Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Effect of priming and nano particles application on seedling emergence, establishment, growth and physiological characteristics of *Sanguisorba minor Scop*. and *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv forage species under drought stress in natural field

Ali Farmahini Farahani[1], Ali Tavili*[2], Hossein Azarnivand[3], Ali Ashraf Jafari[4]

1. PhD. Student in Rangeland Science, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Corresponding author; Associate Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: atavili@ut.ac.ir
3. Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 20.01.2019
Revised: 18.04.2019
Accepted: 10.05.2019

Keywords:
Seedling emergence and establishment, Pre-treatment, Functional characteristics, Rangeland production.

Abstract

Background and objectives: Problems of germination and establishment of plants in drought and dehydration conditions is one of the common problems in arid and semi-arid regions which affects the growth and production of plant communities. Improvement of seed germination and establishment of plants under drought stress is one of the most important issues in success of rehabilitation projects of natural areas. Range species of *Sanguisorba minor* and *Agropyron intermedium* are mainly distributed in semi-arid ad semi-humid climates. In this research, the possibility of germination and establishment of these species were investigated under different priming treatments in an arid region.

Methodology: The effects of different priming method such as distilled water, polyethylene glycol (0.1 Mega-Pascal), potassium nitrate (0.2%) and silver nanoparticles (at three levels of 30, 60 and 90 mg/l) were investigated. Treatments were applied for improvement of seed germination characteristic and plant establishment under different irrigation regimes at field capacity and drought stress and under field natural condition. The experiment was performed as a factorial in a randomized complete block design with 4 replications and in total 56 plots was considered for each species. The dimensions of each construction plot were equal to 1.5 square meters and in each plot, three planting rows with a distance of 30 cm and a length of one meter were considered and 45 seeds were planted in each experimental plot. The measured traits were included the percentage and velocity of appearance of seedlings from the soil, establishment and survival, length and weight of root and stem, vigority, prolin, carotenoid, soluble sugar, total chlorophyll, catalase and superoxide dismutase enzymes. After sampling the studied traits in the field and obtaining the results obtained in the laboratory, analysis of variance and analysis of data in SPSS software and comparison of mean data with Duncan's multiple range tests at 5% level for the studied traits were performed in both species.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

Results: Statistical analysis of the results showed that the application of priming has been more effective on soil appearance percentage, appearance rate and establishment and survival of seedlings, but it has also affected other studied traits. Application of silver nanoparticles had positive/negative effects on the vegetative characteristics of seeds and seedlings grown from the seeds of the studied plants. Application of polyethylene glycol and potassium nitrate in *A. intermedium* and application of polyethylene glycol and silver nanoparticles with concentration of 30 mg/l in *S. minor* showed the highest positive effects on plant resistance under drought stress. Application of silver nanoparticle at concentrations of 60 and 90 mg/L showed negative effects on the vegetative and physiological characteristics of two studied species as well. Increase of 25% and 13% in biomass production under the treatment of silver nanoparticles with a concentration of 30 mg/l and decrease of 12% and 3% in the biomass under the treatment of silver nanoparticles at a concentration of 90 mg/l, respectively were observed for *A. intermedium* and *S. minor* species.

Conclusion: Increasing the rate of water absorption and metabolism in primed seeds leads to more germination, reduces the natural and inherent physiological non-uniformity of buds and increases drought tolerance and plant yield. The positive effect of silver nanoparticles is mainly due to facilitating the penetration of water and nutrients into plant seeds and improving germination properties. Using the results of this research can increase the success rate in the cultivation and establishment of *S. minor* and *A. intermedium* range species in arid and semi-arid rangelands and increase the efficiency of biological projects for rangelands improvement and rehabilitation.

Cite this article: Farmahini Farahani, A., A. Tavili, H. Azarnivand, A.A. Jafari, 2022. Effect of priming and nano particles application on seedling emergence, establishment, growth and physiological characteristics of *Sanguisorba minor Scop*. and *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv forage species under drought stress in natural field. Journal of Rangeland, 16(1): 236-255.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تأثیر پرایمینگ و نانوذرات بر ظهور، استقرار و ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گونه‌های *Sanguisorba minor* Scop. و *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv تحت تنش خشکی در شرایط کشت طبیعی

علی فرمهینی فراهانی[۱]، علی طویلی*[۲]، حسین آذرنیوند[۲] و علی‌اشرف جعفری[۳]

۱. دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: atavili@ut.ac.ir

۳. استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴. استاد بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۱۰/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۸/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۰

واژه‌های کلیدی:
ظهور و استقرار گیاهچه،
پیش تیمار،
خصوصیات عملکردی،
تولید مراتع.

چکیده

سابقه و هدف: مشکلات جوانه‌زنی و استقرار گیاهان در شرایط خشکی و کم آبی یکی از معضلات شایع در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور است که بر روی میزان رشد و تولید جوامع گیاهی تاثیر می‌گذارد. بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهان در مواجهه با تنش خشکی از جمله امور مهم و مؤثر در موفقیت پروژه‌های اصلاح و احیای مراتع در عرصه‌های طبیعی است. گونه‌های مرتعی *Sanguisorba minor* Scop. و *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv گیاهانی هستند که عمدتاً در اقالیم نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب پراکنش دارند و در این تحقیق امکان جوانه‌زنی و استقرار نهال این دو گونه علوفه‌ای ارزشمند با استفاده از تیمارهای مختلف پرایمینگ در منطقه‌ای خشک‌تر مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه اثر تیمارهای پرایمینگ با آب مقطر، پلی‌اتیلن‌گلایکول (۰/۱ مگاپاسکال)، نیترات پتاسیم (۰/۲ درصد) و نانوذرات نقره در سه سطح (شامل غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم درلیتر) جهت بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های گیاهی منتخب تحت شرایط آبیاری در حد ظرفیت زراعی و تنش خشکی در شرایط عرصه طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد و مجموعاً تعداد ۵۶ کرت برای هرگونه در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت احداثی برابر ۱/۵ مترمربع بود و در هر کرت سه ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول یک متر در نظر گرفته شد و در هر کرت آزمایشی تعداد ۴۵ عدد بذر کشت گردید. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ظهور نهال از خاک، سرعت ظهور، استقرار و زنده‌مانی، طول و وزن ریشه و ساقه، ویگوریته و میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز بود. پس از اتمام داده‌برداری صفات مورد مطالعه در مزرعه و اخذ نتایج به‌دست‌آمده در آزمایشگاه، آنالیز واریانس و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد برای صفات مورد مطالعه در دو گونه انجام گرفت.

نتایج: بررسی آماری نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاربرد پرایمینگ بیشتر بر روی صفات درصد ظهور از خاک، سرعت ظهور و استقرار و زنده‌مانی نهال مؤثر بوده است اما سایر صفات مورد مطالعه را نیز تحت تأثیر قرار داده است. کاربرد نانوذرات نقره اثرات مثبت و یا منفی بر خصوصیات رویشی بذر و نهال رشد یافته از بذور گیاهان مورد مطالعه داشت. کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی‌اتیلن‌گلایکول و نیترات پتاسیم در گونه *A.*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

intermedium و کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی اتیلن‌گلایکول و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در گونه *S. minor* بیشترین تأثیرات مثبت معنی‌دار در افزایش مقاومت به خشکی را داشت. همچنین کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر اثرات منفی را بر مشخصه‌های رویشی و فیزیولوژی هر دو گونه مورد مطالعه نشان داد به‌طوری‌که افزایش ۲۵ و ۱۳ درصدی تولید بایومس تحت تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر و کاهش ۱۲ و ۳ درصدی بایومس تحت تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۹۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب برای گونه‌های *A. intermedium* و *S. minor* مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: افزایش سرعت جذب آب و متابولیسم در بذرهای پرایم شده موجب جوانه‌زنی بیشتر، کاهش غیریکنواختی فیزیولوژیکی طبیعی و ذاتی جوانه‌ها و افزایش تحمل به خشکی و عملکرد گیاهان می‌شود. تأثیر مثبت نانوذرات نقره عمدتاً به دلیل تسهیل نفوذ آب و مواد غذایی به بذر گیاه و بهبود خصوصیات جوانه‌زنی است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به‌منظور انتخاب بهترین تیمار برای بهبود عملکرد هر دو گونه مورد مطالعه تحت شرایط تنش‌زای محیطی مورد توجه قرار گرفته و موجب افزایش میزان موفقیت در کشت و استقرار گونه‌های مرتعی *S. minor* و *A. intermedium* در سطح مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک و افزایش بازدهی پروژه های بیولوژیک اصلاح و احیاء مراتع گردد.

استناد: فرمهینی فراهانی، ع.، ع. طویلی، ح. آذرنیوند، ع.ا. جعفری، ۱۴۰۱. تأثیر پرایمینگ و نانوذرات بر ظهور، استقرار و ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گونه‌های *Sanguisorba minor* Scop. و *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv تحت تنش خشکی در شرایط کشت طبیعی. مرتع، ۱۶(۲): ۲۳۶-۲۵۵.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

مقدمه

خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۴۸). در این اراضی احیا و اصلاح بیولوژیکی بسیار حائز اهمیت بوده و برای نیل به این مهم، روش‌های مؤثر و کارا در بحث مقاوم‌سازی گیاهان در اولویت قرار می‌گیرند. استفاده از روش‌هایی برای متحمل نمودن گیاهان به تنش‌های محیطی به‌نوعی که سطح تولیدات خود را نیز حفظ نمایند، به‌عنوان راه‌حل اساسی در این حیطه مدنظر می‌باشد (۵۲). بنابراین استقرار گیاهان مخصوصاً در ابتدای دوره رشد و ارتقای جوانه‌زنی و ظهور گیاهان نقش مهمی در بهبود سیمای بیولوژیکی این اکوسیستم‌ها داشته و باعث موفقیت طرح‌های بیولوژیک می‌گردد چراکه جوانه‌زنی نامطلوب بذر برخی از گیاهان مرتعی در عملیات اصلاح مرتع به‌عنوان یک عامل نامطلوب در نظر گرفته می‌شود (۳۰). موفقیت مراحل ابتدایی کشت گیاهان و بهبود جوانه‌زنی بذور و به دنبال آن استقرار گیاهان کشت‌شده گامی مهم در راستای مدیریت مطلوب پوشش گیاهی است.

جوانه‌زنی بذور و استقرار گیاه یک مرحله حساس در فرآیند رشد گیاه بوده و جوانه‌زنی محدود و ناقص بذور و رشد اولیه نامناسب گونه‌های مرتعی کشت‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک از مشکلات مهم در پروژه‌های اصلاح و احیاء مراتع کشور می‌باشند (۴۱). در این راستا به‌کارگیری روش‌های مختلف برای افزایش سرعت و قدرت جوانه‌زنی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. پرایمینگ بذر یکی از روش‌هایی است که جوانه‌زنی و استقرار گیاه و درنتیجه کارایی گیاهان را تحت شرایط نامساعد محیطی بهبود می‌بخشد (۲). امروزه تکنیک پرایمینگ بذر و یا تیمار و تلقیح بذور به‌عنوان یک‌راه کار برای بهبود جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته می‌شود. هنگامی‌که بذر پرایم شده در محیط مناسب جوانه‌زنی قرار می‌گیرد، سریع‌تر از بذرهای پرایم نشده جوانه می‌زند و لذا پرایمینگ بذرها یکی از پرکاربردترین روش‌ها به‌منظور افزایش تولید گیاهان در واحد سطح است (۲۶).

گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذور و بهبود خصوصیات رشد گیاهان می‌گردد (۳۲). همچنین بنیه، استقرار و تراکم مطلوب گیاهچه را می‌توان به کمک انواع روش‌های پرایمینگ بذر بهبود بخشید (۵، ۲۵). مطالعات متعددی در خصوص به‌کارگیری روش پرایمینگ برای بذور گیاهان تحت تنش خشکی گزارش‌شده است. تأثیر انواع پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی بذور و استقرار و بهبود خصوصیات گیاه برای گونه‌های مختلف از جمله گونه *Capparis spinosa* توسط بهمنی و همکاران (۲۰۱۵)، گونه *Cymbopogon olivieri* توسط دیانتی و همکاران (۲۰۱۶) و گونه *Gossypium hirsutum* توسط مورانگو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش‌شده است.

طبق مطالعات پیوندی و همکاران (۲۰۱۱) و مطالعات سیدیکو و همکاران (۲۰۱۳)، روش دیگری که در افزایش مقاومت به خشکی و بهبود جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک مفید است استفاده از نانوذرات است. اولین مورد استفاده از فناوری نانو و نانوذرات در بخش کشاورزی در وزارت کشاورزی آمریکا انجام گرفته است (۴۴). اما هنوز هم درک کاملی از اثرات نانوذرات در مباحث گیاهی وجود ندارد و اطلاعات ضدونقیض در خصوص آن موجود است (۴۷). افزودن نانوذرات مختلف به محلول غذایی گیاهان، به دلیل داشتن اثرهای بی‌نظیر مانند نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذور گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، افزایش جوانه‌زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان، توجه زیادی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (۲۲). در این رابطه پاسخ گیاهان به نانوذرات بسته به گونه گیاهی و دوره رویشی متفاوت است (۳۳). در میان ذرات نانو، نانوذرات نقره یکی از برجسته‌ترین مواد می‌باشند. نانوذرات نقره با اتصال به دیواره سلولی روی نفوذپذیری دیواره سلولی و تنفس سلولی اثر می‌گذارند. نانوذرات نقره تأثیر منفی روی سلول‌های زنده نمی‌گذارد (۱۲) و می‌توانند کاربردهای قابل‌توجهی به‌عنوان یک منبع جایگزین کود ایجاد کنند. در این خصوص نیز پژوهش‌های مختلفی بر روی انواعی از بذور گیاهان تحت تنش موردمطالعه و گزارش‌شده‌اند بر اساس مطالعات وانینی و همکاران (۲۰۱۳)، سلاما (۲۰۱۲)، ساویتراما و همکاران (۲۰۱۲) و اقدسی و همکاران (۲۰۱۷) به‌ترتیب گیاهان منداب *Eruca sativa*، *Corn sp.*،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

Boswellia ovalifoliolata و *Oryza sativa* از جمله گونه‌هایی هستند که تحت تیمار نانوذرات و در شرایط تنش خشکی نتایج مختلفی را نشان داده‌اند. بدین ترتیب اثرات متفاوتی بسته به گونه گیاهی و نوع نانوذرات به‌کاربرده حاصل شده است (۲۹). چنانچه پاسخ‌های مورفولوژیک در گیاه مرتعی منداب *Eruca sativa* که در معرض نانوذرات نقره یا نیترات نقره قرار داشته قابل‌تأمل بوده به مشخصه‌های مورفولوژی و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و سبب بهبود وضعیت گیاه شده است (۵۰).

با توجه به مباحث ذکرشده مشاهده می‌گردد که مطالعات متعددی در خصوص استفاده از انواع روش‌های پرایمینگ و کاربرد نانوذرات جهت بهبود شرایط جوانه‌زنی و استقرار گیاهان به‌کاربرده شده و نتایج ارائه گردیده است. با این حال استفاده از روش‌ها و فناوری‌های نوین راهکار مناسبی در راستای افزایش موفقیت در کاشت گیاهان مرتعی (با اهداف متنوع ازجمله تلطیف هوا، نفوذ بارش به خاک، جلوگیری از گردوغبار، تولید علوفه، ...) در شرایط واقعی عرصه است و بر این اساس تأثیرگذاری این روش‌ها بایستی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. این مطالعه به‌منظور بررسی کارایی استفاده از روش پرایمینگ (هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول و پرایمینگ با نیترات پتاسیم) و نانوذرات نقره (AgNPs) در بهبود جوانه‌زنی بذر و ظهور نهال، استقرار و بهبود مشخصه‌های مورفوفیزیولوژی و افزایش مقاومت به خشکی دو گونه مهم مرتعی *Sanguisorba minor* Scop. و (Host) *Agropyron intermedium* P. Beauv تحت شرایط تنش خشکی انجام گرفت. گیاهان مورد مطالعه نماینده‌هائی از دو خانواده مهم گیاهی مراتع ایران (گندمیان و بقولات) و از جمله گونه‌های علوفه‌ای مناسب جهت افزایش تولید علوفه مراتع می‌باشند که در صورت استقرار در مراتع مناطق خشک‌تر می‌توانند ظرفیت تولید علوفه این مراتع را افزایش قابل توجهی دهند. گونه‌های فوق‌الذکر گیاهانی هستند که عمدتاً در اقالیم نیمه‌خشک با بارندگی بالای ۳۰۰ میلی‌متر پراکنش دارند و در این تحقیق امکان جوانه‌زنی و استقرار این گونه‌ها تحت شرایط طبیعی در اقالیم خشک‌تر با بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر با استفاده از انواع تیمارهای پرایمینگ منتخب مورد مطالعه قرار گرفته است.

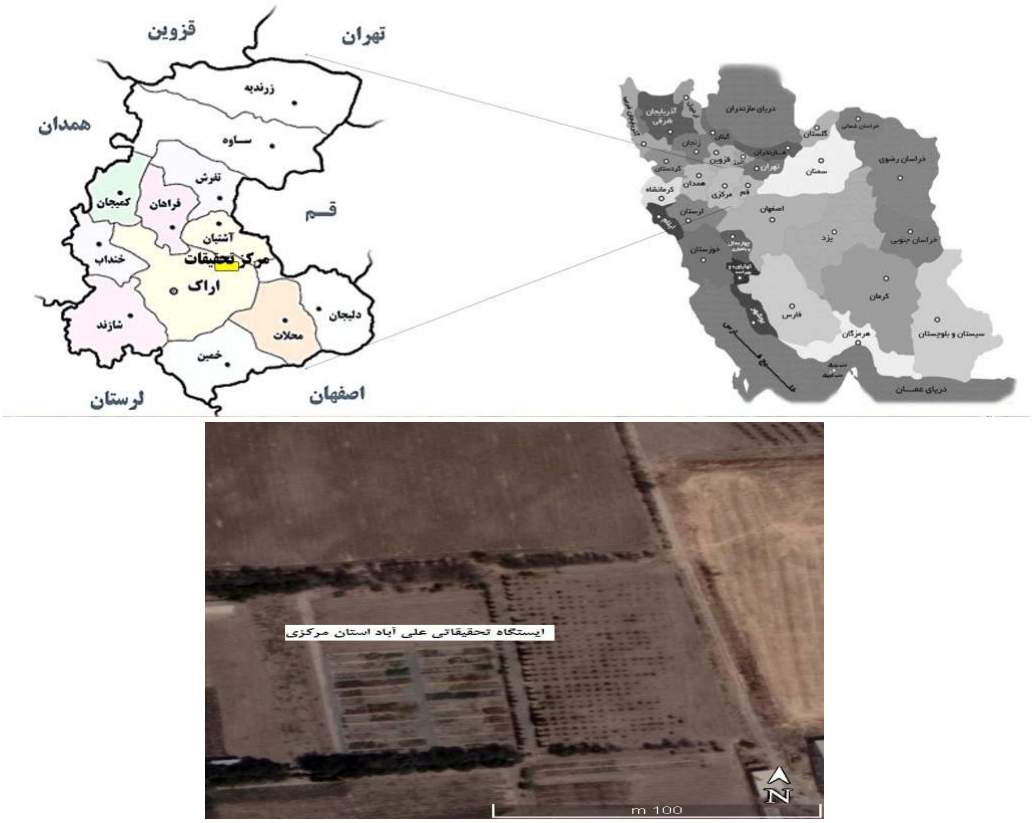
مواد و روش‌ها

محل پژوهش

محل اجرای این پژوهش در اراضی ایستگاه تحقیقاتی علی‌آباد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی بوده است. این ایستگاه در ارتفاع ۱۷۱۰ متری از سطح دریا واقع‌شده و متوسط بارندگی سالیان اخیر آن حدود ۲۲۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت آن ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد بوده و در محدوده اراضی استپی و خشک قرار می‌گیرد. خاک اراضی این ایستگاه لومی تا لومی شنی و عمق خاک آن متوسط است و شیب عمومی اراضی حدود دو درصد است. در این ایستگاه پروژه‌های تحقیقاتی متعددی انجام‌شده و مکان آن به‌نوعی انتخاب گردیده که معرف بسیاری از اراضی مرتعی استپی و خشک استان مرکزی باشد (شکل ۱).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]



شکل ۱: محدوده جغرافیایی محل انجام پژوهش در استان مرکزی

گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

گونه‌های گیاهی *Sanguisorba minor* Scop. و *Agropyron intermedium* (Host) P. Beauv گیاهان منتخب جهت مطالعه در این تحقیق بوده‌اند. گونه *A. intermedium* از خانواده گرامینه و از گندمیان مرغوب و خوش‌خوراک مرتعی می‌باشد و عمدتا در محدوده بارندگی ۳۵۰ الی ۷۵۰ میلی‌متر رشد نموده و ضمن تولید علوفه مناسب میزان مقاومت به چرای آن بالا است. این گیاه از گندمیان پایا بوده و به صورت توده‌ای گسترش یافته و توانایی بالائی در حفظ آب و خاک دارد (۶). گونه *S. minor* از خانواده پروانه‌آسا و پهن‌برگ بوده و از لحاظ علوفه‌ای ارزش غذایی بالایی دارد و به دلیل ترسیب نیتروژن، شرایط تغذیه خاک را نیز بهبود می‌دهد. گونه *S. minor* یا توت روباهی عمدتا در مناطق با بارندگی بالای ۳۰۰ میلی‌متر رشد نموده و ارتفاع اندام هوائی آن می تواند به ۷۵ سانتی‌متر نیز رسیده و عمق ریشه دوانی مناسبی دارد (۶).

با اینکه گونه‌های گیاهی منتخب عمدتا در مناطق با بارندگی بالای ۳۰۰ میلی‌متر گسترش دارند ولیکن در مناطق با بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر نیز با سطح پراکنش بسیار کمتر مشاهده می‌شوند و در این مطالعه تلاش شده است که امکان افزایش میزان سبز شدن و استقرار این گونه‌ها در مناطق خشک‌تر (بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) بررسی و تعیین شود.

روش تحقیق

بذور گونه‌های *S. minor* و *A. intermedium* از بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهیه شد و سپس در آزمایشگاه ثبت و گواهی بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی قوه نامیه بذور با روش آزمون استاندارد اندازه‌گیری دقیق شد و بذور جهت اعمال تیمارهای منتخب آماده‌سازی شدند. عامل اول آزمایش شامل تیمارهای منتخب پرایمینگ بذور در سه سطح (هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول ۰/۱ مگا

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

پاسکال و پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد) و تیمارهای ترکیب بذور با محلول نانوذرات نقره در سه سطح (شامل غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) به همراه نمونه شاهد (بدون تیمار) در نظر گرفته شد. برای انجام هیدروپرایمینگ از آب مقطر استفاده‌شده و بذرها به مدت ۱۲ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خیسانده شده و سپس از آب خارج شدند. برای پرایمینگ با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۰/۱ مگا پاسکال، ابتدا مقدار ۷۸/۵ گرم پودر PEG_{6000} در یک لیتر آب حل شد و محلول تهیه شد و سپس بذرها به مدت ۱۲ ساعت در محلول قرار داده شده و سپس با آب مقطر شسته شدند. برای پرایمینگ بذور به‌وسیله نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد، مقدار ۲ گرم نیترات پتاسیم در ۱۰۰ سی‌سی آب محلول شد و بذور به مدت ۱۲ ساعت در این محلول قرار داده‌شده و سپس با آب مقطر شسته شدند (۳۶-۴۴). نانوذرات نقره از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد. اندازه ذرات نانو نقره ۳۰ نانومتر، کروی و از لحاظ ساختاری بیش از ۹۹ درصد خلوص داشت و برای استفاده، ابتدا سوسپانسیون نانوذرات نقره در غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه‌شده و بذور به مدت ۲ ساعت در این محلول‌ها قرار داده شد و سپس بذور از محلول خارج گردیده و شستشو داده شدند (۳۶-۴۴). فاکتور دوم آزمایش سطوح آبیاری بود که در دو سطح اعمال گردید. سطح اول شامل آبیاری معمول منطقه و معادل ظرفیت زراعی خاک و سطح دوم شامل تنش خشکی در شرایط طبیعی (بدون آبیاری) بوده است. جهت اجرای طرح در عرصه، پس از آماده‌سازی خاک عرصه اقدام به کشت بذر به‌صورت مستقیم در کرت‌های آزمایشی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با سطوح مختلف پرایمینگ و در دو سطح تنش رطوبتی انجام شد. جهت اجرای پروژه مجموعاً تعداد ۵۶ کرت برای هر گونه و تعداد ۱۱۲ کرت برای دو گونه در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت احداثی برابر ۱/۵ مترمربع بوده و در هر کرت سه ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول یک متر در نظر گرفته شد. بذور در چاله‌های کوچکی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر در هر ردیف (تعداد ۹ چاله در هر کرت ایجاد شد) و تعداد ۵ عدد بذر در هر چاله کشت گردید.

کشت بذر گونه‌های *A. intermedium* و *S. minor* به ترتیب در پاییز و بهار انجام گرفت و سپس آماربرداری در مدت یک سال زراعی انجام شد. مشخصه‌های مورفولوژی مورد بررسی شامل میزان ظهور از خاک (درصد)، سرعت جوانه‌زنی، استقرار و زنده‌مانی (درصد)، قطر اندام هوایی (سانتی‌متر)، ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)، طول ریشه (سانتی‌متر)، نسبت طول ریشه به ساقه (درصد)، بنیه، تولید بذر (گرم)، وزن خشک اندام هوایی(گرم)، وزن خشک ریشه (گرم) بودند. همچنین صفات کیفی مورد بررسی شامل میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل (a,b) و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسیددیسموتاز (Superoxide dismutase) بودند که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (۲۰). درصد ظهور گیاه و سرعت جوانه‌زنی در اوایل فصل و ارتفاع و قطر تاج پوشش و سایر مشخصه‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه در انتهای فصل رویش برداشت گردید. جهت تعیین طول و وزن ریشه و ساقه و صفات کیفی علوفه، تعداد ۱۰ پایه گیاهی از هر تیمار به‌صورت تصادفی برداشت گردیده و صفات مذکور بررسی و اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری صفات کیفی، ابتدا نمونه برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در ورقه‌های آلومینیومی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس نمونه‌ها با هاون خردشده و چند نمونه ۰/۱ گرمی از پودر برگ تهیه شد و به هرکدام ۱۰ میلی‌لیتر محلول سولفوسالسیلیک اسید (SSA) اضافه گردید و پس از ۴۸ ساعت با کاغذ صافی واتمن صاف شدند. بررسی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با بررسی کاهش مقدار پراکسید هیدروژن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) و پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی‌مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر آغاز گردید. تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. سپس فعالیت آنزیم به‌صورت تغییرات جذب در دقیقه به ازای وزن‌تر بیان گردید (۱۳). برای بررسی میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز پس از اضافه کردن ریبوفلاوین به مخلوط شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، متیونین ۰/۰۱۳ مولار، EDTA ۰/۱ میکرومولار و ریبوفلاوین ۲ میکرومولار، بلافاصله ۳ میلی‌لیتر از آن را درون لوله‌آزمایش ریخته و به

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

هر لوله ۱۰۰ میکرولیتر نمونه عصاره پروتئینی اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۶ دقیقه در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از منبع نور قرار گرفتند و در این فاصله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر و توسط محلول تاریکی به‌عنوان شاهد تنظیم شد. پس از ۱۶ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول‌موج مذکور خوانده شد. از آنجائی‌که یک واحد آنزیم مذکور عبارت است از میزانی از آنزیم که ۵۰ درصد بازداشت ایجاد می‌کند، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بر اساس واحد آنزیمی به ازای هر میلی‌گرم پروتئین برای تمام نمونه‌ها محاسبه گردید (۲۰). همچنین یک میلی‌لیتر از محلول را در لوله‌آزمایش ریخته و به آن یک میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (Ninhydrin) و یک میلی‌لیتر اسید استیک‌گلی‌سیال (Glacial acetic acid) اضافه گردید. لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن ماری جوشان ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا زمانی‌که رنگ آجری تولیدشده تثبیت گردید. سپس لوله‌ها بلافاصله در آب یخ قرار داده شدند تا واکنش سریعاً متوقف شود. به هر لوله، دو میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد و محتویات لوله به‌خوبی مخلوط گردید، از دو فاز تشکیل‌شده، محلول قرمز بخش بالایی نمونه‌برداری گردید و در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر مقدار پرولین آن قرائت شد. برای اندازه‌گیری قندهای محلول از روش فنل سولفوریک اسید استفاده گردید و میزان آن در طول‌موج ۴۸۵ نانومتر قرائت گردید. محتوای کلروفیل کل نیز به روش آرنون با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل $Cary_{300}$ و با طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۵۲ و ۶۴۵ اندازه‌گیری شد. پس از اتمام داده‌برداری صفات مورد مطالعه در مزرعه و اخذ نتایج به‌دست آمده در آزمایشگاه، آنالیز واریانس و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار $SPSS_{Ver.17.1}$ و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد برای صفات مورد مطالعه گونه‌های *S. minor* و *A. intermedium* انجام گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری صفات مورد مطالعه برای گونه *A. intermedium* و *S. minor* به تفکیک آورده شده است. نتایج بررسی اثرات پرایمینگ در رابطه با تنش خشکی برای گونه *A. intermedium* در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پرایمینگ و تنش خشکی بر روی صفات موروفولوژی گیاه *A. intermedium*

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ظهور از خاک (درصد)	سرعت جوانه‌زنی	استقرار و زنده‌مانی (درصد)	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	وزن خشک اندام هوایی(گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	بنیه	تولید بذر (گرم)
بلوک	۳	۱/۲^{ns}	۱۷/۴۴^{ns}	۰/۶۱۷^{ns}	۰/۵۵*	۳/۰۸۲^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۵۴*	۴/۱۲*
پرایمینگ	۶	۱۷۹/۳۳*	۱۶۹/۱**	۹/۴۰*	۱۰/۴۲^{ns}	۰/۶۴*	۸/۰۳^{ns}	۱۰/۴۲*	۰/۲۴*
تنش خشکی	۱	۱۸۰/۲۷*	۴۰/۴۷*	۱۶/۹۸*	۱۰۴/۶۵*	۰/۲۵*	۱۶/۴۸*	۱۰۴/۶۵^{ns}	۰/۵۵*
پرایمینگ×تنش خشکی	۶	۶/۹۳*	۴۰/۸*	۴/۲۹*	۶/۵۳^{ns}	۷/۳۱*	۹/۲۹^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۴۵/۲۱*
خطا	۴۲	۱/۹۲	۱۶/۴۸	۵/۵۲	۱۵/۶۷	۱۴/۰۷	۴۲/۲۲	۶۳/۷۷	۲۳/۱۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۶/۵۴	۴۲/۴۲	۳۶/۷۷	۲۳/۳۲	۴۱/۳۴	۲۱/۴۲	۳۱/۴۵	۲۵/۳۸

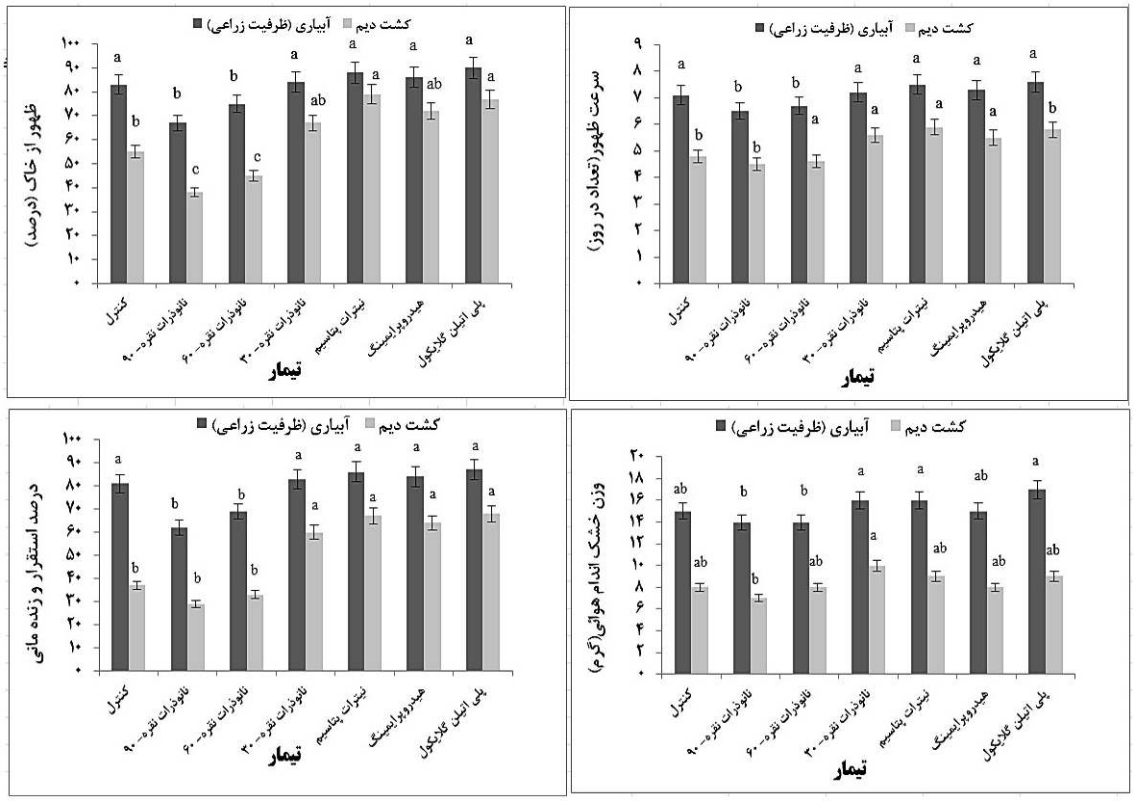
*= معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، sn = غیر معنی‌دار.

تغییرات صفاتی از قبیل درصد و سرعت ظهور بذور از گیاه از خاک، وزن خشک اندام هوایی و درصد استقرار و زنده‌مانی *A. intermedium* در شکل (۲) نشان داده شده است. اثرات انواع پرایمینگ بر روی بذرها در شرایط تنش متفاوت بوده است. بررسی تغییرات صفات موردمطالعه در درجه اول نشان می‌دهد که تنش رطوبتی یک تغییر عمومی در عملکرد گیاه و مشخصه‌های مورد ارزیابی داشته است. مشخصه‌هایی از قبیل درصد ظهور گیاه از خاک و استقرار تحت تیمارهای پلی‌اتیلن، نیترات پتاسیم، نانوذرات نقره (غلظت ۳۰) و هیپوپرایمینگ برای هر دو سطح تنش خشکی بیشترین تأثیر مثبت را نشان دادند و بیشترین تغییر مربوط به صفت وزن خشک اندام هوایی (۸ و ۱۵ گرم برای نمونه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

شاهد تحت تنش طبیعی و تنش معادل ظرفیت زراعی) گیاه بوده است و سپس این میزان تحت تیمارهای پلی‌اتیلن گلایکول به میزان حداکثری (۱۷ گرم) رسیده است. میزان این صفت تحت تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر به ۱۶ گرم رسیده و سپس مجدداً با افزایش غلظت نانوذرات نقره کاهش‌یافته و به ۱۴گرم رسیده و حتی تحت تنش رطوبتی طبیعی این میزان به مقدار ۷ گرم رسیده است (شکل ۲).



شکل ۲: تغییر مشخصه‌های مورفولوژی گونه *A. intermedium* تحت تیمارهای پرایمینگ در ارتباط با تنش خشکی

تغییرات سایر صفات مورد ارزیابی بذور کشت شده گیاه *A. intermedium* تحت تیمارهای پرایمینگ در جدول ۲ ارائه گردیده است. روند تغییرات چنین نشان می‌دهد که اغلب تیمارهای پرایمینگ استفاده شده برای روی جوانه‌زنی و رشد و عملکرد این گیاه اثر مثبتی داشته‌اند اما در خصوص تیمارهای نانوذرات نقره در غلظت‌های بالاتر تغییرات منفی بوده و عملکرد مناسبی مشاهده نمی‌گردد. به‌عنوان‌مثال نتایج نشان می‌دهند که فاکتور ارتفاع گیاه در شرایط ظرفیت زراعی برای تیمار شاهد برابر ۱۳۱ سانتی‌متر بوده است و به ترتیب برای انواع پرایم‌ها برای پلی‌اتیلن، هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، نانوذرات نقره معادل ۱۳۷، ۱۵، ۱۳۳ و ۱۳۴ سانتی‌متر بوده اما در غلظت‌های بالای نانوذرات نقره این صفت کاهش نشان داده تا جایی که معادل با ۱۲۹ و ۱۲۷ سانتی‌متر برای غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم شده است (جدول ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

جدول ۲: مقایسه میانگین مشخصه‌های مورفولوژی گونه *A. intermedium* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

	صفات موردبررسی	تیمار					
		کنترل	پلی‌اتیلن گلایکول	هیپوپرایمینگ	نیترات پتاسیم	نانوذرات نقره (میلی‌گرم برلیتر)	
						۳۰	۶۰	۹۰
ظرفیت زاینی	تولید بذر (گرم)	۲/۰±۶/۵ b	۳/۰±۴/۶ a	۳/۰±۴/۴ a	۲/۰±۳/۴ b	۳/۰±۱/۳ a	۲/۰±۵/۴ b	۲/۰±۳/۲ b
	قطر اندام هوایی (سانتی‌متر)	۲۲/۵±۵ a	۲۴/۶±۳/۴ a	۲۲/۳±۵/۵ a	۲۳/۴±۷/۵ a	۲۳/۵±۴/۸ a	۲۱/۵±۴/۰ a	۲۰/۷±۶/۷ a
	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۱۳۱/۱۵±۱/۰ ab	۱۳۷/۲۰±۲/۴ a	۱۳۳/۱۷±۶/۵ b	۱۳۵/۲۲±۲ a	۱۳۴/۱۸±۸/۲ a	۱۲۹/۳۱±۴/۵ b	۱۲۷/۸±۶/۴ b
	طول ریشه (سانتی‌متر)	۲۱/۴±۶/۴ a	۲۲/۸±۲/۱ a	۲۰/۶±۱/۵ a	۲۳/۵±۲/۷ a	۲۱/۴±۵/۵ a	۱۹/۳±۴/۵ a	۱۹/۵±۶/۲ a
	نسبت طول ریشه به ساقه (درصد)	۱۶/۲±۸/۵ ab	۱۶/۲±۵/۸ ab	۱۵/۷±۵/۳ b	۱۷/۴±۳/۵ a	۱۵/۳±۴/۵ b	۱۵/۴±۳/۴ b	۱۴/۵±۲/۰ b
	بنیه	۱۲۶/۲۴±۶/۵ b	۱۴۳/۳۱±۷/۲ a	۱۳۱/۲۰±۶/۵ ab	۱۳۹/۸±۴/۹ a	۱۳۰/۲۳±۷/۵ ab	۱۱۱/۱۸±۵/۵ b	۱۴±۹۸/۵ c
	وزن خشک ریشه (گرم)	۵/۰±۷/۵ b	۷/۱±۴/۵ a	۵/۱±۲/۲ b	۶/۰±۴/۸ ab	۶/۱±۵/۲ ab	۵/۰±۴/۶ b	۴/۰±۳/۷ b
تحت تنش عرصه‌ای	تولید بذر (گرم)	۱/۰±۳/۳ b	۲/۰±۱/۲ a	۲/۰±۲/۱ a	۱/۰±۲/۷ b	۲/۰±۳/۵ a	۱/۰±۲/۳ b	۱/۰±۳/۴ b
	قطر تاج پوشش (سانتی‌متر)	۱۳/۴±۲/۶ b	۱۵/۶±۴/۵ ab	۱۴/۳±۵/۵ b	۱۵/۶±۸/۲ ab	۱۸/۸±۶/۵ a	۱۴/۵±۴/۰ b	۱۳/۲±۶/۵ b
	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۶۱/۱۴±۹/۴ b	۶۵/۱۱±۴/۵ ba	۶۳/۱۲±۶/۵ ab	۶۷/۴±۴/۵ ab	۷۵/۱۴±۵/۲ a	۶۰/۱۵±۴/۰ b	۵۸/۵±۴/۹ b
	طول ریشه (سانتی‌متر)	۱۵/۶±۸/۵ b	۱۷/۷±۵/۲ ab	۱۶/۴±۴/۵ ab	۱۶/۵±۳/۲ b	۱۹/۸±۶/۲ a	۱۵/۶±۴/۵ b	۳±۱۴/۵ b
	نسبت طول ریشه به ساقه (درصد)	۲۴/۷±۴/۸ a	۲۶/۵±۲/۵ a	۲۵/۴±۳/۵ a	۲۴/۹±۴/۱ a	۲۵/۷±۴/۵ a	۲۵/۸±۶/۱ a	۲۴/۸±۷/۵ a
	بنیه	۴۲/۱۴±۸/۵ b	۶۳/۱۷±۶/۵ a	۵۷/۱۳±۲/۴ ab	۶۵/۱۵±۴/۵ a	۶۳/۱۸±۶/۰ a	۳۴/۶±۸/۷ c	۲۷/۳±۷/۵ c
	وزن خشک ریشه (گرم)	/۰±۴۲/۷ b	۵/۱±۴/۵ a	۴/۰±۲/۸ b	۵/۰±۵/۸ a	۵/۱±۴/۵ a	۴/۱±۲/۲ b	۴/۰±۱/۵ b

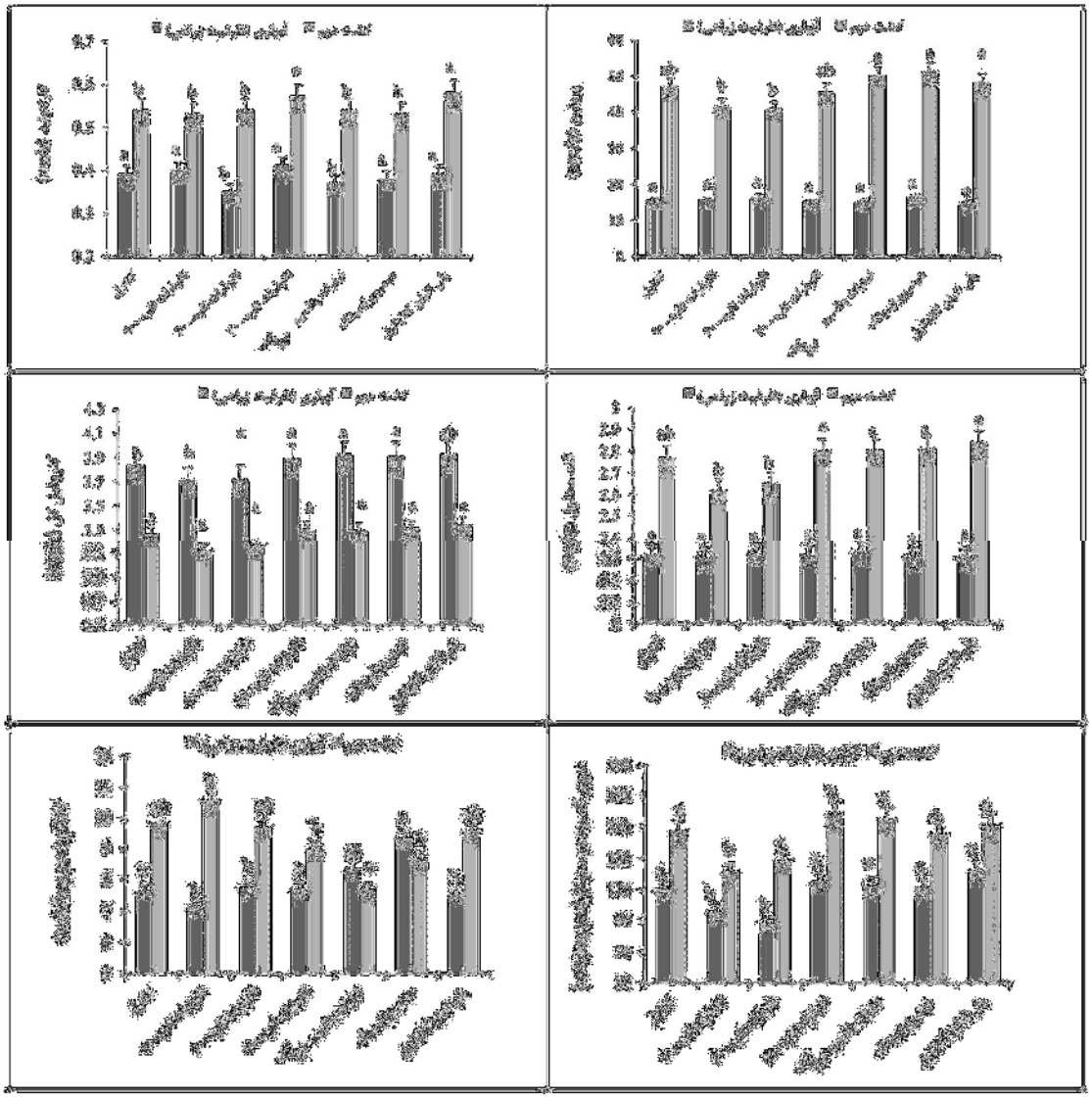
* حروف مشابه در هر ردیف تفاوت غیرمعناداری را نشان دهنده نشان می‌دهند.

تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز اندام رویشی گونه *A. intermedium* تحت تأثیر انواع مختلف پرایمینگ در ارتباط با تنش خشکی در شکل (۳) نشان داده شده است. اثر تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی در نمودارها نشان داده شده است. تنش خشکی به جز کاهش میزان کلروفیل در سایر فاکتورها اثر مثبت و افزاینده داشته است. همچنین نوع پرایمینگ بر روی مقادیر صفات موردمطالعه تأثیر معنی‌داری داشته ولیکن میزان این تغییرات به‌اندازه تأثیر تنش نبوده است. به عنوان مثال مقادیر آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در شرایط تنش طبیعی نشان می‌دهد که مقدار این صفت تحت تأثیر نوع پرایمینگ قرارگرفته و میزان این آنزیم برای نمونه شاهد معادل ۱۴۷ واحد در میلی‌گرم ولی برای تیمارهای پلی‌اتیلن، هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، نانوذرات نقره به ترتیب معادل ۱۵۱، ۱۴۵، ۱۵۵، ۱۵۸ واحد در میلی‌گرم و تحت غلظت‌های بالاتر ذرات نقره معادل ۱۲۸ و ۱۲۱ واحد در میلی‌گرم بوده است (شکل ۳).

در رابطه با گونه پهن‌برگ *S. minor* روند تغییرات صفات مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف پرایمینگ بذور در رابطه با تنش خشکی ایجادشده با نوساناتی همراه بوده است. صفاتی مانند درصد ظهور از خاک و یا مقدار بیوماس تولیدی گیاه تحت تیمارهای منتخب دارای بیشترین تغییرات بوده است (معنی‌دار در سطح ۱ درصد احتمال خطا). اما مقادیر صفاتی مانند تولید بذر یا استقرار و زنده‌مانی گیاه مورد بررسی تفاوت چشمگیر و معنی‌داری را تحت تیمارهای منتخب نشان نداده‌اند (جدول ۳).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]



شکل ۳: تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل، کاتالاز (CAT)، سوپراکسیددیسموتاز اندام گونه *A. intermedium* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پرایمینگ و تنش خشکی بر صفات مورفولوژی گیاه *S. minor*

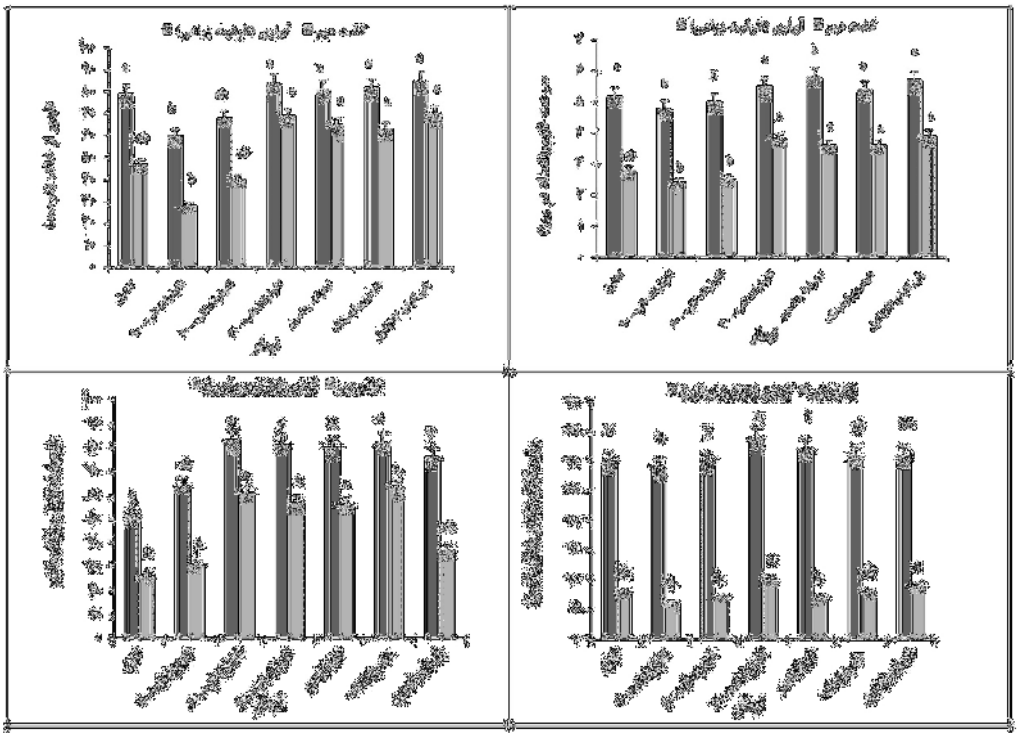
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ظهور از خاک (درصد)	سرعت جوانه‌زنی	استقرار و زنده‌مانی (درصد)	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	بنیه	تولید بذر (گرم)
بلوک	۳	۲/۳۲^{ns}	۱۴/۳۲*	۰/۷۷^{ns}	۰/۸۹^{ns}	۴/۴۱^{ns}	۲/۵۷^{ns}	۱/۶۸*	۵/۲۶^{ns}
پرایمینگ	۶	۱۶۶/۴۵^{ns}	۱۵۵/۴۲**	۱۱/۰۲^{ns}	۱۲/۶۲*	۱/۸۸^{ns}	۱۵/۹۲^{ns}	۱۲/۵۵*	۲/۵۲^{ns}
تنش خشکی	۱	۱۵۴/۳۳*	۳۳/۵۴*	۱۷/۱۷^{ns}	۷۷/۲۴*	۴/۴۴**	۱۳/۸۸*	۸۵/۷۵^{ns}	۲/۳۵*
پرایمینگ×تنش خشکی	۶	۵/۶۶*	۳۸/۴۴^{ns}	۷/۶۲*	۸/۱۲^{ns}	۸/۳۲*	۱۱/۲۶^{ns}	۶/۶۲^{ns}	۳۳/۲۷^{ns}
خطا	۴۲	۱۲/۳۲	۱۶/۷۴	۱۳/۵۴	۱۷/۱۱	۱۸/۲۶	۴۱/۲۳	۵۲/۳۲	۳۵/۱۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۳/۲۳	۲۵/۴۲	۳۴/۱۶	۱۲/۵۲	۳۵/۲۱	۲۳/۵۲	۳۲/۴۸	۳۱/۴۲

**= معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، *= معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، ns = غیر معنی‌دار.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

در گیاه *S. minor* صفاتی نظیر درصد ظهور از خاک، سرعت جوانه‌زنی، استقرار و زنده‌مانی و میزان بیوماس اندام هوایی گیاه تحت انواع پرایمینگ در رابطه با دو سطح تنش به‌کاربرده شده نوسانات مشخصی را داشته و منظم‌ترین تغییر و کاهش عملکرد مربوط به میزان بایومس تولیدی گیاه تحت هر دو سطح تنش خشکی در تیمارهای مختلف مشاهده گردید. بیشترین اختلاف تولید بیوماس معادل تقریبی ۳۰ گرم برای تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط ظرفیت زراعی اتفاق افتاده است و برای تیمارهای پلی‌اتیلن، هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، نانوذرات نقره به ترتیب معادل ۳۱، ۳۱، ۳۲، ۳۴ گرم و تحت غلظت‌های بالاتر ذرات نقره (۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) معادل ۳۰ و ۲۹ گرم بوده است و به همین ترتیب اثر منفی غلظت‌های بالای نانوذرات نقره بر دیگر مشخصه‌های مورد ارزیابی محسوس بوده است (شکل ۴).



شکل ۴: تغییرات صفات مورفولوژی درصد ظهور از خاک، سرعت جوانه‌زنی، تولید بایومس و استقرار و زنده‌مانی گونه *S. minor* تحت تیمارهای پرایمینگ در ارتباط با تنش خشکی

جدول (۴) مقادیر صفات قطر تاج پوشش، تولید بذر، ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، بنیه و وزن خشک ریشه گیاه *S. minor* را تحت تیمارهای منتخب در شرایط ظرفیت زراعی و تنش خشکی نشان می‌دهد. اثرات پرایمینگ بر اغلب صفات موردبررسی (بدون احتساب نوع تنش رطوبتی) مثبت بوده است ولیکن تیمارهای غلظت ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره نتیجه عکس داده‌اند و مثلاً برای عاملی مانند بنیه بذور مقدار این عامل برای دو سطح بالای نانوذرات معادل ۴۱ و ۳۵ بوده درحالی‌که برای نمونه شاهد، تیمارهای پلی‌اتیلن، هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، نانوذرات نقره به‌ترتیب معادل ۵۰، ۵۶، ۵۲، ۵۴ و ۵۸ بوده است (جدول ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

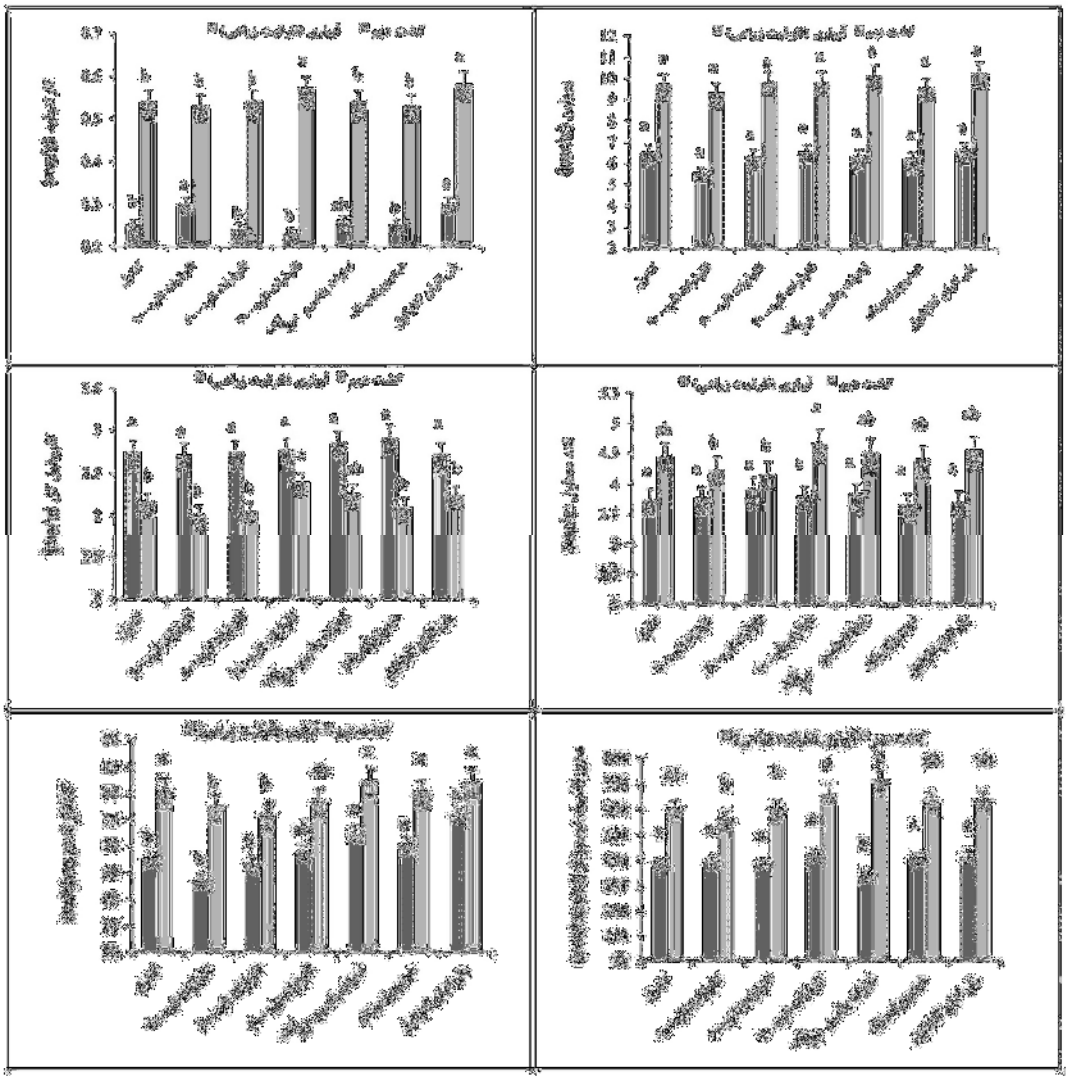
جدول ۴: مقایسه میانگین مشخصه‌های مورفولوژی گونه *S. minor* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

	صفات موردبررسی	تیمار					
		کنترل	پلی‌اتیلن گلایکول	هیپوپرایمینگ	نیترات پتاسیم	نانوذرات نقره (میلی‌گرم برلیتر)	
						۳۰	۶۰	۹۰
ظرفیت زراعی	تولید بذر	۲/۰±۳/۴ b	۳/۰±۲/۵ a	۳/۰±۰/۵ a	۲/۰±۱/۶ b	۳/۰±۰/۵ a	۲/۰±۲/۶ b	۲/۰±۱/۵ b
	قطر تاج پوشش (سانتی‌متر)	۳۳/۵±۱ a	۳۴/۲±۳/۲ a	۳۳/۳±۵/۸ a	۳۵/۳±۷/۴ a	۳۶/۶±۴/۹ a	۳۲/۸±۴/۱ a	۳۳/۷±۶/۸ a
	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۳۵/۱۴±۱/۰ a	۳۶/۸±۴/۵ a	۳۵/۱۳±۴/۲a	۳۷/۱۲±۸/۲ a	۳۸/۹±۶/۷ a	۳۳/۶±۷/۵ a	۳۳/۸±۶/۵ a
	طول ریشه (سانتی‌متر)	۲۸/۴±۶/۴ a	۳۰/۸±۲/۱ a	۲۹/۶±۱/۵ a	۵±۳۰/۷ a	۳۱/۴±۵/۵ a	۳±۲۷/۵ a	۲۶/۵±۶/۲ a
	نسبت طول ریشه به ساقه	۸۰/۳±۷/۶ a	۸۳/۳±۷/۴ a	۸۳/۷±۸/۴ a	۸۳/۴±۵/۳ a	۸۱/۷±۶/۱ a	۸۲/۷±۴/۵ a	۷۹/۹±۵/۰ a
	بنیه	۵۰/۱۵±۲/۴ b	۱۴±۵۶/۶ a	۱۳±۵۲/۷ b	۹±۵۴/۱۲ a	۲۲±۵۸/۴ a	۱۲±۴۱/۴ c	۱۱±۳۵/۳ c
	وزن خشک ریشه (گرم)	۲۲/۶±۸/۷ ab	۲۳/۸±۶/۵ a	۲۲/۶±۹/۳ ab	۲۳/۵±۶/۲ ab	۲۵/۳±۹/۶ a	۲۰/۴±۶/۴ c	۱۹/۲±۴/۵ c
تحت تنش عرصه‌ای	تولید بذر (گرم)	۱/۰±۴/۴ b	۱/۰±۲/۴ b	۱/۰±۵/۳ b	۲/۰±۴/۶ a	۱/۰±۲/۵ b	۱/۰±۳/۳ b	۱/۰±۴/۳ b
	قطر تاج پوشش (سانتی‌متر)	۱۸/۵±۹/۹ ab	۴±۲۰/۶ ab	۳±۱۹/۴ ab	۶±۱۹/۳ ab	۷±۲۲/۵ a	۶±۱۷/۱ b	۷±۱۶/۳ b
	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۱۹/۵±۲/۶ b	۲۲/۸±۴/۳ ba	۲۰/۷±۴/۵ ab	۲۰/۶±۵/۲ ab	۲۴/۸±۳/۴ a	۱۸/۷±۶/۰ b	۱۸/۶±۴/۴ b
	طول ریشه (سانتی‌متر)	۱۷/۴±۴/۶ ab	۱۹/۸±۵/۱ a	۱۸/۶±۴/۷ ab	۱۸/۴±۳/۳ ab	۲۰/۵±۶/۷ a	۱۶/۶±۴/۴ b	۴±۱۵/۵ b
	نسبت طول ریشه به ساقه (درصد)	۸۹/۱۲±۲/۳ a	۸۶/۱۳±۵/۴ a	۹۰/۱۵±۶/۶ a	۹۰/۱۷±۴/۶ a	۸۳/۱۹±۶/۴ a	۸۸/۱۶±۳/۴ a	۸۳/۱۶±۴/۷ a
	بنیه	۱۷/۵±۲/۲ ab	۲۵/۶±۹/۵ a	۲۴/۴±۲/۸ a	۲۵/۷±۴/۶ a	۳۰/۷±۴/۶ a	۱۴/۴±۳/۶ b	۹/۲±۲/۶ c
	وزن خشک ریشه (گرم)	۶/۰±۹/۹ ab	۷/۱±۲/۲ ab	۶/۱±۳/۱ ab	۶/۰±۶/۴ ab	۹/۱±۵/۶ a	۵/۰±۳/۴ b	۵/۱±۲/۵ b

نتایج آزمایش‌های انجام‌شده بر روی نمونه‌های گیاهی تهیه شده از اندام هوایی گونه *S. minor* نیز مانند گونه *A. intermedium* نشان دادند که به‌جز کلروفیل مقادیر سایر صفات موردبررسی در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابند و تیمارهای پرایمینگ منتخب نیز بر روی این تغییرات عمدتاً تأثیرات معنی‌داری داشته‌اند. به عنوان مثال میزان کارتنوئید در شرایط ظرفیت زراعی برابر ۰/۲۵ میلی‌گرم در گرم برای نمونه شاهد بوده و مقدار این فاکتور برای تیمارهای پلی‌اتیلن، هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم و نانوذرات با غلظت‌های ۳۰ و ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب برابر ۰/۳۰، ۰/۲۵، ۰/۲۶، ۰/۲۳، ۰/۲۴ و ۰/۳ میلی‌گرم در گرم بوده است (شکل ۵).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]



شکل ۵: تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل، کاتالاز (CAT)، سوپراکسیددیسموتاز اندام هوایی گونه *S. minor* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش سرعت جذب آب و متابولیسم در بذرهای پرایم شده موجب جوانه‌زنی بیشتر و کاهش غیریکنواختی فیزیولوژیکی طبیعی و ذاتی جوانه‌ها و باعث بهبود وضعیت استقرار پوشش گیاهی و افزایش تحمل به خشکی و عملکرد گیاهان می‌شود (۵). در این مطالعه نیز نتایج بررسی‌ها نشان داد که میزان صفات رویشی و مورفولوژیک منتخب به‌ویژه میزان ظهور از خاک، سرعت ظهور از خاک و استقرار و زنده‌مانی دو گونه *A. intermedium* و *S. minor* در هر دو سطح رطوبتی منتخب تحت تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) نسبت به شاهد بالاتر بوده و عمدتاً اختلاف معنی‌دار با شاهد داشته‌اند. نتایج سه صفت مذکور تحت تیمارهای پرایمینگ منتخب، تنش خشکی و اثرات متقابل پرایمینگ و تنش خشکی دارای تفاوت معنادار ($P<0.05$) با شاهد بود (جدول۱). به‌عنوان مثال میزان استقرار و زنده‌مانی گونه *A. intermedium* تحت شرایط تنش خشکی در تیمار پلی‌اتیلن

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

گلایکول (۶۸ درصد)، نیترات پتاسیم (۶۷ درصد)، هیپوپرایمینگ (۶۴ درصد) و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر (۶۰ درصد) نسبت به نمونه شاهد (۳۷ درصد) افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را نشان داد اما در تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر (۳۳ درصد) و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۹ درصد) کاهش داشت و در گونه *S. minor* نیز مشابه این نتایج مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین درصد ظهور از خاک گونه *S. minor* در شرایط تحت تنش خشکی طبیعی برای تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب معادل ۶۳، ۶۵، ۷۰ و ۶۹ درصد بود که نسبت به شاهد (۴۷ درصد) افزایش چشمگیری نشان داد و در گونه *A. intermedium* نیز مشابه این موارد مشاهده گردید (شکل ۳). در این راستا در بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه *Nigella sativa* تحت شرایط تنش نیز نشان داده‌شده که اثر پرایمینگ بذر بر تمام شاخص‌ها و اثر متقابل دو عامل بر جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیهٔ بذر معنی‌دار بوده است (۴۹). در مطالعه اثر پرایمینگ بذر گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش زمان جوانه‌زنی بذر در تیمار اسموپرایمینگ کاهش نشان داده و در غلظت‌های بالا موجب توقف جوانه‌زنی شده و بیشترین کارایی جوانه‌زنی در تیمار نانوذرات معرفی‌شده که اثرات مثبتی بر جوانه‌زنی بذر داشته است (۴۰). اما در مطالعه دیگری منظور بررسی تأثیر اسموپرایمینگ بر بهبود جوانه‌زنی بذور بنگ‌دانه در محلول نیترات پتاسیم (KNO_3) و پلی‌اتیلن گلایکول (PEG) نشان داده‌شده که اثر تیمارهای پرایمینگ بر صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبوده ولی بر صفات سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و بنیه بذر معنی‌دار بوده است (۴۵). کوئر و همکـــاران (۲۰۰۵) نیز گـــزارش نمودنـد که پرایمینگ بذر، تـأثیر منفی تـنش خشکی بـر جوانه‌زنی و رشـد گیاهچـه *Cicer arietinum* را کـاهش داده و سبب بهبـود جوانه‌زنی و رشـد آن در پتانسـیل آبـی پـایین شـــده است کـــه در ایـــن رابطـــه نوع مواد مورداستفاده برای پرایمینگ تأثیرات متفاوتی را نشان داده‌اند.

بر اساس نتایج حاصله، کاربرد نانوذرات نقره می‌تواند اثرات مثبت و یا منفی بر مشخصه‌های رویشی بذر و نهال رشد یافته از بذور *S. minor* و *A. intermedium* داشته باشد و تأثیر مثبت در غلظت پائین (۳۰ میلی‌گرم در لیتر) و تأثیر منفی در غلظت‌های بالاتر (۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده گردید. به‌عنوان‌مثال میزان وزن خشک اندام هوایی *A. intermedium* تیمار شاهد تحت تنش طبیعی برابر ۸ گرم بوده و مقدار این صفت در غلظت پایین نانوذرات نقره با افزایش قابل‌توجهی معادل ۲۵ درصد به مقدار ۱۰ گرم رسیده است، اما مجدداً با افزایش غلظت نانوذرات کاهش‌یافته و به مقدار ۷ گرم رسیده است (شکل ۱). به همین ترتیب نویسندگان متعددی گزارش داده‌اند که غلظت زیاد نانوذرات نقره برای بذور سمی بوده و باعث کاهش جوانه‌زنی می‌گردند (۳۳، ۱۰، ۱۹، ۱۴). به طوری که غلظت بالای مواد نانوذرات نقره اثرات منفی را بر روی خصوصیات رویشی و عملکردی گیاه مرتعی *Thymus kotschyanus* داشته است (۱). اما از سویی مطالعات دیگری هم نیز نشان داده‌اند که نانوذرات نقره در بهبود جوانه‌زنی گیاهان می‌توانند نقش مؤثری داشته باشند (۳۴، ۵۱). به‌هرحال گیاهان مختلف واکنش‌های متفاوتی به نانوذرات دارند. چنانچه گزارش‌شده استفاده از نانوذرات باعث افزایش وزن خشک ساقه و ریشه و افزایش جوانه‌زنی در گیاه *Agropyron elongatum* شده است (۷). شمس و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات نقره را بر عملکرد گیاه در شرایط تنش کم‌آبی مطالعه نموده و نتیجه گرفتند که سطوح مختلف کاربرد نانوذرات نقره تأثیرات متفاوتی بر عملکرد گیاه *Zea mays* داشته و بیان کرده‌اند که بیشترین عملکرد در تیمار ۳۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی نانوذرات نقره حادث‌شده و مقاومت به تنش خشکی گیاه نیز با کاربرد نانوذرات افزایش‌یافته است. تأثیر مثبت نانوذرات نقره عمدتاً به دلیل تسهیل نفوذ آب و مواد غذایی به بذر گیاه و بهبود مشخصه‌های جوانه‌زنی است (۴۳).

مقادیر پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز در گونه‌های *S. minor* و گونه *A. intermedium* در تیمارهای منتخب پرایمینگ در شرایط تنش و ظرفیت زراعی متغیر بود (شکل ۲ و ۴) ولیکن به‌طورکلی با افزایش تنش خشکی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

مقادیر پرولین، کارتنوئید، قند محلول و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز افزایش‌یافته و مقادیر کلروفیل کاهش یافت و افزایش‌های مذکور مکانیسم‌های طبیعی گیاهان جهت افزایش مقاومت به خشکی است. در این پژوهش کاربرد تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌طور متوسط موجب افزوده شدن مقادیر صفات مذکور به‌ویژه در شرایط تنش خشکی در گونه‌های منتخب نسبت به شاهد گردید ولیکن کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش مقدار صفات مذکور نسبت به شاهد در گونه‌های منتخب گردید. همچنین کاربرد تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب کاهش نقصان میزان کلروفیل کل در شرایط تنش خشکی گردیده ولیکن کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر اثرات معنی‌دار و یا مثبتی بر روی میزان کلروفیل نداشته است. بر اساس نتایج حاصله، کاربرد تیمارهای پلی‌اتیلن گلایکول و نیترات پتاسیم در گونه *A. intermedium* و کاربرد تیمارهای پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در گونه *S. minor* بیشترین تأثیرات مثبت در صفات کیفی مورد اندازه‌گیری یعنی میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز را داشته و کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین تأثیرات مثبت و حتی تأثیر منفی در صفات کیفی منتخب در هر دو گونه را داشته است. مشابه با این نتایج در مطالعه دیگری نشان داده‌شده است که میزان قندهای محلول تحت تیمار نانوذرات نقره افزایش‌یافته است (۴۲). پژوهش دیگری بر روی گونه *Pelargonium zonale* نشان داد که اثرات غلظت نانوذرات در تیمار ۶۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش داده است اما با افزایش غلظت نانوذرات در سطح ۸۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار این آنزیم کاهش‌یافته است. همچنین نوسانات فعالیت دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز با افزایش غلظت نانو نقره در سایر مطالعات مشاهده‌شده است (۲۴). بر اساس مطالعات موسی‌پور و عسگری‌پور (۲۰۱۷) احتمالاً افزایش قندهای محلول به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی در رابطه با رشد گیاه باشد. مطالعات گیل و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که افزایش کاتالاز یک ویژگی سازشی است که در هر دو گونه منتخب در شرایط تنش خشکی مشاهده گردید.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در گونه‌های *S. minor* و گونه *A. intermedium* اعمال تنش خشکی موجب بروز اثرات منفی در مشخصه‌های رویشی و مورفولوژیک گیاهان مذکور نظیر درصد ظهور جوانه از خاک، میزان استقرار و زنده‌مانی، طول ساقه و ... می‌گردد و استفاده از تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب کاهش اثرات نامطلوب تنش و کمک در استقرار و زنده‌مانی و افزایش تولید این گیاهان می‌گردد و تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر اثرات منفی در مشخصه‌های رویشی گیاه دارند. به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی این امر تغییراتی است که در فاکتورهای فیزیولوژیک نظیر میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز اتفاق افتاده و اعمال تیمارهای پرایمینگ موجب بروز تغییرات و فعل‌وانفعالاتی در فاکتورهای مذکور و افزایش مقاومت به خشکی گونه‌های منتخب می‌گردد. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی‌اتیلن‌گلایکول و نیترات پتاسیم در گونه *A. intermedium* و کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی‌اتیلن‌گلایکول و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در گونه *S. minor* بیشترین تأثیرات مثبت در افزایش مقاومت به تنش خشکی و بهبود مشخصه‌های رویشی در گونه‌های مذکور را داشته است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

References

1. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & M. Moameri, 2016. Effects of Silica and Silver Nanoparticles on Seed Germination Traits of *Thymus kotschyanus* in Laboratory Conditions. Journal of Rangeland Science, 6(3): 221-231. (In Persian)
2. Abbasi Sorkhi, AS., H. Roohi & F. Sharif Zadeh, 1999. Effect of different priming treatments on germination traits of soybean seedlings of JK cultivar. Summary of Articles of the First National Conference on Seed Science and Technology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
3. Ahmad, P & M.N.V. Prasad, eds. 2011. Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Springer Science & Business Media. 532 p.
4. Aqdasi, M., M. Joubani Pouyan, T. Nezamdoost & F. Tamsakni, 2017. The effect of different pretreatments on germination and growth of rice seeds (*Oryza sativa*) compared with silver nanoparticles during drought stress. Iranian Seed Research, 4(2): 121-131. (In Persian)
5. Azarnia, M & H.R. Esavand, 2014. Effect of hydro priming and hormone priming on yield and yield components of chickpea in rain fed and irrigation conditions. Journal of Crop Production, 6(4): 1-18. (In Persian)
6. Azarnivand, H & M.A. Zare Chahuki, 2010. Ecology of Range. Tehran: Tehran University. First Edition. 345 pages. (In Persian)
7. Azimi, R., Gh. Heshmati & R. Kavandi, 2015. Investigating the effects of different concentrations of silicon oxide nanoparticles (SIO2) on germination properties of rangeland seed (*Astragalus squarrosus*). Journal of Rangeland, 6 (2): 142-135. (In Persian)
8. Badeleh, K., M. Aqi Shahverdi & H. Omidi, 2015. Effect of seed priming on germination indices of squash (*Cucurbita pepo*) under drought stress. Iranian seed research, 1(2): 125-135. (In Persian)
9. Bahmani, M., Gh. Jalali & M. Tabari, 2015. Halo priming effect on seed germination traits of *Capparis spinosa* var. Parviflora. Arid Biome Scientific and Research Journal, 4(1):79-83. (In Persian)
10. Bradford, KJ. 1995. Water relations in seed germination in: J Kigel and G Galili (eds.) Seed Development and Germination, Marcel Dekker in New York, pp: 351- 396.
11. Chang, C.C., M.H. Yang, H.M. Wen & J.C. Chern, 2002. Estimation of total flavonoid content in populist by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis, 10(3).
12. David, E., EK. Elumalai, T.N. Prasad, V.K.V. Venkata Kambala & P.C. Nagajyothi, 2010. Green synthesis of silver nanoparticle using *Euphorbia hirta* L and their antifungal activities. Archives of Applied Science Research, 2(6): 76-81.
13. Dazy, M., V. Jung, J. Ferard & J. Mraud, 2008. Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. Chemosphere, 74: 57-63.
14. Di Girolamo, G & L. Barbanti, 2012. Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy, 7(2):25.
15. Dianatitilaki. Gh., B. Shakarami, M. Tabari & B. Behtari, 2010. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 44(3): 177-182. (In Persian)
16. Dianatitilaki G, Pichand M & Sadati S.E. 2016. Effects of drought stress and seed hydro-priming on some morphological, physiological and biochemical traits of *Cymbopogon olivieri* Boiss. Journal of Rangeland, 4(9):304-319. (In Persian)
17. Donaldson, K., L. Tran, L. Jimenez, A. Duffin, R. Newby, D.E. Mills, N. MacNee & V. Ston, 2005. Combustion-derived nanoparticles: a review of their toxicology following inhalation exposure. Particle and fiber toxicology, 2(1):10.
18. Eisvand, H.R., S. Shahrosvand, B. Zahedi, S. Heidari & Sh. Afroughe, 2011. Effects of hydro-priming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid on seed and seedling quality of carrot (*Daucus carota* var. sativus). Iranian Journal of Plant Physiology, 1(4): 233-239.
19. Joner, EJ & YS. Temsah, 2012. Impact of Fe and Ag nanoparticles on seed germination and differences in bioavailability during exposure in aqueous suspension and soil. Environmental Toxicology, 27(1): 42-49.
20. Giannopolitis, C. N & S. K. Ries, 1997. Superoxide dismutase occurrence in higher plants. Plant Physiology, 59: 309-314.
21. Gill, S.S & N. Tuteja, 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 909-930.
22. Haghighi. M. & M. Mozaffarian, 2015. Investigating the effect of super absorbent polyhedral and different levels of irrigation on growth and some qualitative and quantitative characteristics of tomato fruit

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

(*Lycopersicum esculentum* L.). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Technology), 28(1): 125-133. (In Persian).
23. Harris, D., RS. Tripathi & A. Joshi, 2000. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in direct-seeded rice, in IRRI: International Workshop on Dry-seeded Rice Technology, held in Bangkok, 25-28 January 2000 International Rice Research Institute, Manila, Philippines, 164 pp.
24. Hatami, M. & M. Ghorbanpour, 2014. Defense enzyme activities and biochemical variations of *Pelargonium zonale* in response to nano silver application and dark storage. Turkish Journal of Biology, 38(1): 130-9.
25. Heydecker, W. & P. Coolbear, 1978. Seed treatment for improved performance; Survey and attempted prognosis. Seed Science and Technology, 5: 353-425
26. Ibrahim, E.A., 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. Journal of Plant Physiology, 192: 38-46.
27. Kaur, S., AK. Gupta & N. Kaur, 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 191(2): 81-87.
28. Manivannan, P., C.A. Jaleel, R. Somasundaram & R. Panneerselvam, 2008. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed Helianthus annulus. Competes Rend us Biologist, 331(6): 418-425.
29. Michae, B. 2007. Nano particles could have negative effect on plant growth. Nano work LLC.
30. Moameri, M., E. Alijafari, M. Abbasi Khalaki & A. Ghorbani, 2018. Effects of nanopriming and biopriming on growth characteristics of *Onobrychis sativa* Lam. under laboratory conditions. Journal of Rangeland, 12(1): 101-111. (In Persian)
31. Mosapour Yahyaabadi, H & M.R. Asgharipour, 2017. Effects of drought stress and its interaction with silicon on stimulates the antioxidant system and lipid peroxidation in fennel (*Foeniculum vulgar*). Plant Process and Function, 5(16): 71- 85. (In Persian)
32. Murungu, F.S., P. Nyamugafata, C. Chiduza, L. Clark, J & W. R. Whalley, 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Tillage Research, 74(2): 161-168.
33. Nair, R., S. H. Varghese, B. G. Nair, T. Maekawa, Y. Yoshida, & D. S. Kumar, 2010. Plant Science, 179(3): 154–163.
34. Parveen, A. & S. Rao, 2015. Effect of nano silver on seed germination and seedling growth in *Pennisetum glaucum*. Journal of Cluster Science, 26(3): 693-701.
35. Peralta, J.R., J.K. Gardea-Torresdey, K.J. Tiemann, E. Gomez, S. Arteaga, E. Rascon & J.G. Parsons, 2014. Study of the effect of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sativa*) grown in solid media. In: Proceeding of the conference on hazardous waste research.
36. Kamali, N., 2014. Evaluation of the effect of nanoparticles in natural polymer resins and vegetable mulch on planting establishment. PhD thesis, University of Tehran. 196 p. (In Persian)
37. Parande, H. & M. Mirza, 2011. Comparison of Nano Fe chelate with Fe chelates Effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum basilicum*. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 1(4): 89-98.
38. Prasad, T.N.V.K.V., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T.S. Sreeprasad, P.R. Sajanlal & T. Pradeep, 2012. Effect of nano scales zinc oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition, 35: 905-927.
39. Ramezani, F., A. Shayanfar, R. Tavakol & K. Rezaei, 2014. Effect of silver, nickel, zinc and zinc copper nanoparticles on germination, establishment and enzymatic activity of alfalfa seed. Journal of Iranian Crop Sciences, 4(1): 118-107. (In Persian)
40. Rezaei, M., M. Seddi & R. Seyed Sharifi. 2014. The effect of seed priming on the mobility of food reserves of spring wheat (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Research in Crop Ecosystems, 6(1): 55-62. (In Persian)
41. Riazi. Al., F. Sharif Zadeh & A. Ahmadi, 2007. Effect of osmo priming on germination of forage millet seeds. Research and development, 4(11): 38- 46. (In Persian)
42. Salama, H., 2012. Effects of silver nano particles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). Research Journal of Biotechnology, 3(10): 190-7.
43. Savithramma, N., S. Ankanna & G. Bhumi, 2012. Effect of nanoparticles on seed germination and seedling growth of *Boswellia ovalifoliolata* an endemic and endangered medicinal tree taxon. Nano Vision, 2(1): 2.
44. Scott, N & H. Chen, 2013. Industrial Biotechnology, 1(9): 17-18.
45. Shafe, M., MA. Behdani & M. Jami Allahmadi, 2010. Effect of osmo priming on improvement of seed germination components of *Hyoscyamus niger*. National Conference of Medicinal Plants of Birjand University, 1-22. (In Persian)
46. Shams, E., F. Ghoshchi & P. Kasraie, 2015. The effect of spraying silver nanoparticles on sweet corn yield under water stress conditions. Journal of Agricultural Research in Desert, 12(1): 1-15. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]

47. Siddiqui, M.H & M.H Al-Whaibi, 2013. Saudi Journal of Biological Sciences, 21: 13-17.
48. Tajamoilian, M., M.H. Iran Nejad, H. Malekinejad, M.H. Rad & H. Soodadzadeh, 2013. "Effect of water stress on some physiological parameters of *Fortuynia bungei* Boiss." Two Quarterly Journals of Genetic Research and Reproduction of Iranian Rangeland and Forest Plants, 20(2): 273-283. (In Persian)
49. Talebi, S & S.M. Nabavi Kalat, 2014. The Effects of Hydropriming and Osmo priming on Germination Characteristics of Nigella sativa L. under Salt Stress. Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 119-126. (In Persian)
50. Vannini, C., G. Domingo, E. Onelli, B. Prinsi, M. Marsoni, L. Espen & M. Bracale, 2013. Morphological and promote responses of *Eruca sativa* exposed to silver nanoparticles or silver nitrate. PlOS ONE, 8(7): 68-75.
51. Yin, L., P. Benjamin, M. Bonnie, P. Justin & S. Emily, 2012. Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. Environmental Science & Technology 46: 6165-6172.
52. Yordanov, I., V. Velikova & T. Tsonev, 2000. "Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance." Photosynthetic, 38(2): 171-186.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.2.6]