



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 Ardabil, 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 cm²) 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).

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.10.2

Publisher: Iranian Society for Range Management

تأثیر کاربرد برخی تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد شبدر سفید (*Trifolium repens* L.)

فائزه بیرامپور^۱، مهدی معمری^{۲*}، اردوان قربانی^۳، معراج شیری^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. رایان‌نامه: 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 کم‌بازده و در نتیجه کمیت و کیفیت پوشش گیاهی و تولید را افزایش دهد. بنابراین، توجه به استفاده از تسهیل‌گرهایی که هم قابل‌دسترس باشند و هم از نظر اقتصادی قابلیت استفاده داشته باشند، دارای اهمیت است. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر تیمارهای زئولیت، بنتونیت و نانوکلات پتاسیم بر خصوصیات رشد گونه <i>Trifolium repens</i> در محیط گلخانه می‌باشد تا در صورت اثبات اثرات مثبت این تسهیل‌گرها بتوان در عملیات اصلاح مراتع از این مواد استفاده کرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷	مواد و روش‌ها: این تحقیق به منظور بررسی اثر زئولیت (۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم)، نانوکلات پتاسیم (۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، بنتونیت (۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم) و ترکیب نانوکلات پتاسیم + زئولیت (۳۰+۲، ۴+۶۰ و ۹۰+۶) 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 ۵ نقطه تصادفی از مراتع منطقه فندق‌قلو واقع در ۳۵ کیلومتری شهر اردبیل جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق ریشه‌دوانی 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 گلدان‌ها ریخته شد. در پایان دوره رشد، صفات مورفولوژیکی 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 الکترولیت، 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 چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱	نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد استفاده (زئولیت، بنتونیت، نانوکلات پتاسیم و ترکیب نانوکلات پتاسیم + 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. به‌طوریکه، بیشترین
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹	
واژه‌های کلیدی: شبدر سفید، تسهیل‌گر، زئولیت، بنتونیت، نانوکلات پتاسیم	

مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی (۲۶/۸۳ و ۸۸/۵۹ گرم)، سطح ریشه (۶۱/۴۴) و حجم ریشه (۵۰/۰۰ میلی‌لیتر) در تیمار نانوکلات‌پتاسیم ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم + زئولیت ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شدند. وزن تر (۵۶/۴۸ گرم) و خشک ریشه (۲۵/۲۱ گرم) به ترتیب در تیمارهای نانوکلات‌پتاسیم ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم + زئولیت ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و 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. شاخص کلروفیل SPAD (۴۶/۵۳) در تیمار نانوکلات‌پتاسیم ۳۰ میلی‌گرم 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: به‌طور 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 به‌دنبال آن جذب آن توسط گیاه در طول دوره رشد، سبب افزایش خصوصیات رشد و عملکرد گیاه شده است. به‌طوری‌که هم اندام‌های هوایی و هم ریشه گیاه شبدر سفید از این تیمار سود برده‌اند. بنابراین می‌توان در عملیات کاشت شبدر سفید چه به‌صورت 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 تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد شبدر سفید (*Trifolium repens L.*). مرتع، ۱۶(۱): ۱۹۱-۲۰۵.



DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.10.2

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

مراتع حیاتی‌ترین 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، حیات وحش، استفاده‌های تفریحی، تولید غذا و فیبر همچنین محیطی منحصربه‌فرد برای فعالیت‌های فرهنگی و اجتماعی را فراهم می‌کنند (۸). اما با وجود سطح قابل توجهی از مراتع در جهان، به‌علت مدیریت نادرست مرتع 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 کم‌بازده و رها کردن آن‌ها به‌صورت بایر از جمله این تنگناها است (۱۹). امروزه در کشور ما حفاظت از اکوسیستم‌های مرتعی به‌صورت 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 راه‌حل‌های مدیریتی مناسب، احیا و اصلاح این اراضی مخروبه است که مانع سیر قهقراپی، فرسایش و آبخشوی 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 کم‌بازده و رهاشده می‌توان به بذرکاری و علوفه‌کاری با گیاهان باارزش 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 به‌منظور تأمین علوفه مورد نیاز دام و ایجاد اشتغال، به حفظ مرتع با این گونه‌ها پرداخت. در این راستا قبل از اقدام به بذرکاری، بذر و استقرار اولیه گیاهان به‌منظور حذف یا کاهش اثرات تنش‌های محیطی و افزایش سرعت و توان استقرار گیاهان مورد نظر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (۲۹). به‌خصوص 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 کاشته‌شده ضروری است (۲۶). اگر تأثیر تنش‌های محیطی

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

از این‌رو توجه به استفاده از تسهیل‌گرهای رشد که هم قابل‌دسترس باشند و هم از نظر اقتصادی قابلیت استفاده در مراتع 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 (۲۲، ۲۳، ۳۲ و ۳۶). از طرفی به‌دلیل وسعت زیاد مراتع و توجه به جنبه اقتصادی، نیاز به استفاده و تمرکز بر منابع و تسهیل‌گرهای ارزان‌قیمت و اقتصادی می‌باشد (۴۱). رامش و همکاران (۲۰۱۵) ژئولیت‌ها را یک کلاس منحصربه‌فرد از مواد جامد با انواع مختلف به‌صورت فاز حلال، که به‌عنوان مبادله یونی مؤثر در آب مورد نیاز گیاه، از خواص این ماده معدنی معرفی می‌کند که تأثیرات زیست‌محیطی کمتری نسبت به موارد دیگر دارد و می‌توان از آن برای جذب آب و نگهداشت آن برای گیاه استفاده کرد. بهزادفر و همکاران (۲۰۱۷) ژئولیت را به‌عنوان یک ماده معدنی مؤثر از خانواده آلومینوسیلیکات‌ها معرفی کردند که از مزایای آن یک‌سوکننده و بهبودبخش خواص فیزیکی آب و خاک می‌باشد. کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر مثبت ژئولیت 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 ژئولیت در کشور، طبیعی بودن و عدم وجود آلودگی و سازگاری که با خاک و محیط دارد، کاربرد ژئولیت در سطوح مختلف و باتوجه 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 سوپرچادب‌ها می‌باشد که کاربرد آن در بستر رشد گیاهان می‌تواند سبب جذب و ذخیره آب و در نتیجه 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). برزگر هفشجانی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که گیاه فلفل دلمه‌ای در بستر بنتونیت همراه

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

مواد و روش‌ها

معرفی گونه مورد مطالعه

شیدر سفید (*T. repens*) گیاهی چندساله، علفی با ساقه‌های خوابیده و خزنده است که جزو مغذی‌ترین و خوشخوراک‌ترین گیاهان خانواده پروانه‌آسا به‌شمار می‌رود. مقیمی (۲۰۰۵) شیدر سفید را گونه‌ای مرغوب و باارزش مراتع بیلاقی به‌ویژه چمنزارها معرفی می‌کند که می‌تواند به‌صورت چراگاه‌های دست‌کاشت و سیلو مورد استفاده دام قرار گیرد. این گیاه از استعداد سازگاری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و از بردباری و مقاومت بیشتری نسبت به بسیاری از شیدرها برخوردار می‌باشد. گیاهی نورپسند است که رسیدن نور به قسمت‌های زیرین سبب افزایش فراوانی و تراکم آن می‌گردد. برای کشت مخلوط با گندمیان نیز

با خاک اره 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 مراتع و دیم‌زارهای کم‌بازده و رهاشده از آن‌ها نیز استفاده نمود (۱). ۲، ۳، ۴، ۶، ۷، ۳۰، ۳۱ و ۳۲. نانوکودها به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند و کارآمدتر از کودهای شیمیایی معمولی می‌باشند (۴۱). کاربرد کودهای شیمیایی معمولی در کشور به‌عنوان 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 نانوکلات پتاسیم را به‌عنوان روشی برای کاهش یا حذف استفاده از کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر پیشنهاد داده‌اند. نانوکلات پتاسیم باعث افزایش جذب عناصر ریزمغذی و تجمع نیترات در کشت گیاهان می‌شود. براساس نتایج زاهدی‌فر و ظهراپی (۲۰۱۶) نیز نانوکلات پتاسیم با نقش کلیدی که به‌صورت 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 تنش خشکی نتیجه گرفتند که بیشترین میزان درصد روغن دانه، وزن هزاردانه 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 تنش خشکی می‌شود و در نتیجه عملکرد گیاه را هشت درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. برات‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) اثر نانوکلات پتاسیم، اسید آسکوربیک و نانوکلات پتاسیم + اسید آسکوربیک بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی را در سه سطح صفر، ۲ و ۴ لیتر در هکتار نانوکلات پتاسیم و صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مورد بررسی قرار داده و

توصیه می‌شود.

جدول ۱: خصوصیات خاک منطقه

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

تیمارها شامل ژئولیت و بنتونیت در سطوح صفر، ۲، ۴ و ۶ گرم در کیلوگرم (۱۱) و نانوکلات پتاسیم در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۲۷) و تیمار ترکیبی نانوکلات پتاسیم ۳۰ + ژئولیت ۲، نانوکلات پتاسیم ۶۰ + ژئولیت ۴ و نانوکلات پتاسیم ۹۰ + ژئولیت ۶ بودند که هر کدام جداگانه با ترازوی دیجیتال وزن شده و با خاک مخلوط شده و به گلدان‌ها اضافه شدند. بعد از آماده‌سازی گلدان‌ها و افزودن تیمارها، بذرها، بذرها، شبدر سفید در عمق مناسب خاک در هر گلدان به تعداد ۲۰ عدد کشت شدند. بذرها قبل از شروع آزمایش با محلول هیپوکلرید سدیم ضدعفونی شده و بعد از ضدعفونی با آب مقطر شسته شد (۳۳). در هر تیمار سطح صفر درصد به‌عنوان 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 الکتروولت، شاخص پایداری غشا و محتوای نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. وزن‌های 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 خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شدند. حجم ریشه از روی جابجا شدن آن پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها در آب توسط یک استوانه مدرج ۱۰۰۰ سی‌سی اندازه‌گیری شد (۳۲). درصد استقرار بر اساس شمارش پایه‌های مستقر شده و رشد کرده محاسبه شد. برای قرائت شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل سنج مدل SPAD استفاده شد. به‌منظور محاسبه محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content (RWC))، به‌طور تصادفی ۵ برگ تازه گیاه انتخاب و وزن شدند (FW) و در آب مقطر در محل تاریک در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت دوباره وزن شد (TW) و سپس وزن خشک این برگ‌ها پس از قرار دادن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد.

برای انجام این تحقیق بذرها، شبدر سفید در اوایل تیرماه از مراتع منطقه فندقلوی اردبیل جمع‌آوری شدند. از آنجا که بذر شبدر سفید دارای دوره پس‌رسی می‌باشد، قبل از شروع مطالعه برای غلبه بر دوره پس‌رسی، بر روی بذرها پیش‌تیمارهای مختلفی مانند اسید سولفوریک، نیترات پتاسیم، جیبرلیک اسید (با غلظت‌های معین) و همچنین سرمادهی اعمال شد که نتایج نشان داد که پیش‌سرمادهی مرطوب بیشترین تأثیر را بر جوانه‌زنی 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 به‌صورت 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 جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق غالب ریشه‌دوانی گیاهان مرتعی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به‌دلیل فعالیت ارگانسیم‌های خاک‌زی در این عمق، برداشت شدند (۳۴). در گام بعد نمونه‌ها با هم ترکیب شد و سپس با استفاده از الک ۴ میلی‌متری قطعات ریشه و سنگ و سنگریزه از خاک مورد نظر جدا شده و خاک به‌صورت 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. تسهیل‌گر ژئولیت و بنتونیت با قطر تقریبی ۳ میلی‌متر از شرکت زمین‌کاو 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.

که در آن؛ EL: درصد نشت الکترولیت، CSI: شاخص پایداری غشا، EC₁: نشت الکتریکی اولیه و EC₂: نشت الکتریکی ثانویه می‌باشند.

تجزیه و تحلیل آماری

در پایان دوره رشد گیاهان، به منظور بررسی تأثیر تسهیل‌گرها بر خصوصیات رشد گیاه مورد مطالعه، 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 چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

تأثیر تسهیل‌گرهای مورد استفاده بر ویژگی‌های

مورفولوژیکی گونه *T. repens*

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد استفاده (ژئولیت، بنتونیت، نانوکلات پتاسیم و ترکیب نانوکلات پتاسیم + ژئولیت) 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 مورد مطالعه 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 الکترولیت ۵ نمونه برگ طوقه از گیاه مربوط به هر تیمار انتخاب و به‌طور جداگانه در فالكون ۲۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطر قرار داده و در آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC₁). به منظور اندازه‌گیری میزان کل الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، فالكون‌ها 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 (EC₂). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها از رابطه (۲) محاسبه شد. همچنین شاخص پایداری غشاء (Curtain Stability Index) از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های 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	متغییر
۱/۰۸۳ ^{ns}	۱۴/۷۷۰ ۱۳/۶۳۵	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)
۱۱/۵۳۰ ^{**}	۶۵۷/۸۵۳ ۵۷/۰۵۶	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	وزن تر اندام هوایی (گرم)
۳/۷۳۵*	۲۴/۰۹۴ ۶/۴۵۱	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۸/۹۸۳ ^{**}	۲۸۸/۶۴۷ ۳۲/۱۳۲	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	وزن تر ریشه (گرم)
۱۰/۷۲۷ ^{**}	۴۶/۹۷۳ ۴/۳۷۹	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	وزن خشک ریشه (گرم)
۲/۴۴۸*	۵/۱۷۳ ۲/۱۲۲	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	طول ریشه (سانتی‌متر)
۲/۳۹۲*	۱۷۰/۱۹۲ ۷۱/۱۵۴	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	حجم ریشه (میلی‌لیتر)
۲/۶۱۴*	۹۷/۰۴۰ ۳۷/۱۲۳	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	سطح ریشه (سانتی‌مترمربع)
۲/۶۱۵*	۵۳۰/۴۸۴ ۲۰۲/۸۴۹	۱۲ ۲۶	بین گروهها (اثر تیمار) درون گروهها (اثر خطا)	درصد استقرار (/)

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

نانوکلات پتاسیم 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 نانوکلات پتاسیم 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، نانوکلات پتاسیم ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، نانوکلات پتاسیم 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 نانوکلات پتاسیم + 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 گرم) با ۳۶/۰۵ درصد افزایش نسبت به شاهد، سطح ریشه (۶۱/۴۴ سانتی‌مترمربع) با ۲۴/۲۷ درصد افزایش نسبت به شاهد و حجم ریشه (۵۰/۰۰ میلی‌لیتر) گیاه با ۳۲/۷۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار نانوکلات پتاسیم 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 مورد مطالعه بر خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید

تیمارها	وزن تر (گرم در گلدان)	وزن خشک (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
شاهد	۵۳/۸۱ ^c	۱۹/۷۲ ^{bc}	۳۴/۶۷ ^c	۱۴/۵۲ ^{cde}
زنولیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۵۶/۸۳ ^c	۱۸/۶۶ ^{bc}	۲۹/۲۷ ^{cd}	۱۴/۳۸ ^{cde}
زنولیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۵۴/۲۳ ^c	۲۲/۵۶ ^b	۳۰/۳۰ ^c	۱۴/۲۱ ^{cde}
زنولیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۴۶/۴۴ ^{cd}	۲۱/۹۲ ^b	۳۵/۷۰ ^c	۱۳/۱۵ ^{cde}
بنتونیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۷۱/۹۵ ^b	۲۶/۵۶ ^a	۴۸/۰۰ ^{ab}	۱۵/۷۱ ^{bcd}
بنتونیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۷۸/۷۷ ^{ab}	۲۵/۷۴ ^a	۳۵/۲۳ ^c	۱۳/۸۰ ^{cde}
بنتونیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۷۱/۳۸ ^b	۲۱/۲۸ ^b	۳۹/۳۰ ^b	۱۵/۰۹ ^{bcd}
نانوکلات پتاسیم ۳۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۵۴/۸۳ ^c	۲۲/۷۸ ^b	۴۸/۲۵ ^{ab}	۱۷/۳۳ ^{bc}
نانوکلات پتاسیم ۶۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۶۸/۸۳ ^b	۲۲/۳۳ ^b	۳۷/۳۳ ^c	۱۵/۸۵ ^{bcd}
نانوکلات پتاسیم ۹۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۸۵/۸۸ ^a	۲۷/۰۰ ^a	۵۰/۴۳ ^a	۲۵/۲۱ ^a
نانوکلات پتاسیم ۳۰ + زنولیت ۲	۴۱/۸۶ ^d	۱۹/۷۵ ^{bc}	۳۹/۱۷ ^{cd}	۱۰/۷۱ ^e
نانوکلات پتاسیم ۶۰ + زنولیت ۴	۵۶/۵۴ ^c	۲۳/۷۱ ^{ab}	۵۶/۴۸ ^a	۲۲/۷۳ ^a
نانوکلات پتاسیم ۹۰ + زنولیت ۶	۸۸/۵۹ ^a	۲۶/۸۳ ^a	۵۵/۶۷ ^a	۱۸/۶۶ ^b

ادامه جدول ۳

تیمارها	طول ریشه (سانتی متر)	حجم ریشه (میلی لیتر در گلدان)	سطح ریشه (سانتی متر مربع)	درصد استقرار
شاهد	۲۵/۰۰ ^a	۳۱/۶۷ ^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)	۳۳/۳۳ ^{ab}	۳۰/۰۰ ^c	۴۶/۴۸ ^c	۵۷/۷۸ ^b
زنولیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۳۳ ^a	۳۸/۳۳ ^{bc}	۵۴/۹۱ ^{ab}	۳۷/۷۸ ^d
بنتونیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۲۲/۰۰ ^c	۴۳/۳۳ ^{ab}	۵۴/۵۷ ^{ab}	۴۲/۲۳ ^c
بنتونیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۲۴/۱۷ ^a	۳۳/۳۳ ^c	۵۰/۱۱ ^{ab}	۷۵/۵۶ ^a
بنتونیت ۶ (گرم بر کیلوگرم)	۲۴/۵۰ ^a	۳۶/۶۷ ^{bc}	۵۳/۰۱ ^{ab}	۵۷/۷۸ ^b
نانوکلات پتاسیم ۳۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۰۰ ^a	۴۶/۶۷ ^{ab}	۶۰/۴۳ ^a	۵۱/۱۱ ^{bc}
نانوکلات پتاسیم ۶۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۳/۸۳ ^{ab}	۳۶/۶۷ ^{bc}	۵۲/۳۵ ^{ab}	۶۲/۱۲ ^b
نانوکلات پتاسیم ۹۰ (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۵۰ ^a	۴۵/۰۰ ^{ab}	۵۹/۲۵ ^a	۴۶/۶۷ ^c
نانوکلات پتاسیم ۳۰ + زنولیت ۲	۲۲/۶۷ ^c	۲۶/۶۷ ^d	۴۳/۳۵ ^c	۵۵/۵۶ ^b
نانوکلات پتاسیم ۶۰ + زنولیت ۴	۲۱/۳۳ ^c	۴۰/۰۰ ^b	۵۱/۵۳ ^{ab}	۳۵/۵۶ ^d
نانوکلات پتاسیم ۹۰ + زنولیت ۶	۲۴/۱۷ ^a	۵۰/۰۰ ^a	۶۱/۴۴ ^a	۳۵/۵۶ ^d

و ترکیب نانوکلات پتاسیم 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 فیزیولوژیکی گونه *T. repens* نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد استفاده (زنولیت، بنتونیت، نانوکلات پتاسیم

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

متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
شاخص کلروفیل SPAD	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۱۲	۶/۸۲۷	۱/۹۷۳*
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۶	۳/۴۶۰	
محتوای نسبی آب برگ	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۱۲	۳۰۴/۵۰۷	۱/۲۴۸ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۶	۲۴۴/۰۶۶	
درصد نشت الکتروولیت	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۱۲	۴۶/۱۴۷	۱/۴۶۳ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۶	۳۱/۵۶۱	
شاخص پایداری غشا	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۱۲	۵۳/۴۵۴	۱/۷۸۰ ^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۶	۳۰/۰۳۵	

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 پتاسیم ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار را با ۸/۷۱ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد. با افزایش غلظت نانوکلات پتاسیم 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 الکترولیت (%)	شاخص پایداری غشا (%)
شاهد	۴۲/۸۰ ^{bc}	۷۱/۴۱ ^b	۱۹/۸۵ ^{ab}	۸۰/۱۴ ^{ab}
زنولیت ۲ (گرم بر کیلوگرم)	۴۲/۳۳ ^{bc}	۷۳/۰۹ ^{ab}	۲۸/۰۵ ^a	۷۱/۹۴ ^b
زنولیت ۴ (گرم بر کیلوگرم)	۴۲/۳۳ ^{bc}	۷۴/۹۸ ^{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
نانوکلات پتاسیم ۳۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۶/۵۳ ^a	۶۷/۶۷ ^b	۱۷/۳۸ ^{ab}	۸۲/۲۸ ^a
نانوکلات پتاسیم ۶۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۵/۵۷ ^a	۷۵/۳۴ ^{ab}	۱۷/۷۱ ^{ab}	۸۲/۲۸ ^a
نانوکلات پتاسیم ۹۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۳/۶۰ ^{abc}	۷۶/۹۷ ^{ab}	۲۰/۳۶ ^{ab}	۷۹/۳۰ ^{ab}
نانوکلات پتاسیم ۳۰ + زنولیت ۲	۴۲/۰۷ ^{bc}	۶۳/۷۴ ^b	۱۵/۴۶ ^b	۸۴/۵۳ ^a
نانوکلات پتاسیم ۶۰ + زنولیت ۴	۴۳/۰۳ ^{abc}	۷۵/۷۲ ^{ab}	۲۲/۴۹ ^{ab}	۷۴/۱۷ ^b
نانوکلات پتاسیم ۹۰ + زنولیت ۶	۴۴/۶۷ ^a	۷۲/۱۴ ^b	۲۵/۵۲ ^{ab}	۷۴/۴۷ ^b

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 سوپرجاذب 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 مورد مطالعه گونه‌های مرتعی *Cymbopogon oliveri*، *Medicago scutellata* و *Medicago sativa* مانند تعداد پایه‌های باقی‌مانده (زنده‌مانی 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

افزایش عملکرد چغندر قند 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 تهویه 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 در نتیجه 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.

تیمار بنتونیت بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و محتوای 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 می‌تواند نگهداری آب فراوان و بیش از حد نیاز گیاه در بستر و کاهش هوا یا اکسیژن لازم برای تنفس ریشه‌ها باشد. یوسف (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر بنتونیت و زئولیت معدنی بر روی محصول سیب‌زمینی تحت زیرکشت 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 سیب‌زمینی 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) به‌دست آمده است. نتایج مطالعه عقدک و همکاران (۲۰۱۰) در تأثیر افزودن بنتونیت به بسترهای مختلف کاشت بر رشد رویشی و عملکرد لوبیا سبز نشان داد که افزودن ۱۰ درصد بنتونیت به بسترهای سبک پوسته شلتوک و تراشه چوب سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد محصول و در همان حال کاهش هدررفت محلول غذایی شده است. اما تغییر درصد حجمی بنتونیت از ۱۰ به ۲۰ درصد در دو بستر پوسته شلتوک 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 بیرجند شد. می‌توان گفت که افزایش رشد رویشی گیاهان در حضور بنتونیت می‌تواند ناشی از بهبود ویژگی‌های فیزیکی بسترها و در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش آب قابل دسترس گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش تبخیر سطحی بسترها باشد. با این وجود، باتوجه به نتایج سایر محققین به‌نظر می‌رسد درصدهای کمتری از بنتونیت در بهبود رشد و عملکرد گیاهان مؤثرتر باشد.

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

خود نشان دادند. در این ارتباط هامودا و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که سطوح بالاتر نانوکودپتاسیم (۷/۵ میلی گرم در لیتر) بیشترین اثر معنی‌داری را بر رشد، باروری و عملکرد پنبه مصری داشتند. طبق نظر واعظی‌راد و همکاران (۲۰۰۸) بالا بودن شاخص برداشت ناشی از اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی گیاه به تولید دانه و در نتیجه عملکرد اقتصادی می‌باشد. همچنین پتاسیم نفوذ ریشه را افزایش می‌دهد و از این طریق بر تداوم جذب عناصر غذایی و آب اثر می‌گذارد که نتیجه آن افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه خواهد بود.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد اثر تیمار ترکیبی نانوکلات پتاسیم + زئولیت بر روی بیشتر خصوصیات مورفولوژیکی شبدر سفید معنی‌دار بوده و سبب افزایش مولفه‌های رشد گیاه نسبت به شاهد شده است. این نتیجه مطابق با نتیجه اکبری و همکاران (۲۰۱۲) بود که در تحقیقات آنها تفاوت معنی‌داری در تیمار زئولیت توأم با سولفات پتاسیم بر روی گیاه چغندر قند مشاهده شد. بیشترین وزن تر اندام‌های 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. به‌نظر می‌رسد تیمار زئولیت توأم با پتاسیم بر روی ریشه و اندام‌های هوایی گیاه تأثیرگذار می‌باشد چراکه در تحقیق حاضر نیز با افزایش غلظت تیمار (نانوکلات پتاسیم ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم + زئولیت ۶ گرم در کیلوگرم) اثر معنی‌داری 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، نانوکلات پتاسیم و نانوکلات پتاسیم + زئولیت بر روی کلروفیل شبدر سفید تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار نانوکلات پتاسیم (۳۰ میلی‌گرم) مشاهده شد. در مطالعه حاضر تیمار زئولیت به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری 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.

شبدر سفید چه به‌صورت تک‌کشتی و چه در ترکیب با گندمیان برای ایجاد چراگاه 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 به‌دنبال 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: Balekhlh 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: Balekhlhichay 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 Balekhluchay 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. Khoshgoftarmansh & F. Shakeri, 2010. Effects of adding bentonite to different substrates on vegetative growth and yield of snap beans (*Phaseolus 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. Ardeshiri, 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 Phiological 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. Khoshgoftarmansh & 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 Rangeland 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 Egyption Cotton Under Different Planting Dates. *Jurnal of Advanced Reserch in Biological Siences*, 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 nanoprimering and bioprimering 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. Ashtiani, 2006. Physiological and Molecular responses 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 Rangeland 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 Growth and 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-Shahrbabaki, 2015 Effect of Nano Fe-Chelate, Fe-EDDHA and FeSO₄ on Vegetative Growth, Physiological 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. Motamedi, 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, S.H.B.D., 2013. Effect of Bentonite and Zeolite 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