



Effect of some facilitators on growth characteristics of *Trifolium repens* L.

Faezeh Beyrampour¹, Mehdi Moameri^{*2}, Ardavan Ghorbani³, Meraj Sharari⁴, Masoomeh Abbasi Khalaki⁵

1. MSc. Graduate in Range Management, Department of Range and Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Corresponding author; Associate Prof., Department of Plant Sciences and Medicinal Plants, Meshgin Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: moameri@uma.ac.ir
3. Prof., Department of Range and Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4. Assistant Prof., Department of Wood Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
5. PhD. in Rangeland Science, Department of Range and Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 08.29.2021
Revised: 10.23.2021
Accepted: 10.31.2021

Keywords:

Trifolium repens,
Facilitator,
Zeolite,
Bentonite,
Potassium nanochelat.

Abstract

Background and objectives: The application of growth-facilitator materials to improve germination, early establishment, and plants growth can increase the success of rangeland improvement, planting, and pasture improvement projects. In addition, growth facilitators can improve the quantity and quality of vegetation cover and production in dryland farming by increasing the success of cultivating forage plants. Therefore, it's critical to focus on the utilization of growth facilitators that are both accessible and cost-effective. The main purpose of this study was to investigate the effect of zeolite, bentonite and potassium nano-chelate treatments on the growth of *Trifolium repens* in the greenhouse so that if the positive effects of these facilitators are proven, could be used in rangeland improvement operations.

Methodology: This study was performed to investigate the effect of zeolite (2, 4 and 6 g/kg), potassium nano-chelate (30, 60 and 90 mg/kg), bentonite (2, 4 and 6 g/kg) and composition of potassium nano-chelate + zeolite (2+30, 60+4 and 90+6) on the growth characteristics of *Trifolium repens* in the greenhouse. The study was conducted as a factorial treatment with three replications using a completely randomized design. To conduct the research, the required soil was collected from 5 random points of rangelands in Fandaghloo region located 35 km from Ardabil city. Soil samples were taken from the rooting depth of rangeland plants (upto 30 cm). The soil samples were combined next, and the root, stone, and pebble components were separated using a 4 mm sieve before being mixed with the treatments and then placed into pots. At the end of growth season, height, volume, fresh and dry weight of shoots, root fresh and dry weight, root volume, root length, percentage of establishment, total chlorophyll index, electrolyte leakage, leaf relative water content and membrane stability index were measured. Duncan's test was used to compare the means and one-way ANOVA was utilized to explore the influence of facilitators.

Results: The results of one-way ANOVA showed that the effect of treatments (zeolite, bentonite, potassium nano-chelate and combination of potassium nano-chelate + zeolite) on fresh and dry weight of shoots, fresh and dry weight of roots, root length, root volume, root area and the percentage of seedling establishment was significant. So that, the highest amount of fresh and dry weight of areal parts (26.83, 88.59 g), root area (61.44 cm^2) and root volume (50.00 ml) in the treatment of potassium nano-chelate 90 mg/kg + zeolite 6 g/kg was observed. The highest

amount of fresh root weight (56.48 g) was observed in the treatment of potassium nano-chelate 60 mg/kg + zeolite 4 g/kg. Root dry weight (25.21 g) showed the highest value in nano-chelate 90 mg/kg. The highest increase in plant establishment (83.31%) was caused by Bentonite 4 g/kg. Chlorophyll index (46.53) showed the highest value in potassium nano-chelate 30 mg/kg. The bentonite treatment of 4 g/kg provided the largest percentage of leaf relative water content, which was around 31% greater than the control.

Conclusion: In general, the most effective treatment for enhancing growth factors and increasing production of *Trifolium repens* was the combination of potassium nano-chelate and zeolites facilitators. It seems that due to the need of *T. repens* for potassium and on the other hand, the uptake and retention of potassium particles by zeolite and consequently its uptake by the plant during the growth period, has increased the growth and production of this plant. As a result, this treatment has benefited both the shoots and roots of *T. repens*. So, the treatments indicated above can be employed in pasture construction and rangeland improvement by planting *T. repens* as a monoculture or in combination with grasses.

Cite this article: Beyrampour, F., M. Moameri, A. Ghorbani, M. Sharari, M. Abbasi Khalaki, 2022. Effect of some facilitators on growth characteristics of *Trifolium repens* L. Journal of Rangeland, 16(1): 191-205.



© The Author(s).

Publisher: Iranian Society for Range Management

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.10.2

مرقع

تأثیر کاربرد برخی تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد شبد رسفید (*Trifolium repens* L.)

فائزه بیرامپور^۱، مهدی معمری^{۲*}، اردوان قربانی^۳، معراج شری^۴ و معصومه عباسی خالکی^۵

۱. دانشآموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایان نامه: moameri@uma.ac.ir
۳. استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴. استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۵. دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل – پژوهشی	سابقه و هدف: استفاده از مواد تسهیل‌گر رشد برای بهبود جوانه‌زنی، استقرار اولیه و رشد گیاهان، می‌تواند موفقیت طرح‌های اصلاح مرتع، مرتع‌کاری و احداث چراگاه‌های دست‌کاشت را افزایش دهد. همچنین، تسهیل‌گرهای رشد می‌توانند موفقیت کشت گیاهان علوفه‌ای در دیمزارهای کم‌بازد و در نتیجه کمیت و کیفیت پوشش گیاهی و تولید را افزایش دهد. بنابراین، توجه به استفاده از تسهیل‌گرهایی که هم قابل دسترس باشند و هم از نظر اقتصادی قابلیت استفاده داشته باشند، دارای اهمیت است. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر تیمارهای زئولیت، بنتونیت و نانوکلات‌پتاسیم بر خصوصیات رشد گونه <i>Trifolium repens</i> در محیط گلخانه می‌باشد تا در صورت اثبات اثرات مثبت این تسهیل‌گرها بتوان در عملیات اصلاح مرتع از این مواد استفاده کرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹	مواد و روش‌ها: این تحقیق به منظور بررسی اثر زئولیت (۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم)، نانوکلات‌پتاسیم (۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم)، بنتونیت (۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم) و ترکیب نانوکلات‌پتاسیم + زئولیت (۴۰+۶۰+۹۰) بر خصوصیات رشد گونه <i>Trifolium repens</i> در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. برای انجام تحقیق، خاک مورد نیاز از نقطه تصادفی از مرتع منطقه فندقلو واقع در ۳۵ کیلومتری شهر اردبیل جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق ریشه‌دانی گیاهان مرتعی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شدند. در گام بعد نمونه‌ها با هم ترکیب شده و سپس با استفاده از الک ۴ میلی‌متری قطعات ریشه و سنگ و سنگریزه از خاک جدا شدند و سپس با تیمارهای موردنظر مخلوط و درون گلخانه ریخته شد. در پایان دوره رشد، صفات مورفو‌لولوژیکی مانند ارتفاع، حجم، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک، حجم، سطح و طول ریشه و درصد استقرار و صفات فیزیولوژیکی مانند شاخص کلروفیل SPAD، نشت الکتروولیت، محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشا اندازه‌گیری شدند. برای بررسی تأثیر تسهیل‌گرها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند‌امنه‌ای دانکن استفاده شد.
نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورداستفاده (زئولیت، بنتونیت، نانوکلات‌پتاسیم و ترکیب نانوکلات‌پتاسیم + زئولیت) بر روی وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و درصد استقرار گیاه معنی‌دار شد. به طوریکه، بیشترین	واژه‌های کلیدی: شبدر سفید، تسهیل‌گر، زئولیت، بنتونیت، نانوکلات‌پتاسیم

مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی (۲۶/۸۳ و ۸۸/۵۹ گرم)، سطح ریشه (۶۱/۴۴) و حجم ریشه (۵۰/۰۰ میلی لیتر) در تیمار نانوکلاتپتاسیم ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم + زئولیت ۶ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شدند. وزن تر (۵۶/۴۸ گرم) و خشک ریشه (۲۵/۲۱ گرم) به ترتیب در تیمارهای نانوکلاتپتاسیم ۶۰ میلی گرم در کیلوگرم + زئولیت ۴ میلی گرم در کیلوگرم و نانوکلاتپتاسیم ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار را نشان داد. همچنین بنتونیت ۴ گرم در کیلوگرم سبب بیشترین افزایش در استقرار گیاه (۸۳/۳۱ درصد) شد. شاخص کلروفیل SPAD (۴۶/۵۳) در تیمار نانوکلاتپتاسیم ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار با ۸/۷۱ درصد افزایش نسبت به شاهد را نشان داد. بیشترین مقدار درصد محتوای آب نسبی برگ در تیمار بنتونیت ۴ گرم در کیلوگرم مشاهده شد و مقدار آن حدود ۳۱ درصد بیشتر از شاهد بوده است.

نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان گفت که ترکیب تسهیل‌گرهای نانوکلات پتاسیم و زئولیت، مؤثرترین تیمار در بهبود خصوصیات رشد و افزایش عملکرد گیاه شبدر سفید است. بهنظر می‌رسد با توجه به نیاز شبدر سفید به عنصر پتاسیم و از سوی دیگر، جذب و حفظ ذرات پتاسیم توسط زئولیت و به دنبال آن جذب آن توسط گیاه در طول دوره رشد، سبب افزایش خصوصیات رشد و عملکرد گیاه شده است. به طوری که هم اندامهای هوایی و هم ریشه گیاه شبدر سفید از این تیمار سود برده‌اند. بنابراین می‌توان در عملیات کاشت شبدر سفید چه به صورت تک‌کشتی و چه در ترکیب با گندمیان برای ایجاد چراگاه و اصلاح و توسعه مراتع، از تیمارهای مذکور استفاده نمود.

استناد: بیرامپور، ف.، م. معمری، ا. قربانی، م. شری، م. عباسی خالکی، ۱۴۰۱. تأثیر کاربرد برخی تسهیل‌گرهای نانوکلات پتاسیم (repens L.) بر خصوصیات رشد شبدر سفید (*Trifolium repens* L.). مرتع، ۱۶(۱): ۱۹۱-۲۰۵.



DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.10.2

© نویسنده‌گان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

در مرحله جوانه‌زنی و استقرار اولیه کاهش یابد، شناس ایجاد یک گیاه قوی و با رشد مناسب و در نهایت تولید علوفه نیز افزایش می‌یابد (۲۲).

از این‌رو توجه به استفاده از تسهیل‌گرها رشد که هم قابل دسترس باشند و هم از نظر اقتصادی قابلیت استفاده در مراجع داشته باشند، می‌تواند در این زمینه دارای اهمیت باشد. تحقیقات گذشته نشان از تأثیرات مفید تسهیل‌گرها بر جوانه‌زنی و رشد زود هنگام گیاهان مرتعی دارد (۲۳، ۲۴). از طرفی بهدلیل وسعت زیاد مراتع و توجه به جنبه اقتصادی، نیاز به استفاده و تمرکز بر منابع و تسهیل‌گرها ارزان قیمت و اقتصادی می‌باشد (۴۱). رامش و همکاران (۲۰۱۵) زئولیتها را یک کلاس منحصر به فرد از مواد جامد با انواع مختلف به صورت فاز حلال، که به عنوان مبادله یونی مؤثر در آب مورد نیاز گیاه، از خواص این ماده معدنی معرفی می‌کند که تأثیرات زیست محیطی کمتری نسبت به موارد دیگر دارد و می‌توان از آن برای جذب آب و نگهداری آن برای گیاه استفاده کرد. بهزادفر و همکاران (۲۰۱۷) زئولیت را به عنوان یک ماده معدنی مؤثر از خانواده آلومینوسیلیکات‌ها معرفی کردند که از مزایای آن یکسوسکننده و بهبودبخش خواص فیزیکی آب و خاک می‌باشد. کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر مثبت زئولیت را بر روی بسیاری از خصوصیات مورفو‌لوژیک گیاه بادرشبو نشان دادند. دهداری و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان کردند که وجود معادن فراوان و قیمت مناسب زئولیت در کشور، طبیعی بودن و عدم وجود آلودگی و سازگاری که با خاک و محیط دارد، کاربرد زئولیت در سطوح مختلف و با توجه به شرایط آب و هوایی و نوع خاک و گونه گیاهی موردنظر می‌تواند روشی مناسب برای کمک به استقرار گیاهان در مراتع باشد.

بنتونیت از دیگر سوپرجاذب‌ها می‌باشد که کاربرد آن در بستر رشد گیاهان می‌تواند سبب جذب و ذخیره آب و درنتیجه افزایش رشد و استقرار گیاهان شود. کاربرد کانی بنتونیت بهدلیل افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها، موجب بهبود ساختمان خاک بهویژه در بافت‌های سبک شده، درصد حجمی رطوبت اشباع و رطوبت باقی‌مانده خاک را افزایش می‌دهد (۹). بزرگر هفشجانی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که گیاه فلفل دلمه‌ای در بستر بنتونیت همراه

مرا תע حیاتی ترین بستر توسعه پایدار و از پیچیده‌ترین و ارزشمندترین منابع تجدیدشونده هستند (۴۱). این اکوسیستم‌ها علاوه بر تأمین علوفه مورد نیاز دام، کالاها و خدمات دیگری از جمله آب سالم، هوای پاک، ترسیب کربن برای کاهش گرمایش جهانی، کاهش فرسایش، تأمین زیست‌گاه‌هایی برای گونه‌های در معرض خطر و انقراض، حیات‌وحش، استفاده‌های تفریحی، تولید غذا و فیبر همچنین محیطی منحصر به فرد برای فعالیت‌های فرهنگی و اجتماعی را فراهم می‌کنند (۸). اما با وجود سطح قابل توجهی از مراتع در جهان، به علت مدیریت نادرست مراتع و استفاده بی‌قید و شرط آن‌ها برای تأمین نیازهای رو به رشد انسان، با تهدیدات زیادی مانند تغییر کاربری زمین مواجه شده است (۳۷). تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازدۀ رها کردن آن‌ها به صورت بایر از جمله این تنگناها است (۱۹). امروزه در کشور ما حفاظت از اکوسیستم‌های مرتع به صورت طبیعی و یا با دخالت کم انسانی مورد توجه قرار گرفته است (۴۲). بحث چگونگی مدیریت این اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از راه حل‌های مدیریتی مناسب، احیا و اصلاح این اراضی مخروبه است که مانع سیر قهقهای، فرسایش و آبشویی خاک می‌شود (۴۳). اقدامات احیا و اصلاح می‌تواند روند تخریب را تغییر دهد و اثرات مثبتی در اکوسیستم‌ها ایجاد کند (۴۵) که از جمله این اقدامات جهت احیای دیم‌زارهای کم‌بازدۀ رهاشده می‌توان به بذرکاری و علوفه‌کاری با گیاهان بازرس مرتعی اشاره نمود (۱، ۵ و ۳۸). بنابراین با اصلاح و احیا بیولوژیک می‌توان اقدام به استقرار گیاهان علوفه‌ای ارزشمند و بومی برای ایجاد مراتع دست‌کاشت نمود. علاوه بر بهره‌برداری به منظور تأمین علوفه مورد نیاز دام و ایجاد اشتغال، به حفظ مراتع با این گونه‌ها پرداخت. در این راستا قبل از اقدام به بذرکاری، بذر و استقرار اولیه گیاهان به منظور حذف یا کاهش اثرات تنش‌های محیطی و افزایش سرعت و توان استقرار گیاهان مورد نظر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (۲۹). به خصوص در مناطقی که دارای شرایط نامطلوب برای ادامه حیات گیاه است، کمک به جوانه‌زنی و استقرار اولیه گندمیان چندساله علفی و بقولات برای حفظ گونه‌های کاشته شده ضروری است (۲۶). اگر تأثیر تنش‌های محیطی

نتیجه گرفتند افزایش غلظت نانوکلات‌پتاسیم و اسید آسکوربیک در غلظت ۴ لیتر + ۳۰ میلی‌مولار در هکتار عملکرد کمی و کیفی دانه را افزایش داده و بیشترین تعداد غلاف و شاخص برداشت متعلق به این غلظت بود. همچنین عمری و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که نانوسیلیکات *Onobrychis sativa* داشته و سبب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه و درصد استقرار آن شده است. عمری و همکاران (۲۰۱۹) نیز در مطالعه خود نشان دادند که نانوسیلیکات *Medicago sativa* پتاسیم سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. بنابراین، استفاده از مواد تسهیل‌گر رشد در راستای کمک به رشد و استقرار اولیه گیاهان، می‌تواند موقوفیت طرح‌های اصلاح مرتع، مرتع کاری و احداث چراگاه و همچنین کشت گیاهان در دیمزارهای کمبازده و درنتیجه کمیت و کیفیت پوشش گیاهی و تولید را افزایش دهد. درنتیجه توجه به استفاده از تسهیل‌گرهایی که هم قابل دسترس باشند و هم از نظر اقتصادی قابلیت استفاده داشته باشند، در این زمینه دارای اهمیت می‌باشد. با توجه به این امر، هدف اصلی این تحقیق بررسی اثرات تیمارهای زنوزیت، بنتونیت و نانوکلات‌پتاسیم بر خصوصیات رشد گونه *Trifolium repens* در محیط گلخانه می‌باشد تا در صورت اثبات اثرات مثبت این تسهیل‌گرها بتوان در عملیات اصلاح مرتع از این مواد استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

معرفی گونه مورد مطالعه

شبدر سفید (*T. repens*) گیاهی چندساله، علفی با ساقه‌های خوابیده و خزنده است که جزو مغذی‌ترین و خوشخوارک‌ترین گیاهان خانواده پروانه‌آسا به شمار می‌رود. مقیمی (۲۰۰۵) شبدر سفید را گونه‌ای مرغوب و بالرزش مرتع‌بیلاقی به‌ویژه چمنزارها معرفی می‌کند که می‌تواند به صورت چراگاه‌های دست‌کاشت و سیلو مورد استفاده دام قرار گیرد. این گیاه از استعداد سازگاری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و از بردبازی و مقاومت بیشتری نسبت به بسیاری از شبدرها برخوردار می‌باشد. گیاهی نوریستند است که رسیدن نور به قسمت‌های زیرین سبب افزایش فراوانی و تراکم آن می‌گردد. برای کشت مخلوط با گندمیان نیز

با خاک ارde رشد رویشی بهتری داشت. بندیان و همکاران (۲۰۱۶) نیز عنوان کردند که بنتونیت با غلظت‌های بالاتر کلروفیل گیاه *Spinacia oleracea* را افزایش می‌دهد. از دیگر مواد تسهیل‌گر رشد گیاهان می‌توان به انواع نانوذرات اشاره نمود که می‌توان برای بهبود جوانه‌زنی، رشد و استقرار گیاهان در عملیات اصلاح و احیای مرتع و دیمزارهای کمبازده و رهاسنده از آن‌ها نیز استفاده نمود (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳). نانوکودها به راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند و کارآمدتر از کودهای شیمیایی معمولی می‌باشند (۴۱). کاربرد کودهای شیمیایی معمولی در کشور به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود مواد غذایی خاک و تولید بیشتر، منجر به استفاده مکرر از آن‌ها و ایجاد خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست شده است (۱۴). بسیاری از محققان از جمله قهرمانی و همکاران (۲۰۱۴) استفاده از نانوکلات‌پتاسیم را به عنوان روشی برای کاهش یا حذف استفاده از کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر پیشنهاد داده‌اند. نانوکلات‌پتاسیم باعث افزایش جذب عناصر ریزمغذی و تجمع نیترات در کشت گیاهان می‌شود. براساس نتایج زاهدی‌فر و ظهربای (۲۰۱۶) نیز نانوکلات‌پتاسیم با نقش کلیدی که به صورت یون در آب دارد و همچنین از آنجاکه پتاسیم یکی از عناصر حیاتی و مغذی گیاه است، می‌تواند در پاسخ سریع به استقرار گیاه اثرات نامطلوب محیطی برای گیاهان را کاهش دهد. اردشیری و جهانبین (۲۰۱۸) نیز در بررسی اثر محلول پاشی نانوکود کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنفس خشکی نتیجه گرفتند که بیشترین میزان درصد روغن دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه مربوط به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و محلول‌پاشی ترکیبی نانوکود کلات روی و آهن بود. و دلیل این امر را اینطور بیان نمودند که محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن و روی باعث بهبود تحمل گیاه در شرایط تنفس خشکی می‌شود و درنتیجه عملکرد گیاه را هشت درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. براتزاده و همکاران (۲۰۱۹) اثر نانوکلات‌پتاسیم، اسید آسکوربیک و نانوکلات‌پتاسیم + اسید آسکوربیک بر عملکرد دانه لوپیا چشم بلبلی را در سه سطح صفر، ۲ و ۴ لیتر در هکتار نانوکلات‌پتاسیم و صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مورد بررسی قرار داده و

توصیه می شود.

برای انجام این تحقیق بذرهای شبدر سفید در اوایل تیرماه از مراتع منطقه فندقلوی اردبیل جمع آوری شدند. از آنجاکه بذر شبدر سفید دارای دوره پرسنی می باشد، قبل از شروع مطالعه برای غلبه بر دوره پرسنی، بر روی بذرها پیش تیمارهای مختلفی مانند اسید سولفوریک، نیترات پتاسیم، جیبرلیک اسید (با غلظت های معین) و همچنین سرماده هی اعمال شد که نتایج نشان داد که پیش سرماده هی مرتبط بیشترین تأثیر را بر جوانه زنی بذر شبدر سفید داشت. بذر شبدر سفید دارای خلوص ۹۵ درصد، قوه نامیه ۷۵ درصد و وزن هزار دانه ۰/۷ گرم بود.

روش کار

پژوهش حاضر در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. گلخانه دارای شرایط استاندارد دمایی بوده و دمای محیط آن در روز $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ و در شب $17 \pm 5^{\circ}\text{C}$ بود. جهت گلخانه شمالی - جنوبی بوده و رطوبت نسبی آن ۵۰ درصد بود. برای انجام تحقیق و کشت گیاه شبدر سفید، خاک مورد نیاز از ۵ نقطه تصادفی از مراتع منطقه فندقلو واقع در ۳۵ کیلومتری شهر اردبیل و ۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان نمین جمع آوری شد. نمونه های خاک از عمق غالب ریشه دوانی گیاهان مرتعی (صغر تا ۳۰ سانتی متر) به دلیل فعالیت ارگانسیم های خاک زی در این عمق، برداشت شدند (۳۴). در گام بعد نمونه ها با هم ترکیب شد و سپس با استفاده از الک ۴ میلی متری قطعات ریشه و سنتگ و سنگریزه از خاک مورد نظر جدا شده و خاک به صورت یکدست آماده شد. این خاک در آزمایشگاه خاکشناسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برخی از خصوصیات اصلی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. تسهیل گر زئولیت و بنتونیت با قطر تقریبی ۳ میلی متر از شرکت زمین کاو تهران تهیه شد که قبل از استفاده به وسیله آونگ به حالت پودری تبدیل شد. و نانوکلات پتاسیم (نانوکود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم) از شرکت گلباران سبز تهران تهیه گردید.

جدول ۱: خصوصیات خاک منطقه

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	ماده آبی (%)	Ec (ds/m)	pH خاک مقدار
۴۰/۲۸	۲۲/۳۸	۴/۷۰	۱/۳۵	۶/۸۵

تیمارها شامل زئولیت و بنتونیت در سطوح صفر، ۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم (۱۱) و نانوکلات پتاسیم در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم (۲۷) و تیمار ترکیبی نانوکلات پتاسیم ۳۰ + زئولیت ۲، نانوکلات پتاسیم ۶۰ + زئولیت ۴ و نانوکلات پتاسیم ۹۰ + زئولیت ۶ بودند که هر کدام جداگانه با ترازوی دیجیتال وزن شده و با خاک مخلوط شده و به گلدانها اضافه شدند. بعد از آماده سازی گلدانها و افزودن تیمارها، بذرها بذر سفید در عمق مناسب خاک در هر گلدان به تعداد ۲۰ عدد کشت شدند. بذرها قبل از شروع آزمایش با محلول هیپوکلرید سدیم ضد عفونی شده و بعد از ضد عفونی با آب مقطر شسته شد (۳۳). در هر تیمار سطح صفر درصد به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در پایان دوره رشد گیاه (بعد از ۶ ماه) فاکتورهای ارتفاع اندام هوایی، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه، طول ریشه، درصد استقرار گیاه، شاخص کلروفیل SPAD، درصد نشت الکترولیت، شاخص پایداری غشا و محتوای نسبی آب برگ اندازه گیری شد. وزن های تر و خشک اندام هوایی و ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتال دقیق (۰/۰۰۱) تعیین شد. طول ریشه، ارتفاع گیاه و حجم گیاه با استفاده از خط کش دقیق اندازه گیری شدند. حجم ریشه از روی جابجا شدن آن پس از غوطه ور ساختن ریشه ها در آب توسط یک استوانه مدرج ۱۰۰۰ سی سی اندازه گیری شد (۳۲). درصد استقرار بر اساس شمارش پایه های مستقر شده و رشد کرده محاسبه شد. برای ریائت شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل سنج مدل SPAD استفاده شد. به منظور محاسبه محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content (RWC)، به طور تصادفی ۵ برگ تازه گیاه انتخاب و وزن شدند (FW) و در آب مقطر در محل تاریک در دمای چهار درجه سانتی گراد قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت دوباره وزن شد (TW) و سپس وزن خشک این برگ ها پس از قرار دادن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه گیری شد.

که در آن؛ EL : درصد نشت الکتروولیت، CSI : شاخص پایداری غشاء، EC_1 : نشت الکتریکی اولیه و EC_2 : نشت الکتریکی ثانویه می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

در پایان دوره رشد گیاهان، به منظور بررسی تأثیر تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد گیاه موردمطالعه، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. نرمال بون داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لیون مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر رشد شبدر سفید از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چندامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

تأثیر تسهیل‌گرهای مورداستفاده بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گونه *T. repens*

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورداستفاده (زئولیت، بنتونیت، نانوکلاتپتاسیم و ترکیب نانوکلاتپتاسیم + زئولیت) بر روی وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و درصد استقرار گیاه معنی‌دار شد. تیمارهای موردمطالعه بر ارتفاع اندام هوایی تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

(DW) و در پایان محتوای نسبی آب برگ از رابطه (۱) به دست آمد (۲۸).

رابطه (۱)

$$RWC\% = (FW - DW) * 100 / (SW - DW)$$

برای اندازه‌گیری میزان نشت الکتروولیت ۵ نمونه برگ طوقه از گیاه مربوط به هر تیمار انتخاب و به طور جداگانه در فالکون ۲۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطمر قرار داده و در آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC_1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل الکتروولیتها در اثر مرگ سلول، فالکون‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه حرارت داده شدند. بعد از آن نمونه‌ها مجدداً به شرایط آزمایشگاهی منتقل شده و هدایت الکتریکی آن‌ها ثبت شد (EC_2). سپس درصد نشت الکتروولیتها از رابطه (۲) محاسبه شد. همچنین شاخص پایداری غشاء (Curtain Stability Index) از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکتروولیتها برگ ارزیابی شد (۳۱). (رابطه ۳).

رابطه (۲)

$$EL\% = [EC_1/EC_2] \times 100$$

رابطه (۳)

$$CSI\% = [1 - (EC_1/EC_2)] \times 100$$

تأثیر کاربرد برخی تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد شبدر سفید ... / بیرامپور و همکاران

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات	متغیر
۱/۰۸۳ ^{ns}	۱۴/۷۷۰	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)
	۱۳/۶۳۵	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۱۱/۵۳ ^{**}	۶۵۷/۸۵۳	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	وزن ترا اندام هوایی (گرم)
	۵۷/۰۵۶	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۳/۷۳۵ [*]	۲۴/۰۹۴	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
	۶/۴۵۱	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۸/۹۸۳ ^{**}	۲۸۸/۶۴۷	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	وزن تر ریشه (گرم)
	۳۲/۱۳۲	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۱۰/۷۲۷ ^{**}	۴۶/۹۷۳	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	وزن خشک ریشه (گرم)
	۴/۳۷۹	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۲/۴۳۸ [*]	۵/۱۷۳	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	طول ریشه (سانتی‌متر)
	۲/۱۲۲	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۲/۳۹۲ [*]	۱۷۰/۱۹۲	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	حجم ریشه (میلی‌لیتر)
	۷۱/۱۵۴	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۲/۶۱۴ [*]	۹۷/۱۴۰	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	سطح ریشه (سانتی‌مترمربع)
	۳۷/۱۲۳	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	
۲/۶۱۵ [*]	۵۳۰/۴۸۴	۱۲	بین گروهها (اثر تیمار)	درصد استقرار (%)
	۲۰۲/۸۴۹	۲۶	درون گروهها (اثر خطای)	

**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نانوکلات‌پتاسیم ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم + زئولیت ۴ گرم در کیلوگرم مشاهده شد. وزن خشک ریشه (۲۵/۲۱ گرم) با ۷۳/۶۷ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار نانوکلات‌پتاسیم ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار را نشان داد. همچنین بنتونیت ۴ گرم در کیلوگرم سبب بیشترین افزایش در استقرار گیاه (۸۳/۳۱ درصد) شد. بیشترین مقدار طول ریشه شبدر سفید به صورت تقریباً مساوی در تیمارهای زئولیت ۲ گرم در کیلوگرم، زئولیت ۴ گرم در کیلوگرم، نانوکلات‌پتاسیم ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، نانوکلات‌پتاسیم ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و شاهد مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای مورد مطالعه بر خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید در جدول (۳) ارائه شده است. براساس نتایج جدول نانوکلات‌پتاسیم + زئولیت تأثیر مثبت بیشتری بر خصوصیات رشد گیاه داشته است. به طوری که نتایج نشان داد بیشترین مقدار وزن تر (۲۶/۸۳ گرم) با ۶۴/۶۳ درصد افزایش نسبت به شاهد، وزن خشک (۸۸/۵۹) با ۳۶/۰۵ درصد افزایش نسبت به شاهد، سطح ریشه (۶۱/۴۴ سانتی‌مترمربع) با ۲۴/۲۷ درصد افزایش نسبت به شاهد و حجم ریشه (۵۰/۰ میلی‌لیتر) گیاه با ۳۲/۷۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار نانوکلات‌پتاسیم ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم + زئولیت ۶ گرم در کیلوگرم مشاهده شد.

بیشترین مقدار وزن تر ریشه (۵۶/۴۸ گرم) با ۶۲/۹۰ درصد افزایش نسبت به شاهد در اثر کاربرد تیمار

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر تیمارهای موردمطالعه بر خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید

تیمارها	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک (گرم در گلدان)	وزن تر (گرم در گلدان)	وزن خشک (گرم در گلدان)
شاهد	۱۴/۵۲ ^{cde}	۳۴/۶۷ ^c	۱۹/۷۲ ^b	۵۳/۸۱ ^c	
زنولیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۱۴/۳۸ ^{cde}	۲۹/۲۷ ^{cd}	۱۸/۶۶ ^{bc}	۵۶/۸۳ ^c	
زنولیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۱۴/۲۱ ^{cde}	۳۰/۳۰ ^c	۲۲/۵۶ ^b	۵۴/۲۳ ^c	
زنولیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۱۳/۱۵ ^{cde}	۳۵/۷۰ ^c	۲۱/۹۳ ^b	۴۶/۴۴ ^{cd}	
بنتوئیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۱۵/۷۱ ^{bcd}	۴۸/۰۰ ^{ab}	۲۶/۵۶ ^a	۷۱/۹۵ ^b	
بنتوئیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۱۳/۸۰ ^{cde}	۲۵/۲۳ ^c	۲۵/۷۲ ^a	۷۸/۷۷ ^{ab}	
بنتوئیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۱۵/۰۹ ^{bcd}	۲۹/۳۰ ^b	۲۱/۲۸ ^b	۷۱/۷۸ ^b	
نانوکلات پتابسیم ۳۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۷/۳۴ ^{bcd}	۴۸/۲۵ ^{ab}	۲۲/۷۸ ^b	۵۴/۸۳ ^c	
نانوکلات پتابسیم ۶۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۵/۸۵ ^{bcd}	۳۷/۳۳ ^c	۲۲/۳۳ ^b	۶۸/۸۳ ^b	
نانوکلات پتابسیم ۹۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۲۱ ^a	۵۰/۴۳ ^a	۲۷/۰۰ ^a	۸۵/۸۸ ^a	
نانوکلات پتابسیم ۲ (زنولیت ۲)	۱۰/۷۱ ^c	۲۹/۱۷ ^{cd}	۱۹/۷۵ ^{bc}	۴۱/۸۶ ^d	
نانوکلات پتابسیم ۴ (زنولیت ۴)	۲۲/۷۲ ^a	۵۶/۴۸ ^a	۲۲/۷۱ ^{ab}	۵۶/۵۴ ^c	
نانوکلات پتابسیم ۶ (زنولیت ۶)	۱۸/۶۶ ^b	۵۵/۶۷ ^a	۲۶/۸۳ ^a	۸۸/۵۹ ^a	

ادامه جدول ۳

تیمارها	مول ریشه (سانسیتی متر)	حجم ریشه (میلی لیتر در گلدان)	سطح ریشه (سانسیتی متر مربع)	درصد استقرار
شاهد	۲۵/۰۰ ^a	۳۱/۶۳ ^c	۴۹/۴۴ ^{ab}	۲۶/۶۷ ^c
زنولیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۰۰ ^a	۲۶/۶۷ ^d	۴۵/۱۹ ^c	۴۶/۶۷ ^c
زنولیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۲۲/۱۳ ^{ab}	۳۰/۰ ^c	۴۶/۴۸ ^c	۵۷/۷۸ ^b
زنولیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۰۳ ^a	۳۸/۲۳ ^{bc}	۵۴/۹۱ ^{ab}	۳۷/۷۸ ^d
بنتوئیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۲۲/۰۰ ^c	۴۳/۳۳ ^{ab}	۵۴/۵۷ ^{ab}	۴۲/۲۲ ^c
بنتوئیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۲۴/۱۷ ^a	۳۳/۳۳ ^c	۵۰/۱۱ ^{ab}	۷۵/۵۶ ^a
بنتوئیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۲۴/۵۰ ^a	۳۶/۶۷ ^{bc}	۵۳/۰/۱ ^{ab}	۵۷/۷۸ ^b
نانوکلات پتابسیم ۳۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۰۰ ^a	۴۶/۶۷ ^{ab}	۶۰/۰/۳ ^a	۵۱/۱۰ ^b
نانوکلات پتابسیم ۶۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۳/۸۳ ^{ab}	۳۶/۶۷ ^{bc}	۵۲/۳۵ ^{ab}	۶۲/۲۲ ^b
نانوکلات پتابسیم ۹۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۰۰ ^a	۴۵/۰۰ ^{ab}	۵۹/۲۵ ^a	۴۶/۶۷ ^c
نانوکلات پتابسیم ۲ (زنولیت ۲)	۲۲/۶۷ ^c	۲۶/۶۷ ^d	۴۳/۲۵ ^c	۵۵/۵۶ ^b
نانوکلات پتابسیم ۴ (زنولیت ۴)	۲۱/۳۳ ^c	۴۰/۰ ^b	۵۱/۵۲ ^{ab}	۳۵/۵۶ ^d
نانوکلات پتابسیم ۶ (زنولیت ۶)	۲۴/۱۷ ^a	۵۰/۰ ^a	۶۱/۴۴ ^a	۳۵/۵۶ ^d

و ترکیب نانوکلات پتابسیم با زنولیت) بر روی پارامترهای محتوای نسبی آب برگ، درصد نشت الکتروولیت و شاخص پایداری غشا به جز شاخص کلروفیل SPAD معنی دار نبود (جدول ۴).

تأثیر تسهیل‌گرهای رشد مورد استفاده بر ویژگی‌های

T. repens گونه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد استفاده (زنولیت، بنتوئیت، نانوکلات پتابسیم

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر تیمارهای موردمطالعه بر خصوصیات فیزیولوژیکی شبدر سفید

F	متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین معربات
۱/۹۷۳*	SPAD	بین گروهها (اثر تیمار)	۱۲	۶/۸۲۷
		درون گروهها (اثر خطای)	۲۶	۳/۴۶۰
۱/۲۴۸**	محتوای نسبی آب برگ	بین گروهها (اثر تیمار)	۱۲	۳۰/۴/۵۰۷
		درون گروهها (اثر خطای)	۲۶	۲۴۴/۰۶۶
۱/۴۶۲**	درصد نشت الکتروولیت	بین گروهها (اثر تیمار)	۱۲	۴۶/۱۴۷
		درون گروهها (اثر خطای)	۲۶	۳۱/۵۶۱
۱/۷۸۰**	شاخص پایداری غشا	بین گروهها (اثر تیمار)	۱۲	۵۳/۴۵۴
		درون گروهها (اثر خطای)	۲۶	۳۰/۰۳۵

تأثیر کاربرد برخی تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد شبدر سفید ... / بیرامپور و همکاران

معنی‌داری بین تیمارهای مورد مطالعه نداشته است ولی بیشترین مقدار آن در تیمار بنتونیت ۴ گرم در کیلوگرم مشاهده شد و مقدار آن حدود ۳۱ درصد بیشتر از شاهد بوده است (جدول ۵).

شاخص کلروفیل SPAD در تیمار نانوکلات پتابسیم ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار را با ۸/۷۱ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد. با افزایش غلظت نانوکلات پتابسیم مقدار شاخص کلروفیل SPAD کاهش یافت. با اینکه از نظر آماری درصد محتوای آب نسبی برگ اختلاف

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد استفاده بر خصوصیات فیزیولوژیکی گونه شبدر سفید

تیمارها	شاخص کلروفیل	محتوای نسبی آب برگ (%)	نشت الکتروولیت (%)	شاخص پایداری غشا (%)
شاهد	۴۲/۰ ^{b,c}	۷۱/۴۱ ^b	۱۹/۸۵ ^{ab}	۸۰/۱۴ ^{ab}
زنولیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۴۲/۳۴ ^{b,c}	۷۳/۰۹ ^{ab}	۲۸/۰۵ ^a	۷۱/۹۴ ^b
زنولیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۴۲/۳۶ ^{b,c}	۷۴/۹۴ ^{ab}	۱۶/۶۴ ^b	۸۳/۳۴ ^a
زنولیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۴۱/۸۷ ^c	۶۸/۷۶ ^b	۱۵/۹۵ ^b	۸۴/۰۱ ^a
بنتونیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۴۵/۰۰ ^a	۷۶/۸۸ ^{ab}	۲۰/۳۱ ^{ab}	۷۹/۶۸ ^{ab}
بنتونیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۴۳/۶۰ ^{abc}	۹۸/۶۳ ^a	۱۷/۹۱ ^{ab}	۸۲/۰۸ ^a
بنتونیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۴۵/۱۷ ^a	۸۹/۷۶ ^{ab}	۱۵/۳۲ ^b	۸۴/۶۸ ^a
نانوکلات‌پتابسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۶/۵۳ ^a	۶۷/۶۷ ^b	۱۷/۳۸ ^{ab}	۸۲/۲۸ ^a
نانوکلات‌پتابسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۵/۵۷ ^a	۷۵/۳۴ ^{ab}	۱۷/۷۱ ^{ab}	۸۲/۲۸ ^a
نانوکلات‌پتابسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۳/۶۰ ^{abc}	۷۶/۹۷ ^{ab}	۲۰/۳۶ ^{ab}	۷۹/۳ ^{ab}
نانوکلات‌پتابسیم ۳۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) + زنولیت ۳۰	۴۲/۰ ^{b,c}	۶۳/۷۴ ^b	۱۵/۴۶ ^b	۸۴/۵۳ ^a
نانوکلات‌پتابسیم ۶۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) + زنولیت ۶۰	۴۳/۰ ^{abc}	۷۵/۷۲ ^{ab}	۲۲/۴۹ ^{ab}	۷۴/۱۷ ^b
نانوکلات‌پتابسیم ۹۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) + زنولیت ۹۰	۴۴/۰ ^{b,a}	۷۷/۱۴ ^b	۲۵/۵۲ ^{ab}	۷۴/۴۷ ^b

افزایش عملکرد چوندرقند و توتفرنگی شده و افزایش غلظت زنولیت موجب بهبود ویژگی‌های رویشی این گیاهان می‌شود. آنها دلیل این امر را به قدرت نگهداری عناصر غذایی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالای زنولیت و حفظ رطوبت و بهبود خواص فیزیکی خاک و تهییه و اصلاح آن مرتبط دانستند. کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که زنولیت ۲ گرم در کیلوگرم بیشترین تأثیر را بر روی ارتفاع بوته، سطح برگ، ماده خشک و عملکرد شاخه‌های گلدهی گیاه بادرشبو داشت. که دلیل آن را در کارایی زنولیت در حفظ و نگهداری آب در خاک و انتقال آن به گیاه و درنتیجه توسعه اندام‌های هوایی و بهبود عملکرد گیاه ذکر نمودند. در مطالعه رامش و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داده شد که زنولیت ۱ درصد وزنی با خاک بر غده‌های سیب‌زمینی مؤثر بوده و غده‌ها در این تیمار ۵۷ درصد بیشتر از شاهد (خاک بدون زنولیت) بود. می‌توان گفت که کاربرد زنولیت باعث بهبود بافت خاک و وضعیت خاکدانه‌ها شده و از سله بستن خاک جلوگیری کرده و نفوذ آب و اکسیژن را در خاک افزایش می‌دهد که این موارد منجر به بازدهی بیشتر محصول می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این موضوع است که افزایش غلظت زنولیت بر روی بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیکی شبدر سفید روند افزایشی را نشان داد. به عبارت دیگر افزایش غلظت زنولیت باعث تأثیر بیشتر بر خصوصیات رشد گیاه شده است و به نظر می‌رسد با توجه به اینکه زنولیت‌ها به عنوان سوپر جاذب عمل می‌کنند و سبب جذب و نگهداری آب در بستر کشت شده و به تدریج این رطوبت را در اختیار گیاهان قرار می‌دهند، اثر مثبت بر رشد گیاه داشته‌اند. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش دهداری و همکاران (۲۰۱۷) که بیان کردند تیمار ۴ گرم زنولیت بر بیشتر خصوصیات موردمطالعه گونه‌های مرتعی *Medicago scutellata*, *Cymbopogon olieveri* و *Medicago sativa* مانند تعداد پایه‌های باقی‌مانده (زندمانی جوانه‌ها)، طول کل گیاه، وزن تر و خشک ساقه، و وزن تر و خشک ریشه تأثیر مثبت داشته است و مقادیر این صفات را نسبت به شاهد افزایش داده، مطابقت دارد. همچنین در این زمینه، عبدی و همکاران (۲۰۰۶) و اکبری و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مصرف زنولیت موجب

خود نشان دادند. در این ارتباط هامودا و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که سطوح بالاتر نانوکودپتاسیم (۷/۵ میلی گرم در لیتر) بیشترین اثر معنی داری را بر رشد، بازوری و عملکرد پنبه مصری داشتند. طبق نظر واعظی راد و همکاران (۲۰۰۸) بالا بودن شخص برداشت ناشی از اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی گیاه به تولید دانه و درنتیجه عملکرد اقتصادی می باشد. همچنین پتاسیم نفوذ ریشه را افزایش می دهد و از این طریق بر تداوم جذب عناصر غذایی و آب اثر می گذارد که نتیجه آن افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه خواهد بود.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد اثر تیمار ترکیبی نانوکلاتپتاسیم + زئولیت بر روی بیشتر خصوصیات مورفولوژیک شبدر سفید معنی دار بوده و سبب افزایش مولفه های رشد گیاه نسبت به شاهد شده است. این نتیجه مطابق با نتیجه اکبری و همکاران (۲۰۱۲) بود که در تحقیقات آنها تفاوت معنی داری در تیمار زئولیت توأم با سولفات پتاسیم بر روی گیاه چغندر قند مشاهده شد. سولفات پتاسیم بر روی گیاه تأثیر گذار نانوکلاتپتاسیم با تأثیر اندام های هوایی به ترتیب در تیمار مصرف زئولیت و مصرف زئولیت توأم با سولفات پتاسیم دیده شد و طول ریشه در تیمار مصرف زئولیت توأم با سولفات پتاسیم از همه تیمارها بیشتر بود. به نظر می رسد تیمار زئولیت توأم با پتاسیم بر روی ریشه و اندام های هوایی گیاه تأثیر گذار می باشد چرا که در تحقیق حاضر نیز با افزایش غلظت تیمار نانوکلاتپتاسیم (۹۰ میلی گرم در کیلوگرم + زئولیت ۶ گرم در کیلوگرم) اثر معنی داری بر روی پارامترهای وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، سطح ریشه و درصد استقرار مشاهده گردید. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد تیمارهای بنتونیت، نانوکلاتپتاسیم و نانوکلاتپتاسیم + زئولیت بر روی کلروفیل شبدر سفید تأثیر معنی داری داشت. بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار نانوکلاتپتاسیم (۳۰ میلی گرم) مشاهده شد. در مطالعه حاضر تیمار زئولیت به تنها یی تأثیر معنی داری بر روی مقدار کلروفیل شبدر سفید نداشت. از آنجایی که میزان کلروفیل رابطه مستقیم با فتوسنتز گیاه دارد، نتیجه این تحقیق مطابق با نتیجه داسمت و همکاران (۲۰۱۷) که تأثیر مثبت زئولیت بر فتوسنتز درختان سیب را نشان دادند، نبود.

تیمار بنتونیت بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و محთوای نسبی آب برگ تأثیر مثبت داشته و از بین کل تیمارها، بنتونیت ۴ گرم در کیلوگرم بیشترین تأثیر را بر استقرار گیاه نشان داد. همچنین با افزایش غلظت بنتونیت، مقادیر خصوصیات مدنظر کاهش یافت که دلیل آن می تواند نگه داری آب فراوان و بیش از حد نیاز گیاه در بستر و کاهش هوا یا اکسیژن لازم برای تنفس ریشه ها باشد. یوسف (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر بنتونیت و زئولیت معدنی بر روی محصول سیب زمینی تحت زیر کشت سینای شمالی نشان داد که بنتونیت (۴، ۵ و ۶ تن در مزرعه) و زئولیت (۱، ۲ و ۳ تن در مزرعه) صفات رشد و عملکرد سیب زمینی را افزایش داده و بالاترین پارامترهای رشد و عملکرد اجزای آن در غلظت پایین بنتونیت (۴ تن در مزرعه) و غلظت بالای زئولیت (۳ تن در مزرعه) به دست آمده است. نتایج مطالعه عقدک و همکاران (۲۰۱۰) در تأثیر افزودن بنتونیت به بستر های مختلف کاشه است بر رشد رویشی و عملکرد لوبیا سبز نشان داد که افزودن ۱۰ درصد بنتونیت به بستر های سبک پوسته شلتوك و تراشه چوب سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد محصول و در همان حال کاهش هدر رفت محلول غذایی شده است. اما تغییر در صد حجمی بنتونیت از ۱۰ به ۲۰ درصد در دو بستر پوسته شلتوك برنج و تراشه چوب موجب کاهش معیارهای رشد و عملکرد گیاه شد. نتایج شیرزادی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که کاربرد بنتونیت و پلیمر سوپرجاذب بر رشد گیاه دارویی کاسنی اثر مثبت داشته و مقاومت گیاه را در برابر تنش آبی افزایش داده و باعث بهبود عملکرد گیاه در شرایط آب و هوایی منطقه بیرون گردید. می توان گفت که افزایش رشد رویشی گیاهان در حضور بنتونیت می تواند ناشی از بهبود ویژگی های فیزیکی بسترها و درنتیجه افزایش ظرفیت نگه داری آب و افزایش آب قابل دسترسی گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش تبخیر سطحی بسترها باشد. با این وجود، با توجه به نتایج سایر محققین به نظر می رسد درصد های کمتری از بنتونیت در بهبود رشد و عملکرد گیاهان مؤثر تر باشد.

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نانوکلاتپتاسیم تأثیر معنی داری بر روی خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید داشته است. وزن خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه، با افزایش غلظت این تیمار روند افزایشی از

شبدر سفید چه بهصورت تک‌کشتی و چه در ترکیب با گندمیان برای ایجاد چراغاه و اصلاح و توسعه مراتع، از تیمارهای مذکور استفاده نمود.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است. بدین‌وسیله نویسندگان از حمایت این معاونت سپاسگزاری می‌کنند.

بهطور کلی می‌توان گفت که ترکیب تسهیل‌گرهای نانوکلات پتاسیم و زئولیت، مؤثرترین تیمار در بهبود خصوصیات رشد و افزایش عملکرد گیاه شبدر سفید می‌باشد. بهنظر می‌رسد با توجه به نیاز شبدر سفید به عنصر پتاسیم و از سوی دیگر، جذب و حفظ ذرات پتاسیم توسط زئولیت و بهدلیل آن جذب آن توسط گیاه در طول دوره رشد، سبب افزایش خصوصیات رشد و عملکرد گیاه شده است. بهطوری‌که هم اندامهای هوایی گیاه و هم ریشه از این تیمار سود برده‌اند. بنابراین می‌توان در عملیات کاشت

References

1. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & F. Dadjou, 2019. Influence of Nano-Priming on *Festuca ovina* Seed Germination and Early Seedling Traits under Drought Stress, in Laboratory Condition. ECOPERSIA, 7(3): 133-139.
2. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & F. Dadjou, 2019. Using a network analysis process in the restore of low yielding and abounded dry farming lands with range planting (Case study: Balekhli Chay watershed). Journal of RS And GIS for Natural Resources, 10(2): 102-120. (In persian)
3. 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.
4. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani, A. Esmali Ouri, A.A. Shokouhian & A.A., Jafari, 2021. Some Facilitators Effects on Alfalfa and Sainfoin Growth in Restoration of Dry-Farming Lands (Study Area: Balekhlichay Watershed, Ardabil. Iran). ECOPERSIA, 9(1): 43-51.
5. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani, A. Esmali Ouri, A.A. Shokouhian, A.A., Jafari, 2019. Varying the Vegetative and Morphological Traits of *Thymus Kotschyanus* L. Submitted to Potassium Silicate Nanoparticles, Superabsorbent Hydrogel, Effective Microorganisms and Animal Manur. Bioscience Journal, 35(2): 115-125.
6. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani, A. Esmali Ouri, A.A. Shokouhian, A.A., Jafari, 2020. Site Selection for Capable Dry Farming Lands to Restoration in Balekhlichay Watershed Using Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of Rangeland, 14(1), 47-61. (In persian)
7. Abbasi Khalaki, M., M. Moameri, B. Asgari Lajayer & T. Astatkie, 2020. Influence of Nano-priming on Seed Germination and Plant Growth of Forage and Medicinal Plants. Plant Growth Regulation, 93: 13-28.
8. Abdi, Gh., M. Khosh-Kahui & S. Eshghi, 2006. Effect of Natural Zeolite on Growth and Flowering of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). Jurnal of Agricultural Research, 1(4):384-389.
9. Abedi Kouhpaei, J. & F. Sohrab, 2004. Effect of zeolite and bentonite minerals on hydraulic properties of soils. Iranian Conference on Crystallography and Mineralogy, 562-567.
10. Aghdak, P., M. Mobli, A.H. Khoshgoftaramesh & F. Shakeri, 2010. Effects of adding bentonite to different substrates on vegetative growth and yield of snap beans (*Phaseulus vulgaris* L.). Journal of Soil and Plant Interactions, 1(3): 31-40.
11. Ahmadi Azar, F., T. Hasanloo & V. Feizi, 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28(3): 459-474. (In persian)
12. Akbari, M., Gh. Maleki & E. Zand, 2011. Investigation of zeolite and potassium effects on vegetative growth and yield of sugar beet. New Finding in Agriculture, 5(2): 125-132.
13. Ardestiri, T., Sh. Jahan Bin, 2018. Effect of foliar application of nano-iron and zinc chelated on yield, yield components and harvest index of canola under drought stress conditions. Journal of Crops Improvement, 20(1): 31-43.
14. Asadi, GH., A. Momen, M. Norzade-Nameghi & P. Khoramdel, 2014. The Effect of Deffrent Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield and Nitrogen Efficiency in Herbs Psyllium. Journal of Agricultural Ecology, 5(4): 283-373.
15. Bandian, L., H. Saed & B. Abedy, 2016. Effect of Bentonite on Growth Indices Phiysiological Traits of Spinach (*Spinacia Oleracea* L.) under Drought Stress. Jurnal of Productivity and Development, 2(4): 1-6.

16. Barat Zadeh, S., T. Saki Nejad & T. Babaei Nejad, 2019. Effect of potassium nano-chelate and ascorbic acid on grain yield and some qualitative characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L., Kamran cultivar). Journal of plant production science, 9(2): 149-160. (In persian)
17. Barzegar Hafshejani, Z., M. Mobli, A.H. Khoshgoftarmanesh & J. Abedi-Koupai, 2015. The effects of adding pumice and bentonite to sawdust substrate on growth and productivity of greenhouse-grown bell pepper . Journal of Soil and Plant Interactions, 6(21): 77-84. (In persian)
18. Behzadfar, M., S.H.R. Sadeghi, M.J. Khanjani & Z. Hazbavi, 2017. Effects of Rates and Time of Zeolite Application on Controlling Runoff Generation and Soil Loss from a Soil Subjected to a Freeze-Thaw Cycle. International Soil and Water Conservation Research, 5(2): 95-101.
19. Bohrani, M.J., 2007. Introduction to rangeland and rangeland management. Aeij Press, 144pp.
20. De Smedt, C., K. Steppe & P. Spanoghe, 2017. Beneficial Effects of Zeolites on Plant Photosynthesis. Advanced Materials Science, 2(1): 1-11.
21. Dehdary, S., Z. Kuhansani, F. Shojaee R. Kazemi, 2017. Study the effects of using zeolite on the prototypical stages of growth in pasture species: *Cymbopogon Olivieri*, *Medicago sativa* and *Medicago scutellata*. Journal of Range & Watershed Management, 70(2): 333-344. (In persian)
22. Eskandari, H. & A. Alizadeh-Amraie, 2017. Evaluation of Profitability of Seed Priming for Improvement Seed Germination Performance of Two Rangeland Plants (*Festuca ovina* and *Bromus tomentellus*) under Drought Conditions. Journal of Rangelan Sciences, 4(7): 400-405.
23. Ghahremani, A., K. Akbari, M.R. Yousefpour & H.R. Ardalani, 2014. Effects of Nano-Potassium and Nano-Calcium Chelated Fertilizers on Qualitative and Quantitative Characteristics of *Ocimum basilicum*. International Journal for Pharmaceutical Research Scholars, 3(2): 235-241.
24. Hamoda, S.A.F., A.N.E. Atia, M. El-Hendi & O.S. El-Sayed, 2016. Effect of Nano-Fertilizer Lithovit and Potassium on Growth, Fruiting and Yield of Egypthon Cotton Under Different Planting Dates. Jurnal of Advanced Reserch in Biological Sciences, 3(12): 29-49.
25. Karimzade Asl, Kh., M. Ghorbanpoor, M. Marefatzadeh Khamene & M. Hatami, 2018. Influence of Drought Stress, Biofertilizer and Zeolit on Morphological Traits and Essential oil Constituents in *Dracocephalum moldavica* L. Jurnal of Medicinal Plants, 17(67): 91-112. (In persian)
26. Kunelius, H.T., M.R. Carter, J. Kimpinski & J.B. Sandeson, 1988. Effect of Seeding Method on Alfalfa, Red Clover Establishment and Growth, Soil Physical Condition and Nematode Populations. Soil and Tillage Research, 12(2): 163-175.
27. Leraki, S., A. Rahname & A. Ayneband, 2015. Effect of application of potassium fertilizers on physiological traits and cadmium accumulation in grain of two durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. Durum (Desf.) Husn.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 17(3), 223-234. (In persian)
28. McDonald, M.B., 2000. Seed Priming. (eds. M. Black and J.D. Bewley). Sheffield Academic Press, 287-325.
29. Mehrabi, H., M. Chaichi, R. Tavakolafshari, H. Madaharefi & Gh. Zahediamiri, 2010. Effects of Seed Coating on Germination of *Sanguisorba minor* in Different Moisture Stress Levels and Sowing Depth. Journal of Range and Desert Research, 31: 28-48. (In persian)
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): 101-110.
31. Moameri, M. & F. Dadjou, 2019. Assessing Capability of *Artemisia aucheri* Boiss for Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals. Journal of Rangeland Science, 9(4): 414-425.
32. Moameri, M. & M. Abbasi Khalaki, 2019. Capability of *Secale montanum* Trusted for Phytoremediation of Lead and Cadmium in Soils Amended with Nano-Silica and Municipal Solid Waste Compost. Environmental Science and Pollution Research, 26: 24315-24322.
33. Moameri, M., E. Ali Jafari & A. Ghorbani, 2020. Effect of some growth facilitators on the growth parameters *Onobrychis sativa* Lam. in greenhouse. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(4): 886-895. (In persian)
34. Moameri, M., L. Andalibi, E. Alijafari & A. Ghorbani, 2019. Effect of some treatments on growth characteristics of *Medicago sativa* L. in greenhouse. Journal of Rangeland, 13(3): 522-536. (In persian)
35. Moghimi. J. 2005. Introduction of some important rangeland species, Aroon Press, 669p.
36. Mohsenzadeh, S., M. Malboobi, A. Razavi, K. Farrahani & S. Aschtiani, 2006. Physiological and Molecularresponses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to Water Deficit. Environmental and Experimental Botany, 56: 314-322.
37. Naseri, S., H. Tavakoli, M. Jafari & H. Arzani, 2016. Impact of Rangeland Reclamation and Management on Carbon Stock in North East of Iran (Case Study: Karde Basin, Mashhad, Iran). Journal of Rangelan Sciences, 4(6): 320-332.

38. Nasiri-Ahangar, M., S. Dehdari, Z. Khorsandi-Kouhanestani & F. Noedoost, 2017. Investigating Allelopathic Effects of *Artemisia sieberi* on Seed Germination and Seedling Growth Indices of Three Alfalfa Species. Journal of Rangelan Sciences, 2(7): 172-181.
39. Ramesh, V., J. George, J.S. Jyothi & S.M.A. Shibli, 2015. Effect of Zeolites on Soil Quality, Plant Growthand Nutrient Uptake Efficiency in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). Journal of Root Crops, 41(1): 25-31.
40. Rhodes, Ch.J., 2010. Properties and Applications of Zeolites. Science Progress, 93(3): 1- 63.
41. Roosta, H.R., M. Jalali & S.M.A. Vakili-Shahrababaki, 2015 Effect of Nano Fe-Chelatr, Fe-eddha and FeSO₄ on Vegetative Growth, Ohysiological Parameters and Some Nutrient Elements Concentrations of for Varieties of Lettuce (*Lactuca sativa*) In NFT System. Journal of Plant Nutrition, 38(14): 2176-2184.
42. Salehi, M., H. Arzani, A. Tavili & M. Ghorbani, 2017. Investigation of rangeland potential for apiculture by using analytical hierarchy process (AHP) technique. Journal of Range & Watershed Management, 70(3), 711-722. (In persian)
43. Sheidai Karkaj, E., A. Sepehry, H. Barani & J. Motamed, 2017. Soil organic carbon reserve relationship with some soil properties in East Azerbaijan rangelands. Journal of Rangeland, 11(2): 125-138. (In persian)
44. Shirzadi, F., M. Dastourani & A. Khashei Siuki, 2020. Investigating the effect of combined low irrigation and different cultivation litters on morphological specification of chicory. Journal of Water and Soil Conservation, 27(2): 145-161. (In persian)
45. Ussiri, D. & R. Lal, 2005. Carbon Sequestration in Reclaimed Mine soils. Journal of Plant Sciences, 24: 151-165.
46. Vaezi Rad, S., F. Shekari, A.H. Shirani Rad & E. Zangani, 2008. Effect of water stress at different growth stages on yield and yield components of Kidney bean cultivars. Agroecology Journal, 4(1): 86-94. (In persian)
47. Youssef, SH.B.D., 2013. Effect of Bentonit and Zeolit Ores on Potato Crop (*Solanum tuberosum* L.) Under North SINAI Conditions. Journal of Plant Production, Mansoura Univ, 4(12): 1856-2013.
48. Zahedifar, M. & S. Zohrabi, 2016. Germination and Seedling Characteristics of Drought-stressed Corn Seed as Influenced by Seed Priming with Potassium Nano-chelate and Sulfate Fertilizers. Acta Agriculturae Slovenica, 107(1): 113-1