

## The effect of different priming pretreatments on the morphological and physiological traits of two species of *Sanguisorba minor* and *Elymus hispidus* in short-term greenhouse conditions

A. Farahani<sup>1\*</sup>, A. Tavili<sup>2</sup>, H. Arzani<sup>3</sup>, H. Azarnivand<sup>3</sup> and A.A. Jafari<sup>4</sup>

1\*- Corresponding author, Ph.D. Student in Rangeland Science, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: Ali.farmahini@ut.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3- Professor, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 10/08/2022

Accepted: 05/01/2023

### Abstract

#### Background and objectives

The germination and establishment of plants resistant to drought is one of the most important and effective aspects of rangeland improvement. Investigating changes in rangeland species' morphological and physiological characteristics under different pretreatments under laboratory, greenhouse, and field conditions is necessary. As a result, elite and promising species can be selected, and improvement efforts can be evaluated favorably.

#### Methodology

This study investigated the effect of different pretreatments on the germination and establishment of *Sanguisorba minor* and *Elymus hispidus* under drought stress. In this regard, the effect of priming treatments with distilled water, polyethylene glycol, potassium nitrate, and silver nanoparticles was studied to improve germination characteristics and establishment of species under agricultural capacity. The experiment was conducted as a factorial in a randomized complete block design in four replications. To conduct the research, 168 pots were used, and ten seeds were planted in each pot. The measured attributes included the percentage and velocity of seedling appearance from the soil, establishment and survival, length and weight of root and stem, vigor, proline, carotenoid, soluble sugar, total chlorophyll, catalase, and superoxide dismutase enzymes. After sampling the studied traits in the greenhouse and obtaining the results in the laboratory, variance and data analysis in SPSS software. A comparison of mean data with Duncan's multiple range tests at a 5% level for the studied traits was performed on both species.

#### Results

The results showed that drought stress significantly differs in characteristics, such as the dry weight of aerial parts or the length of plant roots. The mutual effects of priming and stress were significant on the traits of emergence from the soil, speed of emergence, establishment, survival, and dry weight of aerial parts. Still, it affected several other traits as well. The application of silver nanoparticles had positive or negative effects on seeds' vegetative characteristics, and



seedlings grown from the seeds of the studied plants did not show significant changes to characteristics such as plant root length under different priming treatments at a specific moisture level. Some characteristics, including ability, had significant changes due to humidity levels varying up to 20 percent. The positive effects of polyethylene treatment and the negative effects of high nanoparticle concentration were evident. Applying polyethylene glycol and potassium nitrate in *E. hispidus* and polyethylene glycol and silver nanoparticles at a concentration of 30 mg/l in *S. minor* showed the highest positive effects on plant resistance under drought stress. Application of silver nanoparticles at concentrations of 60 and 90 mg/L showed negative effects on the vegetative and physiological characteristics of the two studied species.

### **Conclusion**

drought stress caused negative effects on the structural characteristics of the studied species, and using hydropriming treatments, potassium nitrate, polyethylene glycol, and silver nanoparticles (with a concentration of 30 mg/liter) reduced stress adverse effects. The reason for this is mainly the changes in the physiological factors, such as the amount of proline, catalase, and superoxide dismutase enzymes, and the application of various pretreatments causes positive changes in pretreatment factors and increases the species' drought resistance. The results related to the effect of different pretreatments on the germination of the mentioned species under laboratory and field conditions also confirm this issue.

**Keywords:** Rangeland ecosystems, Biological operation of rangeland improvement, Elite and promising species, Agricultural capacity.

## تأثیر پیش تیمارهای مختلف پرایمینگ بر صفات مورفولوژی و فیزیولوژی دو گونه *Sanguisorba minor* و *Elymus hispidus* در شرایط کوتاه مدت گلخانه‌ای

علی فراهانی<sup>۱\*</sup>، علی طویلی<sup>۲</sup>، حسین ارزانی<sup>۳</sup>، حسین آذر نیوند<sup>۳</sup> و علی اشرف جعفری<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیک: Ali.farmahini@ut.ac.ir

۲- دانشیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶

### چکیده

#### سابقه و هدف

بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهان در مواجهه با خشکی از جمله امور مهم و مؤثر در موفقیت عملیات بیولوژیک اصلاح مراتع است. لازمه این کار بررسی تغییرات صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های مرتعی تحت تأثیر پیش تیمارهای مختلف در شرایط آزمایشگاهی، گلخانه‌ای و عرصه‌ای است تا بر مبنای آن بتوان نسبت به انتخاب گونه‌های نخبه و امیدبخش تصمیم گرفت و عملیات اصلاحی را به نحو مطلوب ارزیابی کرد.

#### مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های *Elymus hispidus* و *Sanguisorba minor* تحت تنش خشکی بررسی شده است. در این رابطه، اثر تیمارهای پرایمینگ با آب مقطر، پلی اتیلن گلیکول، نیترات پتاسیم و نانوذرات نقره برای بهبود مشخصه‌های جوانه‌زنی و استقرار گونه‌ها در شرایط ظرفیت زراعی مطالعه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. برای اجرای پژوهش، تعداد ۱۶۸ گلدان استفاده گردید و در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر کشت شد. صفات اندازه‌گیری شده 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 گلخانه و اخذ نتایج به‌دست آمده در آزمایشگاه، آنالیز واریانس و تجزیه و تحلیل 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

نتایج بدست آمده نشان داد که تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را بر روی خصوصیات از قبیل وزن خشک اندام هوایی یا طول ریشه گیاه دارد. اثرهای متقابل پرایمینگ و تنش در مورد صفات ظهور از خاک، سرعت ظهور، استقرار و زنده‌مانی و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد اما سایر صفات مورد مطالعه را نیز تحت تأثیر قرار داد. کاربرد نانوذرات نقره اثرات مثبت و یا منفی بر خصوصیات رویشی بذر و نهال رشد یافته از بذور گیاهان مورد مطالعه داشت. خصوصیات ماند طول ریشه گیاه تحت تیمارهای مختلف پرایمینگ در یک سطح رطوبتی مشخص تغییرات معنی‌داری را نشان ندادند. بعضی از خصوصیات دیگر از جمله بنیه دارای تغییرات چشمگیری

بودند و این میزان تغییر در سطوح مختلف رطوبتی تا حدود ۲۰ درصد متغیر بود و اثرهای مثبت تیمار پلی اتیلن و اثرهای منفی غلظت بالای نانوذرات مشهود بود. در مجموع کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی اتیلن گلایکول و نیترات پتاسیم در گونه *E. hispidus* و کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر در گونه *S. minor* بیشترین تأثیرات مثبت معنی دار در افزایش مقاومت به خشکی را داشت. همچنین کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت های ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر اثرات منفی را بر مشخصه های رویشی و فیزیولوژی هر دو گونه مورد مطالعه نشان داد.

#### نتیجه گیری

اعمال تنش خشکی موجب بروز اثرهای منفی در خصوصیات ساختاری گونه های مورد مطالعه شده و استفاده از تیمارهای هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی اتیلن گلایکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر) موجب کاهش اثرهای نامطلوب تنش گردید. دلیل این موضوع عمدتاً تغییراتی است که در فاکتورهای فیزیولوژیک مانند میزان پرولین، آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز اتفاق افتاده و اعمال پیش تیمارهای مختلف موجب بروز تغییرات مثبت در فاکتورهای مذکور و افزایش مقاومت به خشکی گونه ها می گردد. نتایج مرتبط با تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر جوانه زنی و استقرار گونه های مذکور در شرایط آزمایشگاهی و عرصه ای نیز تأییدکننده این موضوع است.

واژه های کلیدی: اکوسیستم های مرتعی، عملیات بیولوژیک اصلاح مرتع، گونه های نخبه و امیدبخش، ظرفیت زراعی.

#### مقدمه

جوانه زنی بذر و استقرار گیاه یک مرحله حساس در فرایند رشد گیاه بوده و جوانه زنی محدود و ناقص بذرها و رشد اولیه نامناسب گونه های مرتعی کشت شده در مناطق خشک و نیمه خشک از مشکلات مهم در پروژه های اصلاح مراتع هستند (Riazi et al., 2007). پرایمینگ بذر یکی از روش هایی است که جوانه زنی و استقرار گیاه و کارایی گیاهان را در شرایط نامساعد محیطی بهبود می بخشد (Abbasi sorkhi et al., 1999). امروزه تکنیک پرایمینگ بذر یا تیمار و تلقیح بذرها به عنوان یک راهکار برای بهبود جوانه زنی بذرها در نظر گرفته می شود. گزارش های مختلف حکایت از آن دارد که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زنی و سبز شدن بذرها و بهبود مشخصه های مورفوفیزیولوژی گیاهان می گردد و بنیبه، استقرار و تراکم مطلوب گیاهچه را می توان به کمک انواع روش های پرایمینگ بذر بهبود بخشید (Murungu et al., 2003). مطالعات متعددی در مورد به کارگیری روش پرایمینگ برای بذرها گیاهان تحت تنش خشکی گزارش شده است. تأثیر انواع پرایمینگ بر خصوصیات جوانه زنی

بذرها و استقرار و بهبود خصوصیات گیاهان برای گونه های مختلف از جمله گونه *Capparis spinosa* توسط Bahmani و همکاران (۲۰۱۵)، گونه *Cymbopogon olivieri* توسط Dianati و همکاران (۲۰۱۶) و گونه *Gossypium hirsutum* توسط Murungu و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. تکنیک دیگری که در افزایش مقاومت به خشکی و بهبود جوانه زنی بذرها و رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک مفید می باشد استفاده از نانوذرات است. اولین مورد استفاده از فناوری نانو و نانوذرات در بخش کشاورزی در وزارت کشاورزی آمریکا انجام شده است (Scott and Chen, 2013). افزودن نانوذرات مختلف به محلول غذایی گیاهان، به دلیل داشتن اثرهای بی نظیر مانند نفوذ سریع تر و راحت تر به درون غشای سلولی، افزایش مقاومت بذر گیاهان در مقابل تنش های محیطی، افزایش جوانه زنی، افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاهان، توجه زیادی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (Haghighi and Mozaffarian, 2015). در این رابطه پاسخ گیاهان به نانوذرات با توجه به گونه گیاهی و دوره رویشی متفاوت است (Nair et al., 2010). در میان ذرات نانو، نانوذرات

خشکی در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد و با لحاظ کردن نتایج مطالعات در شرایط آزمایشگاهی و عرصه‌ای، نسبت به انتخاب گونه دارای اولویت برای انجام عملیات بیولوژیک اصلاح مرتع در رویشگاه‌های کوهستانی منطقه نیمه‌خشک که در حال حاضر به دلیل تغییرات اقلیمی دچار کمبود رطوبت و استرس هستند تصمیم گرفته شد. گونه‌های *S. minor* و *E. hispidus* نماینده‌هایی از دو خانواده مهم گیاهی مراتع ایران (گرامینه و بقولات) و از جمله گونه‌های علوفه‌ای مناسب برای افزایش تولید علوفه مراتع هستند که در صورت استقرار در شرایط کمبود رطوبت و استرس در مناطق خشک‌تر می‌توانند ظرفیت تولید علوفه رویشگاه‌های مذکور را افزایش قابل توجهی دهند. گونه‌های ذکر شده گیاهانی هستند که عمدتاً در اقلیم‌های نیمه‌خشک با بارندگی بالای ۳۰۰ میلی‌متر پراکنش دارند. بر همین اساس، در این پژوهش امکان جوانه‌زنی و استقرار این گونه‌ها در شرایط تنش خشکی و کم‌آبی با استفاده از انواع تیمارهای پرایمینگ مطالعه شد.

### مواد و روش‌ها

گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

گونه‌های گیاهی *S. minor* و *E. hispidus* گیاهان منتخب برای مطالعه در این تحقیق بوده‌اند. گونه (Syn: *E. hispidus* (*Agropyron intermedium*) از خانواده گرامینه و از گندمیان مرغوب و خوش‌خوراک مرتعی می‌باشد و عمدتاً در محدوده بارندگی ۳۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر رشد می‌کند و ضمن تولید علوفه مناسب میزان مقاومت به چرای آن بالاست. 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 عمدتاً در مناطق با بارندگی بالای ۳۰۰ میلی‌متر رشد می‌کند و ارتفاع اندام هوایی آن می‌تواند به ۷۵ سانتیمتر نیز برسد و عمق ریشه‌دوانی مناسبی دارد (Azarnivand and Chahuki, 2010).

نقره یکی از برجسته‌ترین مواد هستند. نانوذرات نقره با اتصال به دیواره سلولی روی نفوذپذیری دیواره سلولی و تنفس سلولی اثر می‌گذارند. نانوذرات نقره تأثیر منفی روی سلول‌های زنده نمی‌گذارد و می‌تواند کاربردهای قابل توجهی به‌عنوان یک منبع جایگزین کود ایجاد کند (David *et al.*, 2010). بر اساس مطالعات Vannini و همکاران (۲۰۱۳)، Salama (۲۰۱۲) و Aqdasi و همکاران (۲۰۱۷) به ترتیب گیاهان منداب *Eruca sativa*، *Corn sp.* و *Oryza sativa* از جمله گونه‌هایی هستند که تحت تیمار نانوذرات در شرایط تنش خشکی بهبود عملکرد نشان داده‌اند. لازمه کسب اطلاع از تأثیر پیش تیمارهای مختلف و نانوذرات متفاوت بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های مرتعی، انجام مطالعات و آزمایش بر روی گونه‌های مرتعی تحت تأثیر پیش تیمارها و نانوذرات متفاوت در شرایط آزمایشگاهی، گلخانه‌ای و عرصه‌ای است تا بر مبنای آن بتوان نسبت به انتخاب گونه‌های نخبه و امیدبخش تصمیم گرفت. عدم اطلاع از نتایج مطالعات در هر یک از مراحل مذکور (آزمایشگاه، گلخانه و عرصه) موجب می‌شود تا نتوان تصمیم درستی در مورد انتخاب گونه‌های نخبه و امیدبخش برای عملیات مرتع‌کاری در هر یک از مناطق مختلف رویشی یا اکوسیستم‌های کلان مرتعی در سطح کشور اتخاذ کرد. همچنین عدم اطلاع از نتایج این مطالعات سبب خواهد شد تا در آینده نتوانیم نسبت به بررسی دقیق جنبه‌های مثبت و منفی مرتع‌کاری گونه‌های مرتعی بردازیم و قادر نخواهیم بود که در ارزیابی عملیات اصلاح مرتع، سهم عوامل مدیریتی مانند مکان‌یابی غیرصحیح عملیات بیولوژیک اصلاح مرتع در مرحله مطالعاتی، رعایت ضوابط مرتبط با تکنیک‌های فنی مرتع‌کاری و ضعف نهاده‌ها (انتخاب بذرهایی با قوه نامیه و درصد جوانه‌زنی نامطلوب و استاندارد نبودن نشاءها در زمان مرتع‌کاری) و عوامل اقلیمی را از یکدیگر تفکیک کنیم. از این‌رو، در این پژوهش تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های *Sanguisorba minor* Scop. و *Elymus hispidus* (Opiz) Melderis تحت تنش

## روش تحقیق

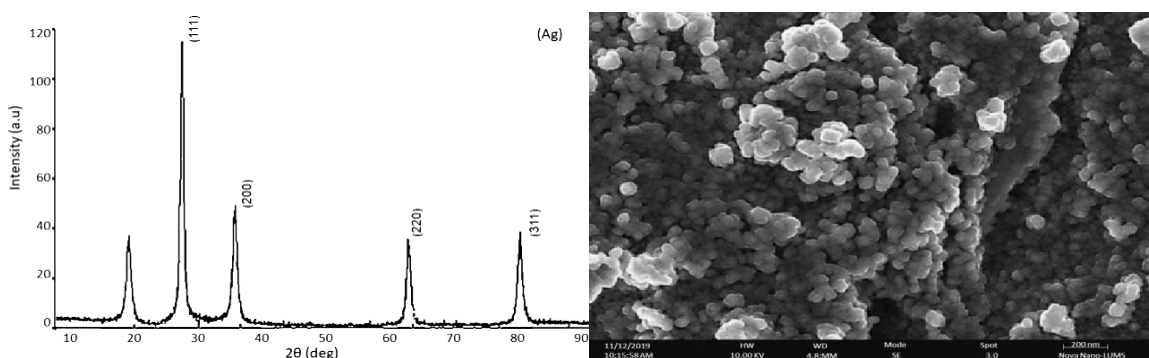
بذر گونه‌های *S. minor* و *E. hispidus* از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد و بعد در آزمایشگاه ثبت و گواهی بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی قوه نامیه بذر با روش آزمون استاندارد اندازه‌گیری دقیق شد و بذر با اعمال تیمارهای منتخب آماده شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با هفت سطح مختلف پرایمینگ و در سه سطح تنش رطوبتی انجام شد.

فاکتور اول آزمایش شامل تیمارهای منتخب پرایمینگ بذر در سه سطح (هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با پلی اتیلن گلیکول ۰/۱ مگاپاسکال و پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد) و تیمارهای ترکیب بذر 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 استفاده شده و بذر با مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خیس شده و بعد از آب خارج شدند. برای پرایمینگ با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۰/۱ مگاپاسکال، ابتدا مقدار ۷۸/۵ گرم پودر PEG 6000 در یک لیتر آب حل و محلول تهیه شد و بعد بذر با مدت ۱۲ ساعت در محلول قرار داده شده و

آنگاه با آب مقطر شسته شدند. برای پرایمینگ بذر با به وسیله نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد، مقدار ۲ گرم نیترات پتاسیم در ۱۰۰ سی‌سی آب محلول شد و بذر با مدت ۱۲ ساعت در این محلول قرار داده شده و بعد با آب مقطر شسته شدند (Scott and Chen, 2013).

نانوذرات نقره مورد استفاده از شرکت سیگما آلدیج تهیه شده و به منظور تعیین ساختار و ترکیب نانوذرات نقره از دستگاه پراش اشعه ایکس استفاده شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود قله‌های واضحی در زوایای  $27/63^\circ$ ،  $36/72^\circ$ ،  $63/15^\circ$  و  $80/92^\circ$  بدست آمده که مربوط به صفحات بلوری (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰) و (۳۱۱) بوده و این صفحات منطبق با صفحات ساختار بلوری نقره است. تصویر SEM نانوذرات نقره (شکل ۱) نیز نشان می‌دهد که قطر ذرات نقره استفاده شده در مقیاس نانو و در محدوده ۴۰ تا ۵۰ نانومتر قرار داشته است. برای استفاده، ابتدا سوسپانسیون نانوذرات نقره در غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شده و بذر با مدت ۲ ساعت در این محلول‌ها قرار داده شد و بعد بذر از محلول خارج گردیده و شستشو داده شدند (Kamali, 2014).

فاکتور دوم آزمایش سه سطح تنش خشکی شامل ظرفیت زراعی، ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی بود.



شکل ۱- الگوی پراش اشعه X و تصویر الکترونی نانوذرات نقره مورد استفاده

Figure 1- X-ray diffraction pattern and electron image of silver nanoparticles used

۲ سانتیمتر کاشته شده و تیمارهای تنش خشکی بر روی آنها اعمال شد. در مدت ۴۵ تا ۶۰ روز پس از کاشت بذرها، پارامترهای مورد مطالعه از قبیل وضعیت سبزشدن و ظهور بذرها درون گلدانها بر حسب مورد هر روز بررسی و یادداشت برداری شدند. شکل ۲ تصویری از گیاهان منتخب کشت شده در گلدان را نشان می‌دهد.

برای انجام مطالعه، ابتدا گلدانهای پلاستیکی با استفاده از خاک عرصه (۵۰ درصد)، ماسه (۲۵ درصد) و خاک برگ (۲۵ درصد) پر شدند و جمعاً تعداد ۸۴ عدد گلدان برای هر گونه گیاهی و برای دو گونه در مجموع تعداد ۱۶۸ گلدان استفاده شد و در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر کشت گردید. بذرها شاهد و تحت تیمار در گلدانها در عمقی برابر ۱ تا



شکل ۲- تصویری از گیاهان منتخب کشت شده در گلدان  
Figure 2- Image of selected plants grown in the pot

مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد برای صفات مورد مطالعه گونه‌های *S. minor* و *E. hispidus* انجام شد.

### نتایج

اثرهای انواع پرایمینگ در شرایط تنش خشکی در گونه *E. hispidus* در جدول ۱ نشان داده شده است. با وجود تغییر تمام خصوصیات مورد ارزیابی تحت تیمارهای پرایمینگ منتخب و تنش خشکی، بیشترین تغییرات در مورد ظهور گیاه، استقرار و زنده‌مانی و میزان بایومس اتفاق افتاد. همچنین تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را بر روی خصوصیات از قبیل وزن خشک اندام هوایی یا طول ریشه

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، وزن خشک اندام هوایی (گرم) و وزن خشک ریشه (گرم) بودند. صفات کیفی مورد بررسی نیز شامل میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل (a,b) و آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسیددیسموتاز بودند که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. پس از پایان داده‌برداری صفات مورد مطالعه در گلدانها و اخذ نتایج به‌دست آمده در آزمایشگاه، آنالیز واریانس و تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS و

گیاه داشت. اثرهای متقابل پرایمینگ و تنش در مورد صفات ظهور از خاک، سرعت ظهور، استقرار و زنده‌مانی و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه در گیاه *E. hispidus*

Table 1- Variance analysis of the effect of priming and drought stress on the traits studied in *E. hispidus*

Mean squares								
Source of changes	Degrees of freedom	Emergence from the soil (%)	The speed of emergence	Establishment and survival (%)	Aerial height (cm)	Dry weight of aerial parts (gr)	Root length (cm)	Plant ability
Block	3	1.21 <sup>ns</sup>	18.32 <sup>ns</sup>	6.85 <sup>ns</sup>	0.46*	2.21 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	0.73*
Priming	6	134.3*	154.7*	11.3*	9.32 <sup>ns</sup>	0.74*	9.42*	11.3*
Drought stress	2	175.2*	36.2*	18.2*	121.2*	0.12*	14.2*	107 <sup>ns</sup>
Priming* Drought stress	12	5.86*	27.3*	4.1*	6.22 <sup>ns</sup>	8.1*	8.5 <sup>ns</sup>	0.71 <sup>ns</sup>
Error	63	2.85	18.5	7.3	16.6	18.2	38.5	62.5
Coefficient of variation (%)	-	15.4	14.1	15.2	13.5	18.2	16.7	14.5

علامت \* نشان‌دهنده وجود اختلاف در سطح آماری ۵٪ و علامت ns بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل، کاتالاز (CAT) و سوپراکسیددیسموتاز اندام رویشی گونه آگروپایرون تحت انواع پرایمینگ در شرایط تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی به جز کاهش میزان کلروفیل در سایر فاکتورها اثر مثبت و افزایش‌دهنده داشته است (شکل ۳). همچنین تأثیر نوع پرایمینگ تغییرات یکنواختی را برای هر شش فاکتور نشان داده ولی این تغییرات به اندازه تأثیر تنش نبود. اگرچه بیشتر تیمارهای مورد استفاده موجب افزایش یا تغییر فاکتورهای مورد ارزیابی شده‌اند اما به‌طور کلی میزان اثر منفی تیمار نانوذرات با غلظت ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر برای تمام تیمارها تحت سه سطح تنش خشکی مشخص بود و عملکرد را بعضاً تا ۳۰ درصد تغییر داد.

بررسی روند تغییرات نشان داد که تیمارهای پرایمینگ به‌کاربرده شده بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رویشی این گیاه اثر مثبتی داشته‌اند اما در مورد تیماری مانند نانوذرات نقره در غلظت‌های بالاتر تغییرات منفی بوده و عملکرد پایین بذر و گیاهچه مشاهده شد. خصوصیاتمانند طول ریشه گیاه تحت تیمارهای مختلف پرایمینگ در یک سطح رطوبتی مشخص تغییرات معنی‌داری را نشان ندادند. بعضی از خصوصیات دیگر از جمله بنیه دارای تغییرات چشمگیری بودند و این میزان تغییر در سطوح مختلف رطوبتی تا حدود ۲۰ درصد متغیر بود و اثرهای مثبت تیمار پلی‌اتیلن و اثرهای منفی غلظت بالای نانوذرات مشهود بود (جدول ۲).  
بررسی روند تغییرات خصوصیات فیزیولوژیک از جمله

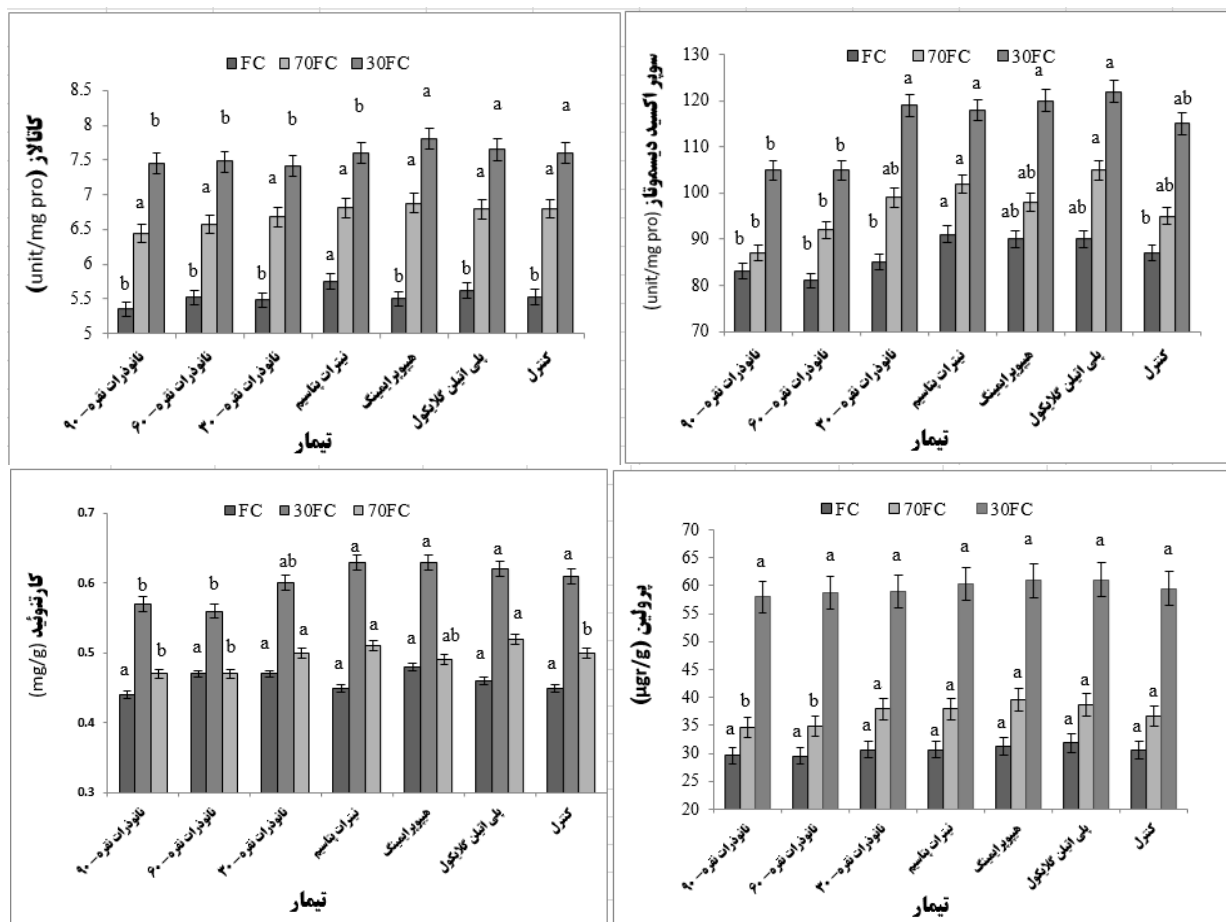


جدول ۲- گروه‌بندی صفات مورد مطالعه در گونه *E. hispidus* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

Table 2- Classification of studied traits in *E. hispidus* species under priming and drought stress treatments

Traits under study	Drought stress	Treatment						
		Control	Polyethylene glycol	Hydropriming	Potassium nitrate	Silver nanoparticles (mg per liter)		
						30	60	90
Aerial height (cm)	100FC	24.8±6 <sup>ab</sup>	28.7±2.4 <sup>a</sup>	26.6±5.5 <sup>ab</sup>	26.4±5.3 <sup>ab</sup>	25.4±7.1 <sup>ab</sup>	23.4±5.9 <sup>b</sup>	23.1±7.9 <sup>b</sup>
	70FC	20.8±6.4 <sup>ab</sup>	22.2±4.5 <sup>ba</sup>	21.1±8.2 <sup>ab</sup>	24.2±7.5 <sup>a</sup>	22.7±6.2 <sup>ab</sup>	21.5±9 <sup>ab</sup>	19.7±6.2 <sup>b</sup>
	30FC	16.4±6.1 <sup>ab</sup>	19.5±4.3 <sup>a</sup>	16±5.2 <sup>ab</sup>	18.3±4.6 <sup>a</sup>	16.4±4.6 <sup>ab</sup>	14.1±2 <sup>b</sup>	13.4±4.7 <sup>b</sup>
Root length (cm)	100FC	13.5±3.7 <sup>a</sup>	13.5±4.2 <sup>a</sup>	14.1±3.7 <sup>a</sup>	14.7±6.2 <sup>a</sup>	13.8±3.1 <sup>a</sup>	13.7±6.4 <sup>a</sup>	13.2±4.3 <sup>a</sup>
	70FC	12.8±5.3 <sup>a</sup>	14.1±8.3 <sup>b</sup>	13.5±6.3 <sup>a</sup>	13.6±4.7 <sup>a</sup>	13.6±3.4 <sup>a</sup>	12.7±2.5 <sup>a</sup>	12.5±4.2 <sup>a</sup>
	30FC	12.4±3.2 <sup>a</sup>	14.7±2.3 <sup>a</sup>	13.2±4.4 <sup>a</sup>	13.1±4.2 <sup>a</sup>	12.4±2.2 <sup>a</sup>	9.3±1.2 <sup>b</sup>	8.2±1 <sup>b</sup>
Root to stem length ratio	100FC	54.4±11 <sup>a</sup>	46.5±9.1 <sup>b</sup>	54.4±8.2 <sup>a</sup>	54.3±9.4 <sup>a</sup>	52.4±12.2 <sup>b</sup>	56.3±5.6 <sup>a</sup>	56.2±7.4 <sup>a</sup>
	70FC	60.3±13.4 <sup>ba</sup>	63.3±12.4 <sup>a</sup>	62.4±11 <sup>a</sup>	56.4±13.2 <sup>b</sup>	59.4±11.2 <sup>ab</sup>	60.8±12.1 <sup>ab</sup>	57.8±12.5 <sup>b</sup>
	30FC	66.3±12.8 <sup>ab</sup>	66.2±11.5 <sup>ab</sup>	72.3±12.3 <sup>a</sup>	65±8 <sup>ab</sup>	66.1±9.1 <sup>ab</sup>	56±12.1 <sup>b</sup>	53.2±11.5 <sup>b</sup>
Ability	100FC	31.8±7.3 <sup>ab</sup>	37.4±4.8 <sup>a</sup>	35.2±8.3 <sup>a</sup>	37.7±4.2 <sup>a</sup>	34.3±4.1 <sup>ab</sup>	30.2±8.4 <sup>ab</sup>	28.1±4.5 <sup>b</sup>
	70FC	25.8±7.3 <sup>ab</sup>	31.6±7.9 <sup>a</sup>	27.4±7.4 <sup>ab</sup>	31.1±9.5 <sup>a</sup>	27.6±4.9 <sup>a</sup>	24.4±6.2 <sup>ab</sup>	23.2±5.5 <sup>b</sup>
	30FC	21.2±3.5 <sup>ab</sup>	26.2±6.3 <sup>a</sup>	23.4±5.4 <sup>a</sup>	24.4±6.5 <sup>a</sup>	21.2±8 <sup>ab</sup>	15.4±5.7 <sup>b</sup>	12.1±4.5 <sup>b</sup>
Root dry weight (gr)	100FC	1.1±0.1 <sup>a</sup>	1.2±0.4 <sup>a</sup>	1.2±0.02 <sup>a</sup>	1±0.08 <sup>a</sup>	1±0.1 <sup>a</sup>	1±0.1 <sup>a</sup>	1±0.1 <sup>a</sup>
	70FC	1±0.2 <sup>ab</sup>	1.2±0.1 <sup>a</sup>	1±0.2 <sup>ab</sup>	1±0.2 <sup>ab</sup>	1±0.1 <sup>ab</sup>	0.8±0.2 <sup>b</sup>	0.8±0.1 <sup>b</sup>
	30FC	0.6±0.1 <sup>a</sup>	0.7±0.4 <sup>a</sup>	0.7±0.3 <sup>a</sup>	0.6±0.2 <sup>a</sup>	0.6±0.2 <sup>a</sup>	0.5±0.2 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>

- تیمارهای هر ردیف که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۳- تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز اندام هوایی گونه *E. hispidus* تحت انواع پرایمینگ و تنش خشکی

Figure 3- Changes in the amount of proline, carotenoid, catalase and superoxide dismutase of the aerial organs of *E. hispidus* species under various priming and drought stress

درصد ظرفیت زراعی در تیمارهای پلی اتیلن گلیکول، هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم بالاتر از شاهد بود و اختلاف معنی دار شد. میزان وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی در تیمارهای پلی اتیلن گلیکول، هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم بیشتر از شاهد شد و اختلاف معنی دار بود. بررسی سایر فاکتورهای مورد ارزیابی شامل قطر تاج پوشش، ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، بنیه بذر و نیز وزن خشک ریشه گیاهان رشد کرده از بذره‌های گونه توت روباهی نشان داد که اثرهای پرایمینگ بر بیشتر عامل‌های مورد بررسی (تحت سه تنش خشکی)

در گونه پهن برگ توت روباهی (*S. minor*) اثرهای متقابل پرایمینگ و تنش در مورد صفات ظهور از خاک و سرعت ظهور، استقرار و زنده‌مانی و وزن خشک اندام هوایی معنی دار شد (جدول ۳). سرعت ظهور در شرایط تنش ۳۰ درصد در تیمارهای پلی اتیلن گلیکول، هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم بالاتر از شاهد و تحت تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی در تیمار پلی اتیلن گلیکول بالاتر از شاهد بود. در هر سه سطح تنش تیمارهای ۶۰ و ۹۰ میلی گرم نانوذرات کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بر اساس نتایج بدست آمده، میزان استقرار و زنده‌مانی در شرایط تنش ۳۰

نشده. سایر خصوصیات مانند بنیه بذر تحت تأثیر تیمارهایی مانند پلی اتیلن گلیکول یا نیترات پتاسیم با توجه به تنش رطوبتی تا ۲۷ درصد افزایش عملکرد را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند.

مثبت بوده و تنها تحت تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر نتیجه عکس داده است. اگرچه انواع پرایمینگ تأثیراتی بر خصوصیات مورد بررسی گذاشته اما در مواردی مانند ارتفاع گیاه این اثر معنی دار

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه در گیاه *S. minor*

Table 3- Variance analysis of the effect of priming and drought stress on the traits studied in *S. minor*

Source of changes	Degrees of freedom	Mean squares/ میانگین مربعات						
		Emergence from the soil (%)	The speed of emergence	Establishment and survival (%)	Aerial height (cm)	Dry weight of aerial parts (gr)	Root length (cm)	Plant ability
Block	3	5.4 <sup>ns</sup>	12.4 <sup>*</sup>	4.7 <sup>ns</sup>	12.8 <sup>ns</sup>	4.4 <sup>ns</sup>	3.1 <sup>ns</sup>	1.8 <sup>*</sup>
Priming	6	123.4 <sup>*</sup>	75.5 <sup>**</sup>	12.2 <sup>ns</sup>	11.4 <sup>*</sup>	2.4 <sup>ns</sup>	14.8 <sup>ns</sup>	13.3 <sup>*</sup>
Drought stress	2	122.4 <sup>*</sup>	32.4 <sup>*</sup>	14.5 <sup>ns</sup>	75.7 <sup>*</sup>	5.1 <sup>**</sup>	14.7 <sup>*</sup>	88.1 <sup>ns</sup>
Priming*	12	6.5 <sup>*</sup>	35.6 <sup>*</sup>	8.2 <sup>*</sup>	7.4 <sup>ns</sup>	7.4 <sup>*</sup>	12.2 <sup>ns</sup>	3.4 <sup>ns</sup>
Drought stress	63	13.9	16.7	14.3	16.1	19.1	41.3	61.2
Error	-	13.3	12.8	17.1	10.1	16.3	17.4	18.1
Coefficient of variation (%)	-							

علامت \* نشان دهنده وجود اختلاف در سطح آماری ۵٪ و علامت ns بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار است.

جدول ۴- گروه بندی صفات مورد مطالعه در گونه *S. minor* تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی

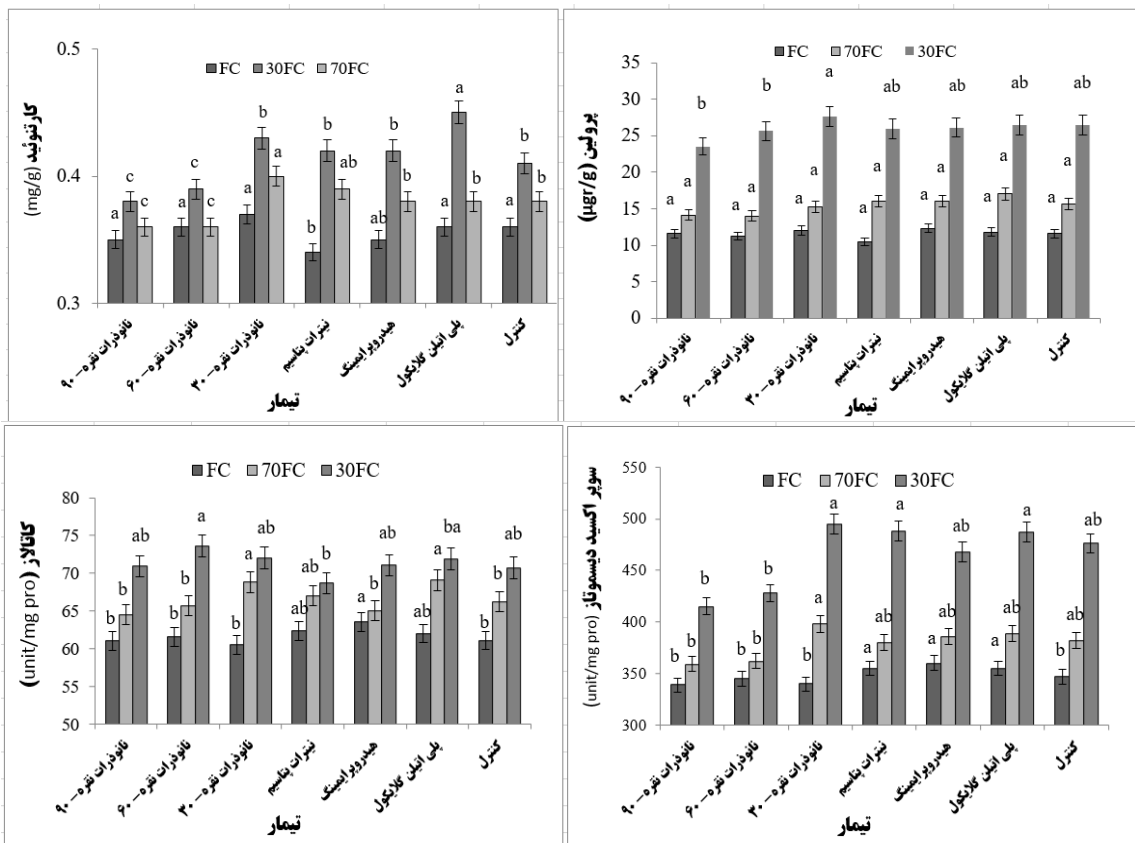
Table 4- Classification of studied traits in *S. minor* species under priming and drought stress treatments

Traits under study	Drought stress	Treatment						
		Control	Polyethylene glycol	Hydropriming	Potassium nitrate	Silver nanoparticles (mg per liter)		
						30	60	90
Aerial height (cm)	100FC	6.2±0.7 <sup>a</sup>	6.7±0.5 <sup>a</sup>	6.3±1.1 <sup>a</sup>	6.4±0.4 <sup>a</sup>	6.5±0.4 <sup>a</sup>	6.2±0.4 <sup>a</sup>	6.1±1 <sup>a</sup>
	70FC	5.8±0.6 <sup>a</sup>	6.2±0.7 <sup>a</sup>	5.7±0.5 <sup>a</sup>	5.9±0.2 <sup>a</sup>	6±0.5 <sup>a</sup>	5.5±1.2 <sup>a</sup>	5.5±1 <sup>a</sup>
	30FC	5.1±0.4 <sup>a</sup>	5.5±0.4 <sup>a</sup>	5.1±0.6 <sup>a</sup>	5.2±0.5 <sup>a</sup>	5.5±0.4 <sup>a</sup>	5±0.4 <sup>a</sup>	4±0.7 <sup>b</sup>
Root length (cm)	100FC	5.8±0.6 <sup>b</sup>	6.7±0.8 <sup>a</sup>	6±0.7 <sup>a</sup>	6±0.7 <sup>a</sup>	6.1±0.4 <sup>a</sup>	5.7±0.2 <sup>b</sup>	5.6±1.3 <sup>b</sup>
	70FC	5.5±0.8 <sup>a</sup>	5.6±0.4 <sup>a</sup>	5.5±0.4 <sup>a</sup>	5.6±0.5 <sup>a</sup>	5.6±0.4 <sup>a</sup>	5.2±0.5 <sup>a</sup>	5.2±0.6 <sup>a</sup>
	30FC	5±0.4 <sup>a</sup>	5.2±0.4 <sup>a</sup>	4.8±0.5 <sup>a</sup>	5±0.7 <sup>a</sup>	5.3±0.4 <sup>a</sup>	4.8±0.2 <sup>a</sup>	4.8±0.5 <sup>a</sup>
Root to stem length ratio	100FC	93.4±17.2 <sup>a</sup>	91.5±12.8 <sup>a</sup>	95.4±14.3 <sup>a</sup>	94.4±16 <sup>a</sup>	94±13.2 <sup>a</sup>	83±15.6 <sup>b</sup>	87.4±11.4 <sup>b</sup>
	70FC	60.1±3.4 <sup>a</sup>	63.1±3.4 <sup>a</sup>	62.1±4.1 <sup>a</sup>	56.1±4.1 <sup>b</sup>	59.1±4.2 <sup>ab</sup>	60.1±8.1 <sup>a</sup>	56.1±8.5 <sup>b</sup>
	30FC	98.2±0.1 <sup>a</sup>	94.1±0.1 <sup>a</sup>	94.1±6.5 <sup>a</sup>	96.1±0.1 <sup>a</sup>	96.2±0.1 <sup>a</sup>	96.1±1.4 <sup>a</sup>	96.1±0.5 <sup>a</sup>
Ability	100FC	10±2.4 <sup>ab</sup>	12.1±3.3 <sup>a</sup>	11.1±6.3 <sup>a</sup>	10±5.4 <sup>ab</sup>	11.1±3.4 <sup>a</sup>	9±5.4 <sup>b</sup>	9.1±5.5 <sup>b</sup>
	70FC	9±1.4 <sup>a</sup>	10±2.7 <sup>a</sup>	9±2.6 <sup>a</sup>	9±3.7 <sup>a</sup>	10±1.5 <sup>a</sup>	7±4.4 <sup>b</sup>	8±0.5 <sup>b</sup>
	30FC	7±0.2 <sup>ab</sup>	8±.9 <sup>a</sup>	7.1±0.7 <sup>ab</sup>	8.1±2 <sup>a</sup>	8±2.4 <sup>a</sup>	5±1.6 <sup>b</sup>	5±2.5 <sup>b</sup>
Root dry weight (gr)	100FC	0.9±0.1 <sup>ab</sup>	1.1±0.2 <sup>a</sup>	1±0.07 <sup>a</sup>	0.9±0.08 <sup>ab</sup>	1±0.1 <sup>a</sup>	0.8±0.1 <sup>b</sup>	0.7±0.2 <sup>b</sup>
	70FC	0.9±0.08 <sup>a</sup>	1±0.1 <sup>a</sup>	0.9±0.2 <sup>a</sup>	0.8±0.2 <sup>ab</sup>	0.9±0.07 <sup>a</sup>	0.8±0.05 <sup>ab</sup>	0.6±0.1 <sup>b</sup>
	30FC	0.5±0.1 <sup>ab</sup>	0.6±0.1 <sup>a</sup>	0.5±0.04 <sup>ab</sup>	0.6±0.2 <sup>a</sup>	0.6±0.2 <sup>a</sup>	0.5±0.1 <sup>ab</sup>	0.4±0.03 <sup>b</sup>

- تیمارهای هر ردیف که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

۴). مقادیر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز در سطوح رطوبتی ۳۰ و ۷۰ درصد در تیمارهای پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره ۳۰ میلی گرم در لیتر بیشترین مقادیر را داشت. میزان ازت در سطح تنش ۳۰ و ۷۰ درصد در تیمارهای نیترات پتاسیم و نانوذرات نقره ۳۰ میلی گرم در لیتر بیشتر از شاهد بود اما اختلاف معنی دار نبود. میزان رطوبت نسبی برگ در سطح تنش ۷۰ درصد در تیمار نانوذرات نقره ۳۰ میلی گرم در لیتر بیشتر از شاهد بود و اختلاف میانگین معنی دار شد.

روند تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل، کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز اندام رویشی گونه توت روباهی تحت تیمارهای مختلف مورد مطالعه متفاوت بود. برای نمونه، مقادیر آنزیم کاتالاز در سطح رطوبتی ۳۰ درصد در تیمار ۶۰ میلی گرم در لیتر نانوذرات بیشتر از شاهد و سایر تیمارها بود که با سایر نتایج همخوانی نداشت؛ اما در سطح رطوبتی ۷۰ درصد، تیمارهای پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره ۳۰ میلی گرم در لیتر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (شکل



شکل ۴- تغییرات میزان پرولین، کارتنوئید، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز اندام هوایی گونه *S. minor* در انواع پرایمینگ و تنش خشکی

Figure 4- Changes in the amount of proline, carotenoid, catalase and superoxide dismutase of the aerial organs of *S. minor* species under various priming and drought stress

## بحث

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که صفات رویشی و مورفولوژیک گیاهان مورد مطالعه به ویژه صفات میزان ظهور از خاک، سرعت ظهور از خاک و استقرار و زنده مانگی در هر سه سطح رطوبتی منتخب تحت تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر) نسبت به شاهد بالاتر بوده و عمدتاً اختلاف معنی دار با شاهد داشتند. مقادیر سه صفت مذکور تحت تیمارهای پرایمینگ منتخب، تنش خشکی و اثرهای متقابل پرایمینگ و تنش خشکی عمدتاً دارای تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۵ درصد با شاهد بودند. برای نمونه، میزان استقرار و زنده مانگی گونه *S. minor* در شرایط تنش خشکی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در تیمار پلی اتیلن گلیکول (۶۲ درصد)، نیترات پتاسیم (۵۸ درصد)، هیپوپرایمینگ (۵۵ درصد) و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر (۶۱ درصد) بود و نسبت به نمونه شاهد (۳۴ درصد) افزایش قابل ملاحظه ای را نشان داد اما در تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر (۳۲ درصد) و ۹۰ میلی گرم در لیتر (۳۰ درصد) کاهش داشت و در گونه *E. hispidus* نیز مشابه این نتایج مشاهده شد. همچنین درصد ظهور از خاک گونه *E. hispidus* در شرایط تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی برای تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر) به ترتیب برابر ۸۱، ۸۳، ۸۴ و ۷۴ درصد بود که نسبت به شاهد (۶۵ درصد) افزایش داشتند و در گونه *S. minor* نیز مشابه این موارد مشاهده گردید. افزایش سرعت جذب آب و متابولیسم در بذرهای پرایم شده موجب جوانه زنی بیشتر و کاهش غیریکنواختی فیزیولوژیکی طبیعی و ذاتی جوانه ها و باعث بهبود وضعیت استقرار پوشش گیاهی و افزایش تحمل به خشکی و عملکرد گیاهان می شود (Azarnia and Esavand, 2014). پرایمینگ بذر، تأثیر منفی تنش خشکی بر جوانه زنی و رشد گیاه را کاهش داده و سبب بهبود جوانه زنی و رشد آن در ظرفیت آبی

پایین می شود (Di Girolamo and Barbanti, 2012). پرایمینگ بذر فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی گیاه را برای تعمیر غشاء افزایش داده و این موضوع جوانه زنی و بنیه بذر را تحت تنش افزایش می دهد (Ibrahim, 2016). بر اساس نتایج حاصل، کاربرد نانوذرات نقره می تواند اثرهای مثبت یا منفی بر مشخصه های رویشی بذر و نهال رشد کرده از بذرهای *S. minor* و *E. hispidus* داشته باشد و تأثیر مثبت در غلظت پائین (۳۰ میلی گرم در لیتر) و تأثیر منفی در غلظت های بالاتر (۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر) بگذارد. برای نمونه، میزان استقرار و زنده مانگی *S. minor* در تیمار شاهد تحت تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی برابر ۳۵ درصد بود و مقدار این صفت با کاربرد غلظت پائین نانوذرات نقره با افزایش قابل توجهی در حدود ۷۲ درصد مواجه شد اما دوباره با افزایش غلظت نانوذرات کاهش یافته و به مقادیر ۳۱ و ۳۲ درصد رسید. Yin و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتیجه گرفتند که با غلظت بالاتر نانوذرات نقره، میزان جوانه زنی بذر و رشد بعدی گیاهان مورد مطالعه کاهش یافته است. Rao و Parveen (۲۰۱۵) اما اثرهای مثبت استفاده از نانو ذرات نقره با اندازه های مختلف را بر جوانه زنی گونه های گیاهی گزارش کردند. آنان بیان نمودند که دانه های تحت تیمار با نانوذرات نقره دارای جوانه زنی بهتر بوده ولی رشد گیاهچه گونه های مورد آزمایش تحت تأثیر غلظت نانوذرات نقره قرار گرفته است. تأثیر مثبت نانوذرات نقره عمدتاً به دلیل تسهیل نفوذ آب و مواد غذایی به بذر گیاه و بهبود مشخصه های جوانه زنی می باشد (Savithamma and Ankanna, 2012).

در این مطالعه کاربرد تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر) به طور متوسط موجب افزوده شدن مقادیر پرولین، کارتنوئید، قند محلول، کلروفیل کل و آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز به ویژه در شرایط تنش خشکی در گونه های منتخب نسبت به شاهد گردید اما کاربرد تیمارهای نانوذرات با غلظت های ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر موجب کاهش مقدار صفات مذکور نسبت به شاهد

و نیترات پتاسیم در گونه *E. hispidus* و کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر در گونه *S. minor* بیشترین تأثیرات مثبت را در افزایش مقاومت به تنش خشکی و بهبود مشخصه‌های رویشی این گیاهان داشته است. این تغییرات در گونه *E. hispidus* در مقایسه با گونه *S. minor* بیشتر است. نتایج مرتبط با تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر جوانه زنی و استقرار گونه‌های مذکور در شرایط آزمایشگاهی و عرصه‌ای نیز تأییدکننده این موضوع است.

### منابع مورد استفاده

- Abbasi Sorkhi, A., Roohi, H. and Sharif Zadeh, F., 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. Iran, Gorgan, 18-19 Nov. 1999: 124-129. (In Persian)
- Aqdasi, M., Joubani Pouyan, M., Nezamdoost, T. and Tamsakni, F., 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)[DOI: 10.29252/yujs.4.2.121]
- Azarnia, M. and Esavand, H.R., 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)[DOI: 10.22092/rafhc.2013.100151]
- Azarnivand, H. and Zare Chahuki, M.A., 2010. Ecology of Range. Tehran University, First Edition, 345 pages. (In Persian) [DOI: 2010.414.m/qh541/5]
- Bahmani, M., Jalali, Gh. and Tabari, M., 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)
- David, E., Elumalai, E.K., Prasad, T.N. and Nagajyothi, P.C., 2010. Green synthesis of silver nanoparticle using *Euphorbia hirta* L. and their antifungal activities. Archives of Applied Science Research, 2(6): 76-81.
- Dazy, M., Jung, V., Ferard, J. and Mraud, J., 2008. Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. Chemosphere, 74: 57-

در گونه‌های منتخب گردید. پیش تیمار بذر از راه افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز باعث حذف و غیرفعال شدن انواع فعال اکسیژن می‌شود و پراکسیداسیون لیپیدها را در فرایند جوانه زنی کاهش داده، در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه زنی بذر می‌گردد (Dazy et al., 2008). در گونه توت روباهی بیشترین نوسان و اثرگذاری پرایم‌ها در مورد آنزیم‌های کاتتوتیوید، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز اتفاق افتاد که این تغییرات برای این گونه تحت تنش رطوبتی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۳۲ درصد رسید و نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر بیشترین تأثیر مثبت را داشتند. در گونه آگروپایرون نیز بیشترین تغییر آنزیم‌ها برای سوپر اکسید دیسموتاز تحت تنش رطوبتی بالاتر و در تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۳۰ میلی گرم و نیز پلی اتیلن گلیکول رخ داد. مشابه با این نتایج، در مطالعه دیگری نشان داده شده است که میزان قندهای محلول تحت تیمار نانوذرات نقره افزایش یافته است (Salama, 2012). برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که در تیمار ۴۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز افزایش یافته و بعد با افزایش غلظت نانو ذرات در سطح ۸۰ میلی گرم در لیتر فعالیت آنزیم کاهش می‌یابد (Hatami and Ghorbanpour, 2014).

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که در گونه‌های *S. minor* و گونه *E. hispidus* اعمال تنش خشکی موجب بروز اثرهای منفی در مشخصه‌های رویشی و مورفولوژیک گیاهان مذکور مانند درصد ظهور جوانه از خاک، میزان استقرار و زنده‌مانی، طول ساقه و ... می‌گردد و استفاده از تیمارهای هیپوپرایمینگ، نیترات پتاسیم، پلی اتیلن گلیکول و نانوذرات نقره (با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر) موجب کاهش اثرهای نامطلوب تنش و کمک در استقرار و زنده‌مانی و افزایش تولید این گیاهان می‌شود و تیمارهای نانوذرات با غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر اثرهای منفی در مشخصه‌های رویشی گیاه دارند. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد تیمارهای پرایمینگ بذر با پلی اتیلن گلیکول

- [DOI:10.1016/j.plantsci.2010.04.012]
- Parveen, A. and Rao, S., 2015. Effect of nanosilver on seed germination and seedling growth in *Pennisetum glaucum*. Journal of Cluster Science, 26(3): 693-701. [DOI: 10.1007/s10876-014-0728-y]
  - 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 pages. (In Persian)
  - Riazi, A., Sharif Zadeh, F. and Ahmadi, A., 2007. Effect of osmo priming on germination of forage millet seeds. Research and development, 4(11): 38-46. (In Persian)
  - Salama, H., 2012. Effects of silver nano-particles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). In Res J Biotech. 3(10): 190-197.
  - Savithramma, N., Ankanna, S. and Bhumi, G., 2012. Effect of nanoparticles on seed germination and seedling growth of *Boswellia ovalifoliolata* an endemic and endangered medicinal tree taxon. Nano Vision, 2(1): 125-139.
  - Scott, N. and Chen, H., 2013. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. Industrial Biotechnology, 1(9):17-18. [DOI: 10.1089/ind.2013.1555]
  - Vannini, C., Domingo, G., Onelli, E., Prinsi, B., Marsoni, M., Espen, L. and Bracale, M., 2013. Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver nanoparticles or silver nitrate. PLOS ONE, 8(7): 68-75. [DOI: 10.1371/journal.pone.0068752]
  - Yin, L., Benjamin, P., Bonnie, M., Justin, P. and Emily, S., 2012. Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. Environmental Science and Technology, 46: 6165-6172. [DOI: 10.1371/journal.pone.0047674]
  - 63. [DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.09.014]
  - Di Girolamo, G. and Barbanti, L., 2012. Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy, 7(2):25-34. [DOI: 10.4081/ija.2012.e25]
  - Dianati, G., Pichand, M. and 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. [DOI: 20.1001.1.20080891.1394.9.4.1.0 ]
  - Haghghi, M. and Mozaffarian, M., 2015. Investigating the effect of super absorbent polyhedral and different levels of irrigation on growth and some qualitative and quantitative characteristics of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* L.). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Technology), 28(1): 125-133. (In Persian). [DOI: 10.22034/iuvs.2015.15372]
  - Hatami, M. and Ghorbanpour, M., 2014. Defense enzyme activities and biochemical variations of *Pelargonium zonal* in response to nanosilver application and dark storage. Turkish Journal of Biology, 38(1): 130-139.
  - Ibrahim, E.A., 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. Journal of Plant Physiology, 192: 38-46. [DOI:10.1016/j.jplph.2015.12.011]
  - Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduzza, C., Clark, L. and Whalley, W. R., 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. [DOI:10.1016/j.still.2003.06.003]
  - Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y. and Kumar, D. S., 2010. Nanoparticulate material delivery to plants, Plant Science, 179(3): 154-163.