

Short Research Article

Evaluation of germination indices in *Festuca spp.* under chilling, osmo- and hormone priming**Hamideh Javadi^{1*}, Parvin Salehi Shanjani¹, Mohammad Dadmand², Masoumeh Ramazani Yeghaneh²****Extended abstract**

Introduction: Festuca species are forage grasses that are very important in terms of fodder supply and soil protection. The seeds of these plants have internal dormancy (physiological) and are unable to germinate easily. Therefore, they must be subjected to various treatments to germinate. In nature, this dormancy is broken during the cold period of winter (chilling). The purpose of this research is to investigate different methods of dormancy breaking in Festuca species for large-scale production and accelerate the germination process.

Materials and methods: In this research, three species of Festuca (*Festuca arundinacea*, *F. ovina*, and *F. rubra*) were subjected to different treatments of chilling (4°C, 14 days), osmo-priming with potassium nitrate (KNO₃) 1.5% and gibberellic acid 150 and 200 ppm. After 14 days of germination test, various germination indices including percentage and rate of germination, mean germination time, seed vigor index, length of radicle, shoot and seedling, and the ratio of radicle to shoot length were calculated.

Results: The results of the analysis of variance showed a significant difference between species (except for germination percentage and root length traits) and treatments (for all traits). The interactions between the species and treatment were also significant for all traits (except for the length of radicle and seedling). Among the three species, the percentage of germination varied from 26.67 to 30.67% and the value of the germination rate varied from 1.92 to 3.31 n/d. The average time required for germination varied from 3.75 to 4.36 days and the seed vigor index varied from 26.74 to 43.02. The radicle length was between 37.22 and 45 mm and the shoot length was between 37.34 and 81.33 mm. Based on principal components analysis (PCA), percentage and rate of germination, seed vigor index, and length of radicle and seedling were introduced as the most important factors in creating diversity in Festuca species. In determining the correlation between traits, a high correlation of 70% was observed between germination percentage, germination rate, and seed vigor index.

Conclusion: Among the three species, *Festuca rubra* was superior to the other two species by having the highest percentage and rate of germination, seed vigor, radical length, and the shortest time required for germination. Among the applied treatments, 1.5% potassium nitrate (KNO₃) with chilling (4°C, for 14 days), had a positive effect on the percentage and rate of germination, radical length, and gibberellic acid (150 ppm) treatment had a positive effect on the length of shoot and seedling. The presence of high germination percentage and rate indicated higher seed vigor.

Keywords: *Fescue, Germination, Gibberellic acid, Potassium nitrate, Seed vigor*

Highlights:

- 1- Using potassium nitrate as a pre-treatment of seeds is better than watering seeds with potassium nitrate.
- 2- The effect of osmo-priming (potassium nitrate 1.5%) on the germination characteristics of Festuca seeds is better than hormone priming (Gibberellic acid).
- 3- Pre-treatment with 1.5% potassium nitrate increases the number of germinated seeds, while treatment with 150 ppm gibberellic acid increases seedling length in Festuca seeds.

¹Member of board in Research Institute of Forests & Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran-Iran.

² Expert of Natural Resources Gene Bank of Iran, Research Institute of Forests & Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran-Iran.

*Corresponding author, E-mail: javadi@rifr-ac.ir

DOR:

[DOI: 10.61186/yujs.10.2.187](https://doi.org/10.61186/yujs.10.2.187)



CrossMark

[ISSN: 2383-1480 \(On-Line\); 2383-1251 \(Print\)](https://doi.org/10.61186/yujs.10.2.187)



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Received: 15.5.2023; Revised: 14.11.2023;
Accepted: 23.12.2023; Online Published: 19.3.2024

مقاله کوتاه پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی گونه‌های مختلف فستوکا (*Festuca spp.*) تحت تیمارهای سرمادهی، اسمزی و هورمونیحمیده جوادی^{۱*}، پروین صالحی شانجانی^۱، محمد دادمند^۲، معصومه رمضانی یگانه^۲

چکیده مبسوط

مقدمه: گونه‌های جنس فستوکا (*Festuca spp.*) جزء گراس‌های علوفه‌ای هستند که اهمیت زیادی از نظر تامین علوفه و حفاظت از خاک دارند. بذرها این گیاهان دارای خواب درونی (فیزیولوژیکی) بوده و براحتی قادر به جوانه‌زدن نیستند و باید تحت تیمارهای مختلف قرار بگیرند تا بتوانند جوانه بزنند. در طبیعت این خواب با طی دوره سرمای زمستان شکسته می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی روش‌های مختلف شکست خواب گونه‌های فستوکا به منظور تولید در سطح گسترده و تسریع در فرآیند جوانه‌زنی است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق سه گونه از جنس فستوکا (*F. rubra* و *F. ovina* و *Festuca arundinacea*)، تحت تیمارهای مختلف پیش‌سرمادهی (۴ درجه به مدت ۱۴ روز)، پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۱/۵٪ و اسیدجیبرلیک ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر قرار گرفتند. و پس از طی ۱۴ روز آزمون جوانه‌زنی، شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی شامل: درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین گونه‌ها (به استثنای صفت درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه) و تیمارها (برای تمام صفات) نشان داد. برهمکنش گونه با تیمار نیز برای تمام صفات به استثنای صفات طول ریشه‌چه و گیاهچه، معنی‌دار بود. در بین سه گونه، درصد جوانه‌زنی از ۲۶/۶۷ تا ۳۰/۶۷ درصد و مقدار سرعت جوانه‌زنی از ۱/۹۲ تا ۳/۳۱ تعداد/روز متغیر بود. متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی از ۳/۷۵ تا ۴/۳۶ روز و میزان شاخص بنیه بذر از ۲۶/۷۴ تا ۴۳/۰۲ متغیر بودند. طول ریشه‌چه بین ۳۷/۲۲ تا ۴۵ میلی‌متر و طول ساقه‌چه بین ۳۷/۳۴ تا ۸۱/۳۳ میلی‌متر بود. بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی، صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و طول ریشه‌چه و گیاهچه مهمترین عوامل در ایجاد تنوع در گونه‌های فستوکا معرفی شدند. در تعیین روابط همبستگی بین صفات، همبستگی بالای ۷۰٪ بین درصد جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه‌بذر مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: در بین سه گونه، گونه *Festuca rubra* با داشتن بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه و کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی نسبت به دو گونه دیگر برتری داشت. و در بین تیمارهای اعمال شده، تیمار نیترات پتاسیم ۱/۵ درصد به همراه سرمادهی (۴ درجه به مدت ۱۴ روز)، تاثیر مثبت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و تیمار اسیدجیبرلیک ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر تاثیر مثبت بر طول ساقه‌چه و گیاهچه داشتند. وجود درصد و سرعت جوانه‌زنی بالا در بین گونه‌ها دلالت بر داشتن بنیه بالای بذور بود.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، بنیه‌بذر، جوانه‌زنی، فستوکا، نیترات پتاسیم

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- تاثیر استفاده از نیترات پتاسیم برای پیش‌تیمار بذرها، بهتر از آبدی بذرها با نیترات پتاسیم است.
- ۲- اثرات اسموپرایمینگ (نیترات پتاسیم ۱/۵٪) روی خصوصیات جوانه‌زنی بذور فستوکا بهتر از هورمون پرایمینگ (اسیدجیبرلیک) است.
- ۳- پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۱/۵ درصد باعث افزایش تعداد بذرها و جوانه‌زده در حالی که تیمار با اسیدجیبرلیک ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر باعث افزایش طول گیاهچه در بذور فستوکا می‌شود.

DOR:

DOI: 10.61186/yujs.10.2.187



CrossMark

شاپا: ۱۴۸۰-۲۳۸۳ (برخط): ۱۲۵۱-۲۳۸۳ (چاپی)

^۱ اعضای علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
^۲ کارشناس بانک ژن منابع طبیعی ایران، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول: javadi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۵؛ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

مقدمه

جنس *Festuca* با نام انگلیسی *Fescue* و به فارسی فستوکا و یا علف بره، یکی از بزرگترین جنس‌های تیره غلات (*Poaceae*) است (گات^۱ و همکاران، ۲۰۰۰). گیاهان این جنس جزء گراس‌های علوفه‌ای و چمنی محسوب می‌شوند که در بوم‌نظام‌های مختلف وجود دارند و نقش مهمی را در تولید علوفه و حفاظت از خاک و محیط زیست دارند (وانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۱). این جنس در اکثر مناطق کره زمین پراکنده است ولی پراکنش آن در نیمکره شمالی متنوع است و به احتمال زیاد منطقه اوراسیا مرکز منشأ آن بوده است (لوریو^۳ و همکاران، ۲۰۰۷؛ ایندا^۴ و همکاران، ۲۰۰۸). این جنس با ۶۳۶ گونه در دنیا نشان داده می‌شود که ۹ تای آن‌ها در ایران هستند و بسیاری از گونه‌های آن اهمیت زراعی زیادی داشته و به عنوان گونه‌های در معرض چرای دام در مراتع محسوب می‌شوند (رستگار^۵، ۲۰۰۷؛ مظفریان^۶، ۲۰۰۶).

برای افزایش تولید و گسترش کشت، نیاز به رفع مشکلات موجود در مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است زیرا که جوانه‌زنی سریع بذر و استقرار توده، از عوامل حیاتی برای تولید محصول بیشتر هستند (کامکار^۷ و همکاران، ۲۰۰۶). در بسیاری از گونه‌های زراعی، جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه حساس‌ترین مراحل رشد بوده و توسط عوامل محیطی متعددی مهار می‌شود. علاوه بر این، نیازهای جوانه‌زنی گونه‌های بومی، به ویژه برای گونه‌های کمیاب و یا بومی، معمولاً برای حفاظت آن‌ها مهم هستند (سرابولینی^۸ و همکاران، ۲۰۰۴). شناخت این عوامل نشان می‌دهد که چگونه فرآیند جوانه‌زنی با شرایط زیستگاه سازگار است و چگونه توسط عوامل محیطی تنظیم و بر استقرار

نهال‌های بعدی در زیستگاه‌ها تأثیر می‌گذارد (وان آسچه^۹ و همکاران، ۲۰۰۲).

گونه‌های علفی معمولاً خواب از نوع «فیزیولوژیک غیرعمیق» دارند این نوع خواب، به‌آسانی با زمان و شرایط محیطی، یعنی با فصول تغییر می‌کند و بیشتر به عنوان «خشکی پس از رسیدن» شناخته می‌شود (باسکین و باسکین^{۱۰}، ۱۹۹۸). مثلاً بذرهای گیاه *Festuca idahoensis* برای شروع جوانه‌زنی، نیاز به یک دوره نگهداری پس از برداشت دارند بطوری که تیمار دمای ۲۰ درجه به مدت ۹ ماه و روشنایی ۸ ساعت در روز، باعث کاهش مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ۵۰٪ بذرهای آن از ۳۴ روز به ۷ روز می‌شود (کایه^{۱۱}، ۱۹۹۷). خشک کردن پس از رسیدگی، ممکن است تغییراتی در سطوح بازدارنده‌های رشد یا محرک‌های رشد در جنین بذر ایجاد کند و جوانه‌زنی بذر را تحریک کند (بل و آمین^{۱۲}، ۱۹۷۰). همچنین درجه حرارت می‌تواند درصد و سرعت جوانه‌زنی را از طریق تأثیر بر زوال بذر، کاهش خواب و اثر بر کلیه فرآیندهای جوانه‌زنی، تحت تأثیر قرار دهد (الیس^{۱۳} و همکاران، ۱۹۸۶؛ ویسه و بینینگ^{۱۴}، ۱۹۸۷). از طرفی پیش‌تیمار بذر یک فناوری قابل انجام برای افزایش سبز شدن سریع و یکنواخت، افزایش بنیه و عملکرد بهتر برای گونه‌های گیاهی است (درمان^{۱۵} و همکاران، ۱۹۸۷؛ پاره‌را و کانتلیفه^{۱۶}، ۱۹۹۴؛ بروگینک^{۱۷} و همکاران، ۱۹۹۹). پیش‌تیمار بذر، به عنوان عاملی است که عملکرد بذر را در شرایط محیطی بهبود می‌بخشد (اشرف و فولاد^{۱۸}، ۲۰۰۵). در حقیقت، پیش‌تیمار بذر روشی است که تا حدی بذر را هیدراته می‌کند، پس از آن، بذرهای خشک شده و تا زمان کاشت نگهداری می‌شوند. روش‌های پیش‌تیمار بذر و گیاهچه به طور جامع توسط

⁹ Van Assche

¹⁰ Baskin and Baskin

¹¹ Kaye

¹² Bell and Amen

¹³ Ellis

¹⁴ Wiese and Binning

¹⁵ Dearman

¹⁶ Parera and Cantliffe

¹⁷ Bruggink

¹⁸ Ashraf and Foolad

¹ Gaut

² Wang

³ Loureiro

⁴ Inda

⁵ Rastegar

⁶ Mozaffarian

⁷ Kamkar

⁸ Cerabolini

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده: این مطالعه در گروه بانک ژن، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران انجام شد. بذر فستوكا (*Festuca spp.*)، به عنوان ماده بذری از بانک ژن منابع طبیعی ایران، که از مناطق جغرافیایی مختلف استان‌های اردبیل و آذربایجان غربی جمع‌آوری شده بودند تهیه گردید (جدول ۱).

تیمارها و پیش‌تیمارهای مورد استفاده: بر مبنای دستورالعمل‌های ایستاد^۶ (۲۰۰۷)، برای پیش‌تیمار پیش‌تیمار سرمادهی، از دمای ۴ درجه سلسیوس، برای پیش‌تیمار اسمری از نیترات پتاسیم^۷ و برای پیش‌تیمار پیش‌تیمار هورمونی از اسید جیبرلیک^۸ ۱۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر استفاده شد.

تیمارهای استفاده شده عبارتند از:

تیمار ۱ (شاهد): پیش‌تیمار سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز

تیمار ۲: پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز، سپس بذرها با نیترات پتاسیم (۱/۵ گرم در لیتر) آبدهی شدند.

تیمار ۳: پیش‌تیمار اسمری با نیترات پتاسیم ۱/۵٪ در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز و سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز

تیمار ۴: پیش‌تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک (۱۵۰ میلی گرم بر لیتر)، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز

تیمار ۵: پیش‌تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر)، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز، سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز

آزمایش جوانه‌زنى با سه تکرار ۱۵ عدد بذری (بدلیل محدود بودن بذر در بانک ژن) روی کاغذهای دولایه (کاغذ واتمن) درون ظروف پتری ۹ سانتی‌متری انجام

حسن‌الزمان و فوتوپولوس^۱ (۲۰۱۹) شرح داده شده است است که شامل خیساندن بذر در آب و یا محلول اسمری و مخلوط کردن با مواد ماتریکس متخلخل است. اطلاعات زیادی در دسترس است که نشان می‌دهد هیدراتاسیون بذرها، اما نه بیشتر، به عنوان پیش‌تیمار، باعث افزایش سنتز RNA و پروتئین و رشد سریع جنین می‌شود (فو^۲ و همکاران، ۱۹۸۸؛ داهال^۳ و همکاران، ۱۹۹۰). همچنین پیش‌تیمار بذر معمولاً برای کاهش زمان بین کاشت بذر و سبز شدن گیاهچه استفاده می‌شود کارهای قبلی نشان می‌دهد که موفقیت در پیش‌تیمار بذر تحت تأثیر برهم‌کنش پیچیده، عواملی از جمله گونه‌های گیاهی، پتانسیل آبی عامل پیش‌تیمار، مدت زمان پیش‌تیمار، دما، بنیه بذر و کم آبی و همچنین شرایط نگهداری بذر تیمار شده دارد (پاره‌را و کانتلیفه، ۱۹۹۴). اگرچه، مطالعات قبلی برخی از فواید تیمارهای قبل از کاشت را بر تقویت بنیه بذر نشان می‌دهد، اما اطلاعات کمی در مورد ویژگی‌های جوانه‌زنى بذرهاى تیمار شده فستوكا وجود دارد.

یکی از اهداف بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران، یافتن راهکارهای مناسب و سریع برای بهبود جوانه‌زنى بذر گیاهان مرتعی و ارائه آن به مروجان و پرورش‌دهندگان جهت اصلاح و بهبود کاشت است. در این میان جنس فستوكا به دلیل اهمیت آن در تامین علوفه دام و حفظ منابع طبیعی اهمیت ویژه‌ای را می‌طلبد (مرادی و جعفری^۴، ۲۰۱۹). بذرهاى گیاه فستوكا، دارای خواب درونی یا جنینی (خواب فیزیولوژیکی) هستند که در طبیعت این خواب با طی یک دوره سرمای زمستان تامین می‌گردد (بال^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). با اعمال و انتخاب بهترین تیمار برای شکستن خواب و افزایش درصد جوانه‌زنى می‌توان میزان جوانه‌زنى را افزایش داد. در این تحقیق سعی شده است تا با اعمال تیمارهای سرمادهی، اسمری و هورمونی میزان درصد و سرعت جوانه‌زنى بررسی و بهترین تیمار معرفی گردد.

¹ Hasanuzzaman and Fotopoulos

² Fu

³ Dahal

⁴ Moradi and Jafari

⁵ Ball

⁶ ISTA

⁷ KNO₃

⁸ Gibberellic acid

جدول ۱. مشخصات گونه‌های مختلف فستوکا مورد استفاده در آزمون

Table 1. The characteristics of *Festuca* spp. seeds used in germination test

گونه Species	کد بانک ژن Gene bank code	محل جمع‌آوری Location	ارتفاع (متر) Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	42394	Ardabil, Khalkhal	1785	48° 32' 55" E	37° 32' 55" N
<i>F. ovina</i> L.	42387	Ardabil, Khalkhal	1725	48° 27' 82" E	37° 26' 69" N
<i>F. rubra</i> L.	1760	West Azerbaijan, Uromeyyeh	1300	45° 02'00" E	37° 32' 00" N



شکل ۱- آزمون جوانه‌زنی بذر گونه‌های فستوکا

Fig. 1. Germination test in *Festuca* spp. seeds

تعداد بذر (۱۰۰ × تعداد بذر جوانه‌زده تا روز n ام) = درصد جوانه‌زنی

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد (ماگیور^۱، ۱۹۶۲).

$$Vg = \sum \frac{Ni}{Di} \quad \text{رابطه ۱:}$$

Vg = سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز و
 Ni = تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز و Di = شماره روز
 برای محاسبه شاخص ویگور بذر (بنیه بذر) از رابطه ۲ استفاده شد (عبدل‌بکی و آندرسون^۲، ۱۹۷۳).
 رابطه ۲:

$$Vi = \frac{Ls * Pg}{100}$$

شد. ظروف پتری محتوی بذور در کیسه‌های پلاستیکی مهر و موم شده قرار داده شدند تا از تبخیر رطوبت جلوگیری شود. آزمون جوانه‌زنی به مدت ۱۴ روز در دمای $1 \pm 25 - 15$ درجه سلسیوس، ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی طول کشید (ایستا، ۱۹۹۶) (شکل ۱). در نظر گرفته شد که جوانه‌زنی زمانی رخ داده است که ریشه‌ها حداقل ۲ میلی‌متر طول داشته باشند. تعداد بذره‌های جوانه‌زده هر روز تا روز آخر ثبت شدند. درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه پس از روز چهاردهم اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، تعداد بذره‌های جوانه‌زده شده در روز آخر در نظر گرفته شد. (n: تعداد روز گذشته از آغاز جوانه‌زنی است).

¹ Maguire

² Abdul-baki and Anderson

Vi = شاخص بنیه بذر، Ls = میانگین طول گیاهچه‌ها و Pg = درصد جوانه‌زنی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: آزمایش در قالب

طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار ۱۵ عدد بذری و با ۵ تیمار بصورت آزمایشگاهی انجام شد. میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪ ($P < 0.05$) مقایسه شدند. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از برنامه SAS (V.16) استفاده شد. برای تعیین همبستگی بین صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی از نرم‌افزار Minitab استفاده شد. برای تصحیح غیرنرمال بودن مقادیر تمام صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه و تحلیل‌های آماری بر روی مقادیر تبدیل شده جذر^۱ انجام شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق سه گونه از جنس *Festuca* spp. (*F. rubra* و *F. ovina* *F. arundinacea*) تحت تاثیر تیمارهای سرمادهی، اسمزی (نیتراپتاسیم) و هورمونی (اسید جیبرلیک) قرار گرفته و سپس مولفه‌های مختلف جوانه‌زنی اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند. در بین گونه‌ها، بین صفات اندازه‌گیری شده به استثنای صفات درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثرات تیمارها روی تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. تفاوت آماری معنی‌دار بین گونه‌ها، حاکی از تنوع بین نمونه‌ها از نظر صفات بذری می‌باشد. این تنوع، کارایی بالای روش‌های اصلاحی را در بهبود این صفات نشان می‌دهد. وجود تنوع در بین نمونه‌ها، امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از درون نمونه‌های مورد بررسی را امکان‌پذیر می‌سازد. از آنجایی که گونه‌های فستوکا ناسازگار هستند درجه بالایی دگرگشتی موجب ایجاد میزان بالای تنوع در درون جوامع می‌گردد (کولیکر^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). اختلاف معنی‌دار بین صفات جوانه‌زنی بذر *F. arundinacea*، در مطالعات دیگران هم گزارش شده است. در مطالعه مجیدی^۳ (۲۰۱۰)، روی ارقام خارجی

فستوکای بلند (*Festuca arundinacea*)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمام خصوصیات جوانه‌زنی ارقام فستوکای بلند تحت تاثیر تیمارهای هورمونی و دمایی هستند. در مطالعه دیگر نیز اثرات پیش‌تیمار بذر فستوکای بلند با غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول (اسموپرایم) و آب ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس (هیدروپرایم)، بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر معنی‌دار بدست آمد (روحی^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). تاثیر دماهای مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس) نیز بر خصوصیات جوانه‌زنی سه رقم *F. arundinacea* معنی‌دار بود (خاوری^۵ و همکاران، ۲۰۱۷).

در جدول ۱ مقایسه میانگین مقادیر صفات مورد بررسی در بین سه گونه *Festuca* spp. آورده شده است. در صفت درصد جوانه‌زنی، هر سه گونه مقادیر نزدیک به هم را نشان دادند و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود. این مقادیر از ۲۶ تا ۳۰ درصد بود. در صفت سرعت جوانه‌زنی، اختلاف مقادیر بین گونه‌ها معنی‌دار بود و این مقادیر از ۱/۹۲ در گونه *F. arundinacea* تا ۳/۳ در گونه *F. rubra* متغیر بود. داشتن سرعت جوانه‌زنی بالا، دلالت بر کم‌بودن مدت زمان لازم، برای رسیدن به تعداد بذرهای جوانه‌زده است. با توجه به این که بین گونه‌ها از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری نیست بالا بودن سرعت جوانه‌زنی در گونه *F. rubra* دلالت بر کم بودن زمان لازم برای جوانه‌زنی است؛ بنابراین زمان لازم برای جوانه‌زنی در این گونه ۳/۷۵ روز است. که در مقایسه با دو گونه دیگر کمترین زمان لازم می‌باشد. صفت شاخص بنیه بذر، تفاوت قابل توجهی را در بین گونه‌ها نشان داد. مقادیر این صفت بین ۲۶/۷۵ تا ۴۳/۰۳ متغیر بود. صفت بنیه بذر متاثر از دو عامل تعداد بذر جوانه‌زده (درصد جوانه‌زنی) و طول گیاهچه است. گونه *F. rubra* با داشتن بیشترین مقادیر این صفات، بیشترین مقدار بنیه بذر (۴۳/۰۳) را نشان داد. گونه *F. ovina*، نسبت به دو گونه دیگر بنیه کمی داشت و بخاطر این موضوع گیاهچه‌های تولید شده در این گونه طول کمتری داشتند. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در بین

⁴ Rouhi

⁵ Khavari

¹ Squar

² Kolliker

³ Majidi

بر لیتر، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز) مشاهده شدند. تیمار ۱ (پیش سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز) در متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تاثیر معنی‌داری گذاشت. این موضوع دلالت بر این دارد که سرمادهی (۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز) تاثیری در تسریع زمان جوانه‌زنی ندارد. این استدلال برای تیمار ۲ نیز صادق است یعنی آبدهی بذرها با نیترات‌پتاسیم ۱/۵ گرم/لیتر، پس از سرمادهی ۱۴ روزه تاثیری در کاهش زمان جوانه‌زنی ندارد. تیمار ۵ (پیش‌تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز، سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز) تاثیری مثبتی بر صفات جوانه‌زنی نداشت. تیمار ۳ کمترین زمان لازم برای فرایند جوانه‌زنی را نشان داد (۳/۲۵۵ روز). یعنی با کمترین زمان و با سرعت بالا، بیشترین درصد جوانه‌زنی در این تیمار بود. اگر تیمار ۳ را با تیمار ۱ (پیش‌سرمادهی به مدت ۱۴ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس) به عنوان تیمار شاهد، مقایسه گردد، مشاهده خواهد شد که در این تیمار زمان مورد نیاز برای تکمیل فرایند جوانه‌زنی زیاد و درصد و سرعت جوانه‌زنی پایین است که دلالت بر تاثیر مثبت پیش‌تیمار با نیترات‌پتاسیم ۱/۵٪ در تیمار ۳ بر جوانه‌زنی بذر است.

برای مشخص شدن سهم هر کدام از صفات در ایجاد تنوع بین گونه‌ها، از تجزیه مولفه‌های اصلی^۱ استفاده شد. طبق جدول ۵ سه مولفه اول، دوم و سوم توانست بیش از ۸۵ درصد از تنوع حاکم بر گونه‌ها را توجیه کند مولفه اول ۵۰ درصد، مولفه دوم ۲۴ درصد و مولفه سوم ۱۲ درصد از کل تنوع را شامل شدند و در کل ۸۵ درصد از تنوع حاکم را دربرگرفتند.

در مولفه اول صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و طول گیاهچه، در مولفه دوم صفات طول ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و در مولفه سوم صفت متوسط زمان جوانه زنی حائز اهمیت هستند (جدول ۳).

گونه‌ها تظاهرات متفاوتی را نشان دادند. طول ریشه‌چه در بین گونه‌ها نزدیک به هم و در محدوده ۳۷ تا ۴۵ میلی‌متر بود ولی در طول ساقه‌چه، این میزان بین ۳۷ میلی‌متر تا ۸۱/۳۳ میلی‌متر بود. گونه *F. arundinacea* با داشتن بلندترین ساقه‌چه (۸۱/۳۳ میلی‌متر)، کوتاهترین ریشه‌چه (۳۷/۲۲ میلی‌متر) را داشت و در نتیجه بلندترین گیاهچه با ۱۱۸/۵۵ میلی‌متر در این گونه و کوتاهترین گیاهچه با ۷۸/۵۱ میلی‌متر در گونه *F. ovina* دیده شدند. در صفت نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، گونه *F. ovina* و گونه *F. arundinacea* بترتیب بیشترین (۱/۱) و کمترین مقدار (۰/۵۴) این صفت را داشتند. سه صفت تعداد گیاهچه‌های غیرطبیعی، تعداد بذر سخت و فاسد، بین گونه‌ها اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. گونه *F. rubra* بیشترین مقادیر درصد جوانه‌زنی (۳۰/۶۶۷ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۳/۳ بذر در روز)، شاخص بنیه بذر (۴۳/۰۳)، طول ریشه‌چه (۴۵ میلی‌متر) و طول گیاهچه (۶۱/۶ میلی‌متر) را نشان داد. این در حالی است که گونه *F. arundinaceae* با کمترین مقدار سرعت جوانه‌زنی، بیشترین زمان لازم برای جوانه‌زنی را داشت. که نشان دهنده طولانی بودن زمان جوانه‌زنی در این گونه است. لذا گونه *F. rubra* در کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی، بیشترین گیاهچه را تولید کرده است.

طبق جدول ۲، تاثیر تیمارهای سرمادهی، اسمزی و هورمونی روی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود که نشان دهنده تاثیر متفاوت هر کدام از تیمارها روی صفات است. این اختلاف در مقایسه میانگین صفات تحت اثر تیمارهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی (۳۸/۱۰۵ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۳/۳۸۹ بذر در روز)، طول ریشه‌چه (۵۳/۲۱ میلی‌متر) و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (۱/۲۱۹) در تیمار ۳ (پیش‌تیمار اسمزی با نیترات‌پتاسیم ۱/۵٪ در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز و سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز) دیده شدند. بیشترین مقدار شاخص بنیه بذر (۴۶/۳۱)، طول ساقه‌چه (۹۳ میلی‌متر) و طول گیاهچه (۱۳۶/۰۴ میلی‌متر) در تیمار ۴ (پیش‌تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک ۱۵۰ میلی‌گرم

^۱ PCA

در جدول ۴ همبستگی بین صفات جوانه‌زنی آورده شده است. روابط بین درصد جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، رابطه سرعت جوانه‌زنی با شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، رابطه بین شاخص بنیه بذر با طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، طول گیاهچه و رابطه بین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با گیاهچه مستقیم و معنی‌دار است. در بقیه صفات رابطه‌ها معنی‌دار نیست.

رابطه بین درصد جوانه‌زنی (GP) با هریک از صفات نشان داد که این رابطه با سرعت جوانه‌زنی ۷۵٪، بنیه بذر ۷۸٪، طول ریشه‌چه ۴۰٪ و طول گیاهچه ۴۵٪ است. اطلاعات بیشتر در شکل ۲ آورده شده است.

بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد دارای عملکرد بهتری از لحاظ صفات مورد بررسی داشتند. در این بین تیمار با نیترات پتاسیم عملکرد بالایی نسبت به دیگر تیمارها داشت. بنظر می‌رسد نیترات پتاسیم باعث افزایش فعالیت‌های متابولیکی و نیز افزایش سرعت تقسیم سلولی در نوک ریشه بذرهای تیمار شده می‌شود که این فرضیه در مورد گیاهان گندم و برنج نیز به اثبات رسیده است (بوسه و میشر^۱، ۱۹۹۲؛ بسرا^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیق زمردی^۳ و همکاران (۲۰۱۳) اثر پیش‌تیمار اسمزی با ترکیب نیترات پتاسیم و دی‌پتاسیم فسفات^۴ باعث افزایش درصد گیاهچه‌های طبیعی گردید. استفاده از نیترات پتاسیم ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذر گیاه *Crataegus pseudoheterophylla* شد (احمدلو^۵ و همکاران ۲۰۱۶).

در تیمار شماره ۲ که پیش‌تیمار سرمادهی به همراه نیترات پتاسیم با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر برای آبدهی به بذرها استفاده شد تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی فرآیندهای جوانه‌زنی نداشت و همچنان مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی زیاد و سرعت و درصد جوانه‌زنی هم کاهش یافت. بنابراین استفاده از نیترات پتاسیم برای مرطوب نگه داشتن بذرها در حین جوانه‌زنی تاثیر زیادی روی

فاکتورهای جوانه‌زنی ندارد. در تیمار ۴ که فقط هورمون جیبرلین با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد مشاهده می‌گردد که شاخص بنیه بذر بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند که نتیجه آن افزایش طول ساقه‌چه و گیاهچه‌ها است. در مقایسه تیمار ۴ با تیمار ۳ مشخص شد که تیمار ۳ (پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۱/۵٪، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز و سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز)، درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد ولی تیمار ۴ بنیه بذر و رشد گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در تحقیقی مشخص گردید که استفاده از محرک‌های شیمیایی (اسید جیبرلیک) به صورت پیش‌تیمار سبب افزایش رشد گیاهچه‌های *F. arundinacea* می‌شود (صابری^۶ و همکاران، ۲۰۱۴). در تیمار ۵ که ترکیبی از پیش‌تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با ۱۵ روز سرمادهی است تفاوت قابل توجهی در صفات جوانه‌زنی دیده نمی‌شود.

در نتیجه دو تیمار ۳ (پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۱/۵٪، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز و سپس پیش‌سرمادهی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز) و تیمار ۴ (پیش‌تیمار با اسیدجیبرلیک ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز) بیشترین تاثیر را روی بذر داشتند. در صورت افزایش تعداد بذرهای جوانه‌زده تیمار ۳ و برای بدست آوردن گیاهچه‌های بزرگتر تیمار ۴ توصیه می‌گردد.

در تجزیه به مولفه‌های اصلی، مشخص گردید که صفات دخیل در مولفه اول حاکم بر تنوع بین گونه‌ها هستند. یعنی از صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و گیاهچه می‌توان در تمایز بین بذر گونه‌ها استفاده کرد. طبق جدول ۴ و شکل ۲، بیشترین همبستگی بین صفات درصد جوانه‌زنی (GP) با سرعت جوانه‌زنی GR ($R^2=75\%$) و شاخص بنیه بذر VI ($R^2=78\%$) دیده شد.

¹ Bose and Mishra² Basra³ Zomorodi⁴ K₂HPO₄⁵ Ahmadlo⁶ Saberi

جدول ۱. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بین سه گونه فستوکا

Table 1. Mean comparison of different germination traits in three *Festuca* species

	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	طول گیاهچه	طول ساقه چه	طول ریشه چه	شاخص بذر	متوسط زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی
	Radical/Shoot length	Seedling length (mm)	Shoot length (mm)	Radical length (mm)	Seed vigor index	Mean germination time (d)	Germination rate (n/d)	Germination percentage
<i>F.arundinacea</i>	0.54c	118.56a	81.33a	37.22a	37.78b	4.36a	1.93b	28a
<i>F.ovina</i>	1.12a	78.52b	37.34c	41.18a	26.75b	3.96ab	2.38b	26.67a
<i>F.ruba</i>	0.82b	106.62a	61.62b	45a	43.03a	3.76b	3.31a	30.67a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند

Similar letters in each column represent the lack of significance at $p \leq 0.05$ based on the LSD test.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بین تیمارهای مختلف

Table 2. Mean comparison of germination traits in five different treatments

تیمار	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	طول گیاهچه	طول ساقه چه	طول ریشه چه	شاخص بذر	متوسط زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی
Treatment	Radical length/Shoot length	Seedling length (mm)	Shoot length (mm)	Radical length (mm)	Seed vigor index	Mean germination time (d)	Germination rate (n/d)	Germination percentage
1	1.25a	92.88b	41.08c	51.80a	28.21a-c	5.86a	1.43c	26b
2	0.25c	55.90c	44.80c	11.10b	10.28c	5.53a	0.98c	10.22c
3	1.22a	98.26b	45.05c	53.21a	39.04ab	3.26c	3.39a	38.11a
4	0.65b	136.04a	93.00a	43.04a	46.31a	3.54c	2.50b	32.44ab
5	0.22c	89.56b	72.27b	17.29b	25.99bc	4.61b	1.35c	21.78b

تیمار ۱ (شاهد): پیش تیمار سرمادهی در دمای ۴ درجه به مدت ۱۴ روز؛ تیمار ۲: پیش سرمادهی در دمای ۴ درجه به مدت ۱۴ روز، سپس بذرها با نیترات پتاسیم (۱/۵ گرم در لیتر) آبدی شدند؛ تیمار ۳: پیش تیمار اسمزی با نیترات پتاسیم ۱/۵٪ در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز و سپس پیش سرمادهی در دمای ۴ درجه به مدت ۱۴ روز؛ تیمار ۴: پیش تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک (۱۵۰ میلی گرم بر لیتر)، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز؛ تیمار ۵: پیش تیمار هورمونی با اسید جیبرلیک (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر)، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز، سپس پیش سرمادهی در دمای ۴ درجه به مدت ۱۴ روز.

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند

Treat 1: Pre-chilling at 4 for 14 days; Treat 2: Pre-chilling at 4 for 14 days, watering with KNO_3 (1.5 g/l); Treat 3: Osmopriming with KNO_3 (1.5 %) at 15 for 2 days, Pre-chilling at 4 for 14 days; Treat 4: Hormone priming with gibberellic acid (150 ppm) at 15 for 2 days; Treat 5: Hormone priming with gibberellic acid (500 ppm) at 15 for 3 days, pre-chilling at 4 for 14 days.

Similar letters in each column represent the lack of significance at $p \leq 0.05$ based on the LSD test.

جدول ۳. مقادیر مولفه اول، دوم و سوم و ریشه‌های راکد برای صفات مورد مطالعه

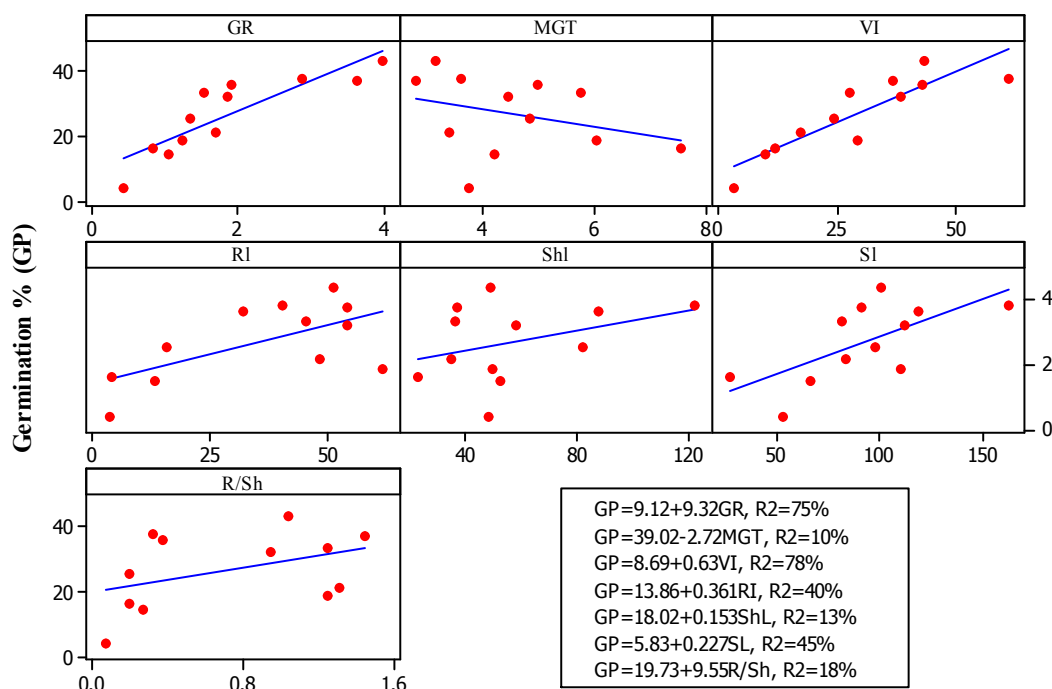
Table 3. Eigenvectors from the first three principal components analysis for germination traits in *Festuca* spp.

	درصد جوانه‌زنى Germination percentage	سرعت جوانه‌زنى Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنى Mean germination time	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه Shoot length	طول گیاهچه Seedling length	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Radical length/Shoot length	ریشه‌های راکد Eigen Value	درصد واریانس Percent of variance	درصد واریانس تجمعی Cumulative percent of variance
مولفه اول First component	0.37	0.35	-0.18	0.36	0.39	0.12	0.33	0.30	5.53	50	50
مولفه دوم Second component	-0.15	-0.12	0.19	-0.27	0.20	-0.54	-0.31	0.40	2.62	24	74
مولفه سوم Third component	-0.11	0.21	-0.70	-0.19	0.03	-0.14	-0.10	0.16	1.30	12	86

جدول ۴. ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 4. Correlation matrix of measured traits

	درصد جوانه‌زنى Germination percentage	سرعت جوانه‌زنى Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنى Mean germination time	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه Shoot length	طول گیاهچه Seedling length
سرعت جوانه‌زنى Germination rate	0.87**						
متوسط زمان جوانه‌زنى Mean germination time	-0.32	-0.60					
شاخص بنیه بذر Seed vigor index	0.88**	0.76**	-0.28				
طول ریشه‌چه Radical length	0.64*	0.62*	-0.30	0.62*			
طول ساقه‌چه Shoot length	0.36	0.21	-0.24	0.65*	0.00		
طول گیاهچه Seedling length	0.67*	0.54	-0.37	0.89**	0.60*	0.80**	
نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Radical length/Shoot length	0.42	0.48	-0.23	0.25	0.88**	-0.43	0.18



شکل ۲. دیاگرام رابطه بین درصد جوانه‌زنی (GP: Germination Percent) با سرعت جوانه‌زنی (GR: Germination Rate)، متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT: Mean Germination Time)، شاخص بنیه‌بذر (VI: Vigor Index)، طول ریشه‌چه (RI: Radical Length)، ساقه‌چه (ShL: Shoot Length)، گیاهچه (SI: Seedling Length) و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/Shl: Radical Length/ Shoot Length)

Fig. 2. Diagram of germination percentage (GP), with germination rate (GR), mean germination time (MGT), seed vigor index (VI), radical length (RI), shoot length (Shl), seedling (SI), and radical length/Shoot length (R/Shl)

جوانه‌زنی، بنیه‌بذر، طول ریشه‌چه و کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی نسبت به دو گونه دیگر برتری داشت. و در بین تیمارهای اعمال شده، تیمارنترات پتاسیم ۱/۵٪ به همراه سرمادهی، تاثیر مثبت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و تیمار اسید جیبرلیک ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تاثیر مثبت بر طول ساقه‌چه و گیاهچه داشتند. وجود درصد و سرعت جوانه‌زنی بالا در بین بذور، دلالت بر داشتن بنیه‌بذر بالا در مقایسه با بقیه بذور است.

یعنی بذر با بنیه‌بذر بالا دارای سرعت و درصد جوانه‌زنی بالایی هستند. این مورد در بذور گونه *F. rubra* با شاخص بنیه ۴۳/۰۲۷ و بیشترین سرعت و درصد جوانه‌زنی دیده شد (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

بین گونه‌ها به استثنای درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود داشت و عملکرد صفات مختلف جوانه‌زنی تحت تیمارهای مختلف متفاوت و معنی‌دار بودند. در بین سه گونه، گونه *Festuca rubra* با داشتن بیشترین درصد و سرعت

منابع

Ahmadloo, F., Tabari Kouchaksaraei, M., Azadi, P. and Hamidi, A. 2016. Improving germination of Hawthorn (*Crataegus pseudoheterophylla* Pojark.) seed by potassium nitrate, sulfuric acid

- and stratification. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 29(2): 254-263. [In Persian with English Summary]
- Abdul-baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiplication. Crop Science, 3: 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88006-X)
- Ball, D.A., Frost, S.M., Fandrich, L., Tarasoff, C. and Mallory-Smith, C. 2008. Biological Attributes of Rattail Fescue. Weed Science, 56:26-31. <https://doi.org/10.1614/WS-07-048.1>
- Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, Ca, USA.
- Basra, S.M.A., Zia, M.N., Mahmood, T., Afzal, I. and Khaliq, A. 2002. Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. Pakistan Journal of Arid Agriculture, 5: 6-11.
- Bell, K.L. and Amen, R.D. 1970. Seed dormancy in *Luzula spicata* and *Luzula parviflora*. Ecology, 51: 492-496. <https://doi.org/10.2307/1935384>
- Bose, B. and Mishra, T. 1992. Response of wheat seed to pre-sowing seed treatments with Mg (NO₃). Annals of Agricultural Research, 13: 132-136.
- Bruggink, G.T., Ooms, J.J. and Van der Toorn, P. 1999. Induction of longevity in primed seeds. Seed Science Research, 9:49-53. <https://doi.org/10.1017/S0960258599000057>
- Cerabolini, B., De Andreis, R., Ceriani, R.M., Pierce, S. and Raimondi, B. 2004. Seed germination and conservation of endangered species from the Italian Alps: *Physoplexis comosa* and *Primula glaucescens*. Biological Conservation, 117: 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.12.011>
- Dahal, P., Bradford, K.J and Jones, R.A. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. II. Germination at reduced water potential. Journal of Experimental Botany, 41: 1441-1453. <https://doi.org/10.1093/jxb/41.11.1441>; <https://doi.org/10.1093/jxb/41.11.1431>
- Dearman, J., Brocklehurst, P.A. and Drew, R.L.K. 1987. Effect of osmotic priming and aging on the germination and emergence of carrot and leek seed. Annals of Applied Biology, 111: 717-722. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb02029.x>
- Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. and Summerfield, R. J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. Journal of Experimental Botany, 37: 705-715. <https://doi.org/10.1093/jxb/37.5.705>
- Fu, J.R., Lue, X.H., Chen, R.Z., Zhang, B.Z., Liu, Z.S., Ki, Z.S. and Cai, C.Y. 1988. Osmo conditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds with PEG to improve vigor and some biochemical activities. Seed Science and Technology, 16: 197-212.
- Gaut, B.S., Tredway, L.P., Kubik, C., Gaut, R.L. and Meyer, W. 2000. Phylogenetic relationships and genetics diversity among members of the *Festuca -Lolium* complex (Poaceae) based on ITS sequence data. Plant Systematics and Evolution, 224: 33-53. <https://doi.org/10.1007/BF00985265>
- Hasanuzzaman, M. and Fotopoulos, V. 2019. Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings, Implication in Plant Stress Tolerance and Enhancing Productivity in Crop Plants. Springer Singapore. P. 604. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1>
- Inda, L.A., Segarra-Moragues, J.G., Müller, J., Peterson, P.M. and Catalán, P. 2008. Dated historical biogeography of the temperate Loliinae (Poaceae, Pooideae) grasses in the northern

- and southern hemispheres. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46(3): 932-957. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.11.022>
- ISTA. 1996. International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*, 13: 299-513
- ISTA. 2007. International Rules for Seed Testing. <https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing.html>
- Kamkar, B., Koocheki, A.R., NassiriMahallati, M. and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Cardinal temperatures for germination in three-millet species (*Panicum miliaceum*, *Pennisetum glaucum* and *Setaria italica*). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5: 316-319. <https://doi.org/10.3923/ajps.2006.316.319>
- Kaye, T.N. 1997. Seed dormancy in high elevation plants: implications for ecology and restoration. In: Conservation and management of native plants and fungi. In: Kaye T.N., Liston A., Love R.M., Luoma D., Meinke R.J., Wilson M.V. (eds). Native Plant Society of Oregon, Corvallis, OR, USA. pp. 115-120.
- Khavari, H., Goldani, M., Khajeh Hoseini, M. and Shor, M. 2017. Determination of cardinal temperatures and seed germination response to different temperatures in five varieties of grass turf. *Journal of Horticultural Science*, 30(4): 643-650.
- Kolliker, R., Herrmann, D., Boller, B. and Widmer, F. 2003. Swiss Mattenklees landraces, a distinct and diverse genetic resource of red clover. *Theoretical and Applied Genetics*, 107: 306-315. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1248-6>
- Loureiro, J., Kopecký, D., Castro, S., Santos, C. and Silveira, P. 2007. Flow cytometric and cytogenetic analyses of Iberian Peninsula *Festuca* spp. *Plant Systematics and Evolution*, 269: 89-105. <https://doi.org/10.1007/s00606-007-0564-8>
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seedling vigor. *Crop Science*, 2: 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Majidi, M.M. 2010. Evaluation of seed yield and yield components in Iranian landraces and foreign varieties of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(1): 93-103. [In Persian with English Summary]
- Moradi, P. and Jafari, A.A. 2019. Forage yield and quality of Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) under irrigated and rainfed condition in Zanjan province. *Iran Nature*, 4(1): 51-56. [In Persian with English Summary]
- Mozaffarian, V. 2006. A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Moaser Publisher, Tehran, Iran. [In Persian]
- Parera, C.A. and Cantliffe, D.J. 1994. Pre-sowing seed priming. *Horticultural Research*, 16: 109-141. <https://doi.org/10.1002/9780470650561.ch4>
- Rastegar, M.A. 2007. Cultivation of fodder plants. Berahmand Publisher. Tehran, Iran. 520 pp. [In Persian]
- Rouhi, H.R., Aboutalebian, M.A. and 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>
- Saberi, M., Tavili, A. and Miri, M. 2014. Investigation of the effects of different levels of gibberellic and salicylic acid on improvement of germination indices of *Festuca arundinacea* under stress with allelopathic compound. *Journal of Natural Environment*, 67(4): 415-424. [In Persian with English Summary]
- Van Assche, J., Van Nerum, D. and Darius, P. 2002. The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. *Plant Ecology*, 159: 131-142. <https://doi.org/10.1023/A:1015553905110>

- Wang, Z., Hopkins, A. and Main, R. 2001. Forage and turf grass biotechnology. Critical Reviews in Plant Science, 20: 573-619. <https://doi.org/10.1080/20013591099281>
- Wiese, A.M. and Binning, L.K. 1987. Calculating the threshold temperature of development for weeds. Weed Science, 35: 177-179. <https://doi.org/10.1017/S0043174500079017>
- Zomorodi, M., Khosravi, M., Khajeh Hoseini, M., Geshm, R. and Anvarkhah, S. 2013. Effect of priming on germination, vigor and artificial aging of seeds of tomato cultivars (*Lycopersicum esculentum* L.). Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 1(1): 97-114. [In Persian with English Summary]