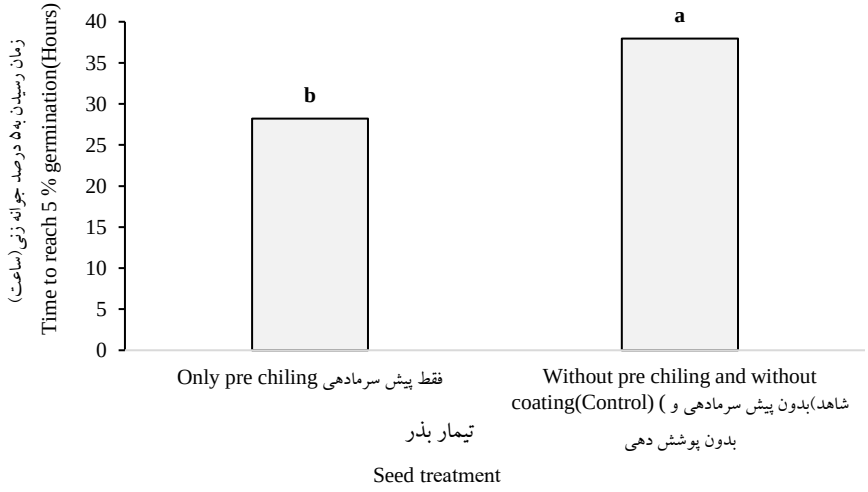
Figure 5- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling (a) & coating (b) treatments effects on R_{50}.



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل تیمار پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بر ضریب یکنواختی جوانه‌زنی بذرهای فستوکای پابلند.

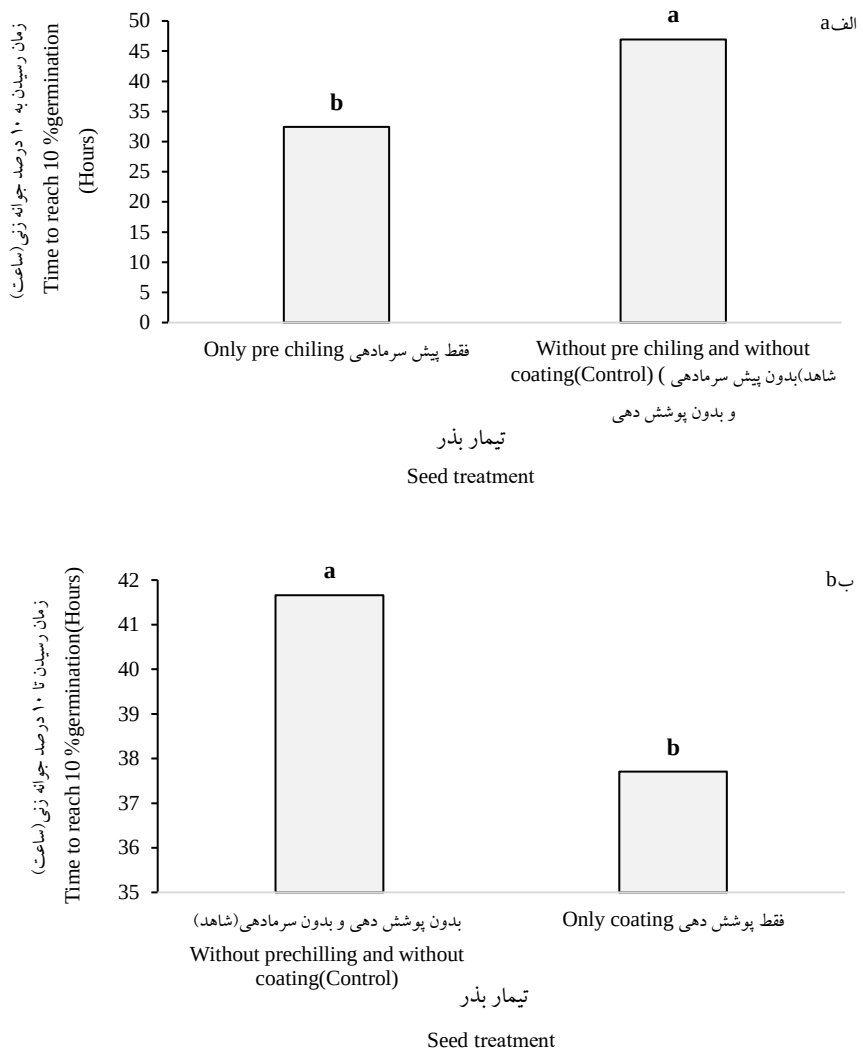
Figure 6- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling treatment & seed coating interaction effect on coefficient of germination uniformity.

مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بر مدت زمان رسیدن تا۵ و ۱۰ درصد جوانه‌زنی بذرها نشان داد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده از مدت زمان رسیدن تا۵ و ۱۰ درصد جوانه‌زنی کمتری به‌ترتیب به‌میزان۲۸/۲۱ و ۳۲/۴۳ ساعت در مقایسه با بمدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵ درصد بذرهای بدون سرمادهی و بدون پوشش‌دهی (شاهد) به ترتیب به‌میزان ۳۷/۹۴ و۴۶/۹۴ ساعت برخوردار بودند(شکل‌های ۷ و۸ الف). همچنین بذرهای فقط پوشش‌دهی شده با مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی ۳۷/۷۰ ساعت از زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی کمتری در مقایسه با بذرهای تیمار بدون پیش‌سرمادهی و بدون پوشش‌دهی (شاهد) برخوردار بودند (شکل ۸ ب).



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر تیمار پیش‌سرمادهی بر مدت زمان رسیدن تا۵ درصد جوانه‌زنی بذریها فستوکای پابلند.

Figure 7- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling treatment on time of achieve to 5 percent of germination.

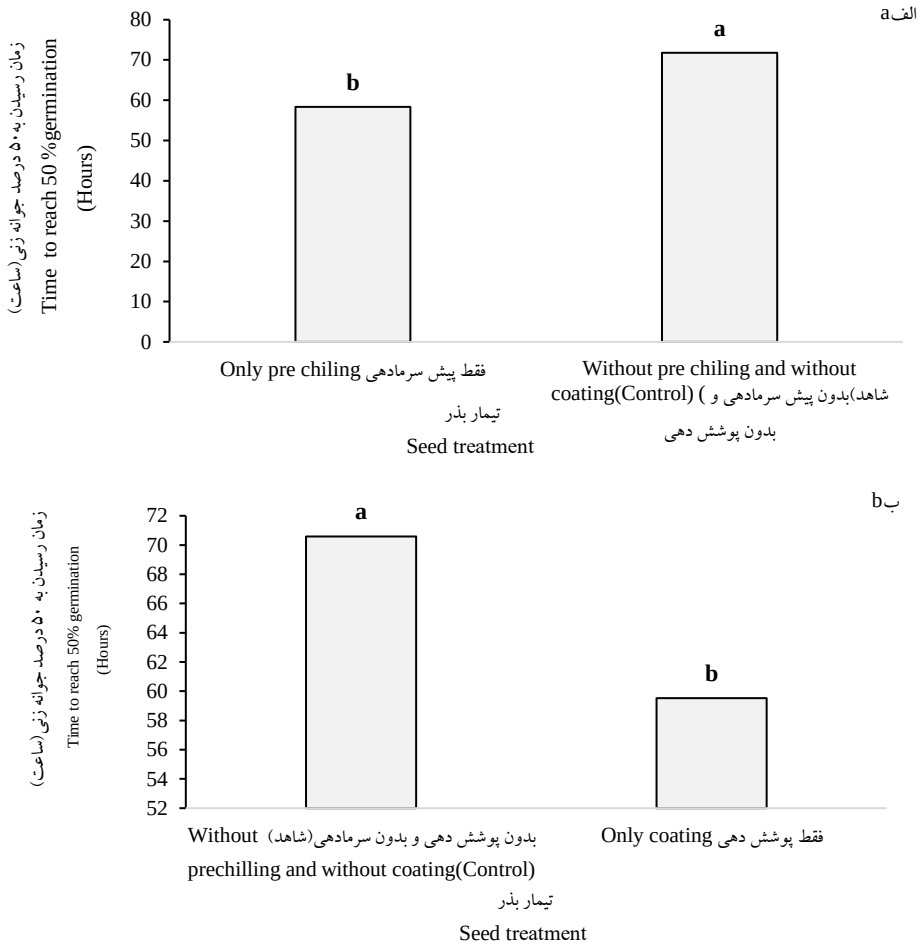


شکل ۸- مقایسه میانگین‌های اثرات تیمارهای پیش‌سرمادهی (الف) و پوشش‌دهی (ب) بر مدت زمان رسیدن تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 11- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling (a) & coating (b) treatments effects on time of achieve to10 percent of germination.

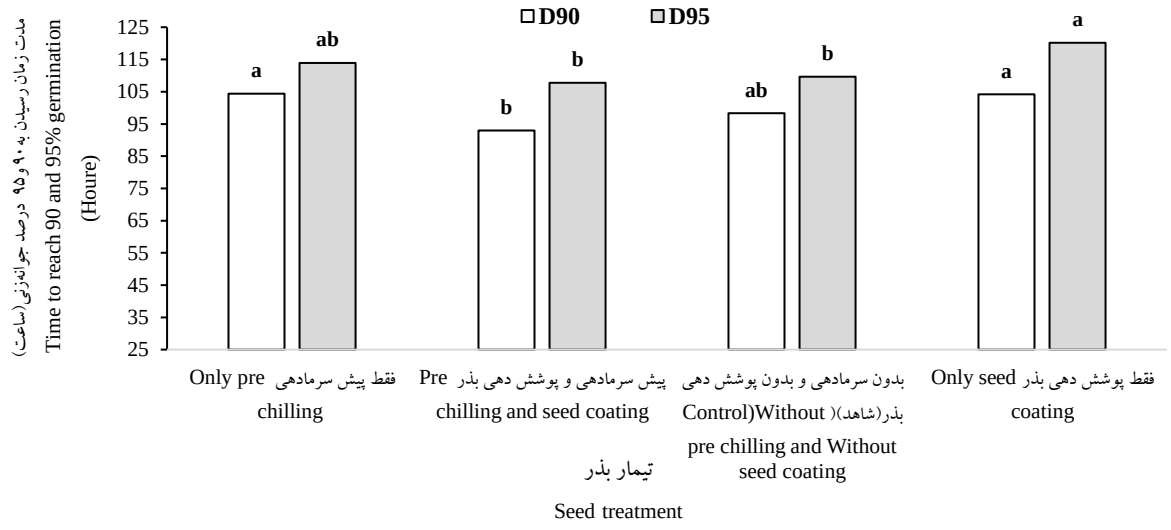
مقایسه میانگین‌های اثرات تیمار پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بر مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها مشخص کرد بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده با۵۸/۳۵ ساعت نسبت به بذرهای تیمار بدون پیش‌سرمادهی و بدون پوشش‌دهی (شاهد) با۷۱/۷۷ ساعت مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتری داشتند. همچنین بذرهای فقط پوشش‌دهی شده با۵۸/۵۳ ساعت دارای مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتری نسبت به بذرهای تیمار بدون پیش‌سرمادهی و بدون پوشش‌دهی (شاهد) با ۷۰/۵۹ ساعت مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتر بوده و بنابراین سریع‌تر جوانه زدند (شکل‌های ۹ الف و ب).

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل تیمار پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بر مدت زمان رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی نشان داد بذرهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی شده با۹۲/۹۹ و۱۰۷/۷۶ ساعت به‌ترتیب از کمترین مدت زمان رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی برخوردار بودند(شکل ۱۰). بنابراین بذرهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی شده از سرعت جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بودند.



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های اثرات تیمارهای پیش‌سرمادهی (الف) و پوشش‌دهی (ب) بر مدت زمان رسیدن تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 9- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling (a) & coating (b) treatments effects on time of achieve to50 percent of germination.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل تیمار پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بر مدت زمان رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی (D_{90}, D_{95}) بذرهای فستوکای پابلند.

Figure 10- Mean comparisons of Tall Fescue seeds pre chilling treatment & seed coating interaction effect on time of achieve to 90 & 95 percent of germination.

بحث

بذرهای فقط پیش‌سرمادهی شده از بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی(شکل ۱) و ضریب سرعت جوانه‌زنی(شکل ۴ الف)، سرعت جوانه‌زنی (R_{50})، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی(شکل ۶)، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی(۳ ب)، مدت زمان رسیدن تا۵، ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها (به‌ترتیب شکل‌های۷، ۸ الف و ۹ الف) برخوردار بودند. همچنین بذرهای فقط پوشش‌دهی شده نیز دارای متوسط زمان جوانه‌زنی (شکل ۳ الف) و مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای کمتر(به ترتیب شکل‌های۸ ب و ۹ب) و ضریب سرعت جوانه‌زنی سرعت جوانه‌زنی(R_{50}) بالا(شکل ۵الف) بودند. بذرهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی شده نیز دارای کمترین مدت زمان رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی بودند(شکل ۱۰). بنابراین مشخص گردید تیمارهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب مایع AB200 به‌تنهایی و به‌همراه پیش‌سرمادهی موجب افزایش جوانه‌زنی و سرعت و یکنواختی و کاهش مدت جوانه‌زنی شد. همان‌طورکه الگوی روند جوانه‌زنی بذرهای فستوکا تحت تیمارهای مختلف (شکل ۲) نشان داد، تیمار پیش‌سرمادهی بذر سبب بهبود و تسریع در روند جوانه‌زنی و ایجاد گیاهچه‌های عادی نسبت به تیمار شاهد (بدون سرمادهی و بدون پوشش‌دهی) گردید. درصد گیاهچه‌های عادی در سه تیمار اعمال شده بالاتر از ۹۲ درصد بود که در مقایسه با تیمار شاهد (بدون سرمادهی و بدون پوشش‌دهی) ۸۸/۲۵ درصد گیاهچه عادی بیشتر بودند. این نتیجه نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمارهای اعمال شده بر درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای فستوکا بود. درصد گیاهچه‌های عادی در تیمارهای پیش‌سرمادهی به‌همراه پوشش‌دهی، فقط پیش‌سرمادهی، و فقط پوشش‌دهی به‌ترتیب بالاتر بودند. نکته حائز اهمیت این است‌که تیمار پیش‌سرمادهی به تنهایی و یا همراه با پوشش‌دهی، سبب افزایش بیشتری در درصد گیاهچه‌های عادی، نسبت به تیمار پوشش‌دهی به‌تنهایی شد که نشان از اهمیت بیشتر تیمار پیش‌سرمادهی بر افزایش درصد گیاهچه‌های عادی نسبت به تیمار فقط پوشش‌دهی بود (شکل ۱).

Richardson & Hignight(2010) مشاهده کردند که درصد جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی بذرهای فستوکای پابلند پوشش‌دهی شده با مواد مختلف با بذرهای پوشش‌دهی نشده(شاهد) تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و کشت بذرهای پوشش‌دهی شده تنها از حیث کشت در شرایط با محدودیت آب خاک مزرعه مناسب بودند که بیانگر تأثیر مثبت پوشش‌دهی بر جوانه‌زنی بذرهای فستوکا در مطالعه ایشان بود.

Stanisavljević et al. (2012) اعلام کردند تیمار بذرهای گونه‌های مختلف فستوکا با اسید سولفوریک و پیش‌گرمادهی[1] را برای رفع خواب بذر مؤثر است.

Nematollahi et al. (2018b) پیش‌تیمار بذرهای فستوکای پابلند با اسید سالیسیلیک را در افزایش جوانه‌زنی مؤثر مشاهده کردند. Vivanco et al. (2021) چینه‌بندی[2] سرمائی را برای رفع خواب بذرهای فستوکای پابلند مؤثر اعلام کردند. Chorlton et al. (1997) مشخص نمودند برای کاهش خواب بذر گونه *فستوکا جیگانتیا*[3] یک تیمار پیش‌سرمادهی به‌مدت چهار هفته پیش از جوانه‌زنی در دمای چهار درجه سلسیوس و جوانه‌زنی در دمای۲۸ درجه سلسیوس برای کاهش خواب و جوانه‌زنی سریع بذر لازم است.

Nematollahi et al. (2018a) مشاهده نمودند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب استاکوزورب[4] به نسبت یک و سه درصد وزنی در بستر کشت خاک بافت لومی تحت شرایط کم آبیاری به میزان ۶۰ درصد آبیاری کامل موجب حفظ رشد و نمو و تولید ماده خشک و علوفه فستوکای پابلند با کیفیت معادل آبیاری معمول گردید. Rujan et al. (2012a) میزان رطوبت مناسب بذر فستوکای پابلند در زمان برداشت و حداکثر میزان رطوبت نسبی هوای مجاز برای نگهداری بذر در انبار را به‌ترتیب۱۴ و ۷۶ درصد اعلام کردند. Rujan et al. (2012b) مشاهده کردند، بدون اعمال سرمادهی و استفاده از نیترات‌پتاسیم (NO_3) برای تیمارکردن بذرها پیش از آزمون جوانه‌زنی بذرهای ارقام مختلف فستوکای

[1] Pre-heating
[2] Cold stratification
[3] *Festuca gigantea* (L.) Vili.
[4] Stockosorb®

پابلند در بسترهای کشت مختلف درصد گیاهچه‌های عادی از ۷۴ تا ۷۹ درصد متفاوت بود. Ahmed & Escobar-Gutiérrez (2022) در جمعیتی متشکل از ۹ نمونه (اکسشن[1]) از میان ۱۲۸ نمونه (اکسشن) بررسی شده فستوکای پابلند مشاهده کردند دمای بهینه جوانه‌زنی بذرها از ۹ تا ۲۵ درجه سلسیوس متغیر بود. مقاومت یا حساسیت گیاهان در برابر سرما بسته به رقم، مورفولوژی، بافت گیاه، خصوصیات سلولی و همچنین شدت و مدت سرما و وضعیت توپوگرافی متفاوت است، ضمن این‌که اندام‌های گیاه نیز از نظر تحمل به سرما درجات متفاوتی را دارند و Soltan (2019) Ahmadi et al. تنوع اکوتیپ‌های مختلف بومی فستوکای پابلند نسبت به سرما در مراحل مختلف رشد و نمو را مشاهده کردند. دامنه دمایی رشد مطلوب این گیاه ۱۲-۲۴ درجه سلسیوس گزارش شده است (Ghorbanpoor et al., 2022).

بررسی Rabbani Kheir Khah et al. (2019) نشان داد کاربرد پلیمر سوپرجاذب آکوازورب[2] خصوصیات فیزیولوژیک و بقای فستوکای پابلند را در شرایط تنش خشکی در محوطه‌های فضای سبز بهبود داد و موجب کاهش مصرف آب در این محوطه‌ها گردید. Rouhi et al. (2011) مشاهده کردند اوسمو پرایمینگ و هیدروپرایمینگ بذر فستوکای پابلند با بهبود جذب آب به‌وسیله بذر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی نهائی و افزایش سرعت جوانه‌زنی شد. Abbasi Khalaki et al. (2019) گزارش کردند با افزایش شدت تنش خشکی جوانه‌زنی بذر *فستوکا اوینا* کاهش یافت. Guan et al. (2014) بذرهای دو رقم توتون را با استفاده ترکیب حاصل از پلیمر سوپرجاذب هیدروژل پلی (۲-آکریل آمید-۲متیل پروپان سولفونیک اسید) (PAMPS)[3] و اسید سالیسیلیک (SA)[4] حجیم (پلت) نموده و مشاهده کردند در شرایط تنش خشکی در محیط جوانه‌زنی بذرها در مقایسه درصد و شاخص جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در بذرهای حجیم (پلت) شده نسبت به بذرهای حجیم (پلت) نشده (شاهد) افزایش یافتند.

de Barros et al. 2017 بذرهای پوشش‌دهی شده پلیمر سوپرجاذب (SAP) و پوشش‌دهی نشده سورگوم را در محیط سینی‌های کشت و گلدان تحت شرایط اعمال تنش کمبود آب با مدت زمان های مختلف فواصل آبیاری کشت کردند و مشاهده نمودند بوته‌های حاصل از بذرهای پوشش‌دهی شده با پلیمر سوپرجاذب (SAP) از شاخص‌های رشد رویشی و تولید ماده خشک بهتری نسبت به بوته‌های حاصل از بذرهای پوشش دهی نشده برخوردار بودند.

Li-qiang et al. (2017) اثر پوشش‌دهی بذر نخود درختی[5] با پنج نوع پلیمر سوپرجاذب بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه را بررسی کردند. آنان بهبود بقای گیاهچه در شرایط تنش خشکی در خاک در اثر پوشش‌دهی بذرها با پلیمرهای سوپرجاذب را مشاهده نمودند و از میان پلیمرهای سوپرجاذب بررسی شده پلیمر سوپرجاذب آکوآزورب موجب افزایش دو برابری بقای گیاهچه‌های نخود درختی در شرایط تنش خشکی گردید.

نتایج تحقیق Suganya et al. (2019) مشخص نمود کاربرد ۲، ۷ و ۸ گرم به‌ترتیب پلیمرهای سوپرجاذب پلی‌آکریلات سدیم و پلی‌آکریل آمید و پلیمر سوپرجاذب زیستی به ازای کیلوگرم بذر ماش سبز[6] برای پوشش‌دهی بذرها نسبت به بذرهای شاهد پوشش‌دهی نشده موجب بهبود کارکرد فیزیولوژیک بذرها گردید. آنان مشاهده نمودند پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب زیستی منجربه بیشترین سرعت جوانه‌زنی به میزان ۷/۱ بذر در روز و بالاترین درصد جوانه‌زنی بذرها به مقدار ۸۸ درصد، بالاترین طول گیاهچه به طول ۳۵/۷ و حداکثر وزن خشک گیاهچه به وزن ۰/۱۹۹ گرم به ازای ۱۰ گیاهچه و بیشترین شاخص بنیه گیاهچه به میزان ۳۱۴۲ گردید.

بروز شرایط تنش خشکی پس از کشت بذر می‌تواند موجب کاهش استقرار گیاهچه در بستر کاشت گردد (Richardson & Hignight, 2010). گیاهان پوششی ازجمله گیاهان پوششی تزئینی و فضای سبز مانند انواع چمن‌ها از نحوه رشد گسترده شده بر روی زمین برخوردار بوده و بنابراین نسبت به بروز تنش خشکی حساس

[1] Accession
[2] Aquasorb
[3] Poly(2-acrylamide-2-methyl propane sulfonic acid) (PAMPS)
[4] Salicylic acid (SA)
[5] *Caragana korshinskii*
[6] *Vigna radiata* L.

هستند (Amirkhani et al., 2023). Amirkhani et al.(2023) بذرهای شبدر قرمز را با دو درصد وزن بذر پلیمر فرمولاسیون سوپرجاذب پلی‌آکریلات پتاسیم (PAL)[1] با میزان آبگیری بیش از ۲۰۰ گرم آب به ازای هر گرم وزن پلیمر، پلیمر پایه پلی‌آکریل‌آمید (PAM) ، پلیمر پایه آکریل‌آمید به همراه گرافیت (PAM+G)[2] و نمک پتاسیمی نشاسته-جی-۲ اسید فسفونیک (STR)[3] با میزان آبگیری ۳۵۲ گرم آب به ازای هر گرم وزن را با حل کردن پودر این پلیمرهای جامد در آب حاصل از اسمز معکوس و دآیونیزه[4] با این پلیمرها به‌صورت یکنواخت پوشش‌دهی کردند و افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها در همه تیمارها نسبت به عدم استفاده از فرمولاسیون‌های پلیمرهای سوپرجاذب مختلف بررسی شده نسبت‌به بذرهای بدون پوشش(شاهد) مشاهده گردید. همچنین در آزمایش مزرعه‌ای نیز بذرهای پوشش‌دهی شده با فرمولاسیون‌های پلیمرهای سوپرجاذب مختلف بررسی شده در شرایط تنش خشکی در بستر کشت ازلحاظ ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه از برتری نسبت‌به بذرهای بدون پوشش(شاهد) برخوردار بودند و بذرهای پوشش‌دهی شده با فرمولاسیون نمک پتاسیمی نشاسته-جی-۲ اسید فسفونیک (STR) از بیشترین آبگیری و ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه در شرایط کشت به‌صورت پاشش بذر بر سطح زمین و سپس کشیدن شانه(ردیف‌کن[5]) برخوردار بودند. به‌طورکلی نتیجه این تحقیق نشان داد در آزمایش‌های آزمایشگاهی و مزرعه بذرهای پوشش‌دهی شده نسبت به بذرهای پوشش‌دهی نشده(شاهد) دارای جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه بهتری بودند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد تیمارهای پیش‌سرمادهی و پوشش‌دهی بذرها با پلیمر سوپرجاذب مایع AB200 به‌تنهایی و به‌همراه پیش‌سرمادهی موجب افزایش جوانه‌زنی و سرعت و یکنواختی و کاهش مدت جوانه‌زنی شد. پوشش‌دهی بذرهای فستوکای پابلند رقم مانیتو با پلیمر سوپرجاذب مایع بر پایه پتاسیم (Superab AB200) سبب بهبود جوانه زنی و سرعت و یکنواختی آن گردید.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Abbasi Khalaki, M., Ghorbani, A., & Dadjou, F. (2019). Influence of nano-priming on *Festuca ovina* seed germination and early seedling traits under drought stress, in laboratory condition. *Ecopersia*, *7*(3), 133–139.

Ahakpaz, D. (2000). *Karyotype analysis of indigenous populations of Festuca arundinacea* [Master's thesis, Faculty of Agriculture]. Isfahan University of Technology.

Ahmed, L. Q., & Escobar-Gutiérrez, A. J. (2022). Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) shows intraspecific variability in response to temperature during germination. *Agronomy*, *12*(5), Article 1245. https://doi.org/10.3390/agronomy12051245

Akelah, A. (2013). Polymers in plantation and plants protection. In *Functionalized Polymeric Materials in Agriculture and the Food Industry* (pp. 51–105). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7061-8_2

Amirkhani, M., Mayton, H., Loos, M., & Taylor, A. (2023). Development of superabsorbent polymer (SAP) seed coating technology to enhance germination and stand establishment in red clover cover crop. *Agronomy*, *13*(2), Article 438. https://doi.org/10.3390/agronomy13020438

Bayat, H., Naseri Moghaddam, A., & Aminifard, M. (2020). Allelopathic effects of narcissus (*Narcissus tazetta* L.) extract on germination, growth, and physiological characteristics of couch grass (*Agropyron repens*) and wild oat (*Avena fatua*). *Journal of Seed Science Research*, *6*(4), 457–469. https://doi.org/10.22124/jms.2020.3925 [In Persian]

[1] Potassium polyacrylate (PAL)
[2] PAM with graphite (PAM+G)
[3] Starch-g-2-Propenoic acid (potassium salt) (STR)
[4] Reverse Osmosis (RO) and Deionization (DI) water
[5] Rake

Bennett, G. M., & Lloyd, J. M. (2016). *Seed inoculation, coating and precision pelleting science, technology and practical applications*. Taylor and Francis Group, LLC. https://doi.org/10.1201/b19298

Bradford, K. J., & Nonogaki, H. (2011). *Seed development, dormancy and germination* (A. Hamidi & A. Naderi Arefi, Trans.). University of Tehran Press. [In Persian]

Chorlton, K. H., Marshall, A. H., & Thomas, I. D. (1997). Germination requirements and dormancy in *Festuca gigantea* (L.) Vill. populations. In R. H. Ellis, M. Black, A. J. Murdoch, & T. D. Hong (Eds.), *Basic and Applied Aspects of Seed Biology: Proceedings of the Fifth International Workshop on Seeds, Reading, 1995* (Vol. 1, pp. 279–287). Kluwer Academic Publishers.

de Barros, A. F., Pimentel, L. D., Araujo, E. F., de Macedo, L. R., Prieto Martinez, H. E., Pereira Batista, V. A., & da Paixão, M. Q. (2017). Super absorbent polymer application in seeds and planting furrow: It will be a new opportunity for rain fed agriculture. *Semina: Ciências Agrárias*, *38*(4), 1703–1717. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p1703

Desai, B. B. (2004). *Seeds handbook: Biology, production, processing, and storage* (2nd ed.). Marcel Dekker, Inc. https://doi.org/10.1201/9781482276428

Don, R., & Ducournau, S. (2018). *ISTA handbook on seedling evaluation* (4th ed.). International Seed Testing Association (ISTA).

Ekebafe, L. O., Ogbeifun, D. E., & Okieimen, F. E. (2011). Polymer applications in agriculture. *Biokemistri*, *23*(2), 81–89.

George, R. A. T. (2011). *Agricultural seed production*. CAB International.

Ghorbanpoor, S., Dianati, G., & Alizadeh, M. (2022). Morphological and physiological responses of two species of *Festuca arundinacea* Schreb. and *Dactylis glomerata* L. at 4 °C. *Journal of Rangeland*, *15*(2), 321–331.

Guan, Y., Cui, H., Ma, W., Zheng, Y., Tian, Y., & Hu, J. (2014). An enhanced drought-tolerant method using SA-loaded PAMPS polymer materials applied on tobacco pelleted seeds. *The Scientific World Journal*, *2014*, Article 752658. https://doi.org/10.1155/2014/752658

Hamidi, A. (2017). *Principles and methods of seed technology* (Vol. 1). Iran University Press. [In Persian]

Hamidi, A. (2022). *Principles and methods of seed technology* (Vol. 2). Iran University Press. [In Persian]

International Seed Testing Association. (2023). *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association (ISTA).

Leinauer, B., Serena, M., & Singh, D. (2010). Seed coating and seeding rate effects on turfgrass germination and establishment. *HortTechnology*, *20*(1), 179–185. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.1.179

Li-qiang, S U., Jia-guo, L I., Hua, X U E., & Wang, X. F. (2017). Super absorbent polymer seed coatings promote seed germination and seedling growth of *Caragana korshinskii* in drought. *Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology)*, *18*(8), 696–706. https://doi.org/10.1631/jzus.B1600350

Mansouri Daneshvar, M. R., Ebrahimi, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: Facts and statistics. *Environmental Systems Research*, *8*, Article 7. https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3

Mozaffarian, V. (2002). *A dictionary of Iranian plants names: Latin, English, Persian*. Farhang Mo'aser Publishers. [In Persian]

Nematollahi, F., Tehranifar, A., Nemati, S. H., Kazemi, F., & Gazanchian, G. A. (2018a). Improving early growing stage of *Festuca arundinacea* Schreb. using media amendments under water stress conditions. *Desert*, *23*(2), 295–306.

Nematollahi, F., Tehranifar, A., Nemati, S. H., Kazemi, F., & Gazanchian, G. A. (2018b). Seed priming as a strategy for improving seedling emergence stage of a native tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb. ecotype Gaz Borkhar) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *7*(2), 289–301. https://doi.org/10.22034/ijsst.2019.110741.1095 [In Persian]

Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., Muftaudeen, T. K., Swaray, S., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent polymer hydrogels for sustainable agriculture: A review. *Horticulturae*, *8*(7), Article 605. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070605

Rabbani Kheir Khah, S. M., Kazemi, F., & Shoor, M. (2019). Evaluating the effect of superabsorbents on soil moisture and physiological characteristics of *Lolium perenne* L. 'Chadegan' and *Festuca arundinacea*. *Desert*, *24*(2), 229–240.

Ranal, M. A., & de Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, *29*(1), 1–11. https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002

Richardson, M. D., & Hignight, K. W. (2010). Seedling emergence of tall fescue and Kentucky bluegrass, as affected by two seed coating techniques. *HortTechnology*, *20*(2), 415–417. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.415

Rouhi, H. R., Aboutalebian, M. A., & Sharif-Zadeh, F. (2011). Seed priming improves the germination traits of tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Notulae Scientia Biologicae*, *3*(2), 57–63. https://doi.org/10.15835/nsb325409

Rujan, C., Cojocariu, L., Bordean, D. M., Giuchici, C., Bostan, C., Borzan, A. B., Durău, C., & Horablaga, M. (2012a). The influence of moisture on the quality indices of *Festuca arundinacea* seeds. *Research Journal of Agricultural Science*, *44*(1), 223–230.

Rujan, C., Cojocariu, L., Horablaga, M. M., Bordean, D. M., Durău, C., & Cicico, J. (2012b). Quality assessment of *Festuca arundinacea* (Schreb.) seeds through laboratory methods. *Bulletin of UASVM Agriculture*, *69*(1), 126–132.

Shoup, D. E., Kilgore, G. L., & Brazle, F. K. (2010). *Tall fescue production and utilization*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Soltan Ahmadi, A., Nezami, A., Kafi, M., & Khazaei, H. R. (2019). Study on cold tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* L.) ecotypes under field and controlled conditions. *Journal of Agroecology*, *11*(1), 349–364. https://doi.org/10.22067/jag.v11i1.73193

Soltani, A., & Maddah, V. (2010). *Simple, applied programs for education and research in agronomy*. Shahid Beheshti University Press.

Stanisavljević, R., Vučković, S. M., Simić, S., Marković, J., Lakić, Ž. P., Terzić, D., & Đokić, D. (2012). Acid and temperature treatments result in increased germination of seeds of three fescue species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *40*(2), 220–226. https://doi.org/10.15835/nbha4027898

Suganya, K., Jerlin, R., & Raja, K. (2019). Standardization of suitable super absorbent polymer coating for enhancing seed quality of green gram (*Vigna radiata* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, *9*(3), 193–200.

Taylor, A. G. (2020). Seed storage, germination, quality and enhancements. In H. C. Wien & H. Stützel (Eds.), *The Physiology of Vegetable Crops* (2nd ed., pp. 1–30). CAB International. https://doi.org/10.1079/9781786393777.0001

USDA-NRCS. (2016). *Tall fescue production and utilization*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Vivanco, P., Oliveira, J. A., & Martín, I. (2021). Optimal germination conditions for monitoring seed viability in wild populations of fescues. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *19*(3), Article e1002. https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-18025

Wiecko, G. (2006). *Fundamentals of tropical turf management*. Biddles Ltd.

Zhang, X. H., Chai, R., Ma, Y. F., Meng, W. W., Qi, Y. W., Chu, X. T., & Xu, Y. F. (2019). Nitric oxide effect on mowing tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) roots via antioxidant defense and plant hormones. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *21*(5), 1235–1248.