Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891
Online ISSN: 2676-5039

Effects of *Azotobacter* and *Pseudomonas* inoculation in mitigate drought stress effects in *Dactylis glomerata* L.

Mahdieh Ebrahimi*[1], Atefe Faraei[2]

1. Corresponding author; Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: maebrahimi2007@uoz.ac.ir
2. MSc. Student, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 23.01.2022
Revised: 22.04.2022
Accepted: 24.04.2022

Keywords:
Plant growth – promoting bacteria,
Seed germination,
Plant growth,
Nutrient uptake.

Abstract

Background and objectives: One of the main causes of plant growth and development disorders, is the presence of adverse environmental conditions such as drought. It leads to stress in plants and endangers their survival. Recent research recommends the use of soil microorganisms, especially plant growth-promoting bacteria, which are involved in plant growth as well as the nutrient cycle in the soil. Through which the negative effects of environmental stresses are reduced. The present study was conducted to investigate the effect of plant growth promoting bacteria on germination, growth and uptake of some nutrients in *Dactylis glomerata* L. under drought stress.

Methodology: The research was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design. The first factor of biofertilizer application was considered at four levels, the control (C, no biofertilizer was used in this treatment), A = *Azotobacter vinelandii*, P = *Pantoea agglomerans*+*Pseudomonas putida* and A + P (combined use of *Azotobacter* and *Pseudomonas*). The second factor was drought stress, which was considered at three levels and included FC (field capacity), 0.4 field capacity (0.4FC) and 0.7 field capacity (0.7FC). For inoculation of biofertilizers (in powder form), half a gram of each pure fertilizer was dissolved 0.5 Li water and the seeds were impregnated with a solution. To apply drought stresses, soil field capacity was first determined using the weighting method. Then, on the calculated base number for field capacity, the amount of water required to apply drought stress was determined. To measure germination percentage and rate, seedlings were counted daily. Plant species were harvested after 90 days. Stem and root length, plant dry weight and uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, iron, manganese by the plant were measured. Multivariate analysis of variance was analyzed using SPSS software. Duncan test (5% level) was used to compare the means.

Results: The results showed that the highest and lowest germination were related to treatment A at the level of 0.7FC and control treatment at 0.7FC, respectively. A+P treatment compared to the application of fertilizers had less effect on reducing drought stress on the plant germination. The maximum stem and root length and plant dry weight were related to *Aztobacter* treatment at 0.4 stress. While P treatment at 0.4 stress had the lowest root and stem length and plant dry weight. Maximum potassium uptake by the plant was measured in treatment A under FC

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

conditions and the highest amount of iron and zinc in *Pseudomonas* application was measured at 0.7FC. A+P treatment at 0.4 stress showed the lowest absorption of iron, zinc and manganese. In general, the results showed that the use of *Azotobacter* is more effective in reduction of drought stress in *D. glomerata* L. compared to *Pseudomonas*. Also, separate use of the bio-fertilizers has a greater effect on reducing the effects of drought stress on the plant compared to combination treatments.

Conclusion: In general, drought stress significantly reduced the growth of *D. glomerata* L. The use of growth-promoting bacteria by reducing the negative effects of drought improved growth and plant establishment in drought stress conditions. *Azotobacter* increased germination, plant dry weight, root and stem length. *Pseudomonas* also reduced the effect of drought stress on plant growth. Compared to *Azotobacter*, application of *Pseudomonas* had less effect on reducing the effects of drought on plant growth. In order to improve the growth and yield of the plant in dry conditions, inoculation of seeds of this plant with *Azotobacter* is recommended.

Cite this article: Ebrahimi, M. Faraei, A., 2022. Effects of *Azotobacter* and *Pseudomonas* inoculation in mitigate drought stress effects in *Dactylis glomerata* L. Journal of Rangeland, 16(1): 379-395.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تاثیر تلقیح ازتوباکتر و سودوموناس در کاهش اثرات تنش خشکی در *Dactylis glomerata* L.

مهدیه ابراهیمی*[1]، عاطفه فرایی[2]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: maebrahimi2007@uoz.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۱/۰۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

واژه‌های کلیدی:
باکتری‌های محرک رشد گیاه،
جوانه‌زنی بذر،
رشد گیاه،
جذب عناصر مغذی.

چکیده

سابقه و هدف: یکی از دلایل عمده اختلال در رشد و نمو گیاهان وجود شرایط نامطلوب محیطی مانند خشکسالی است که منجربه بروز تنش در گیاهان شده و بقای آن‌ها را دچار مخاطره می‌سازد. این درحالی است که تحقیقات نوین بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌های خاکزی به‌خصوص باکتری‌های محرک رشد گیاه را که در رشد گیاهان و همچنین چرخه عناصر غذایی درخاک دخالت دارند را به‌منظور کاهش آثار منفی تنش‌های محیطی توصیه می‌کند. تحقیق حاضر به‌منظور مطالعه تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر جوانه‌زنی، رشد و جذب برخی عناصر غذایی در *Dactylis glomerata* L. در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها: تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام شد. فاکتور اول کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح در نظر گرفته شد که عبارت بودند از: کنترل (C، هیچ کود زیستی در این تیمار استفاده نشد)، A=*Azotobacter vinelandii*، P= *Pantoea agglomerans+Pseudomonas putida* و A+P (کاربرد ترکیبی ازتوباکتر و سودوموناس). فاکتور دوم تنش خشکی بود که در سه سطح در نظر گرفته شد و شامل FC (ظرفیت زراعی)، ۰/۴ ظرفیت زراعی (۰/۴FC) و ۰/۷ ظرفیت زراعی (۰/۷FC) بود. برای تلقیح کودهای زیستی (به‌صورت پودر) مقدار نیم گرم از هر کود خالص در نیم لیتر آب حل شد و بذرها با محلول آغشته گردید. برای اعمال تنش‌های خشکی ابتدا ظرفیت زراعی خاک با استفاده از روش وزنی تعیین شد. سپس براساس عدد پایه محاسبه شده برای ظرفیت زراعی مقدار آب لازم برای اعمال تنش‌های خشکی محاسبه شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی، شمارش نهال‌ها به‌صورت روزانه انجام شد. گونه‌های گیاهی بعد از ۹۰ روز برداشت شدند. طول ساقه و ریشه، وزن خشک زیست توده گیاهی و مقدار جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز توسط گیاه اندازه‌گیری گردید. مورد تجزیه واریانس چندطرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (سطح ۵ درصد) استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین جوانه‌زنی به‌ترتیب، مربوط به تیمار A در سطح ۰/۷FC و تیمار کنترل در ۰/۷FC بود. تیمار A+P در مقایسه با کاربرد جداگانه کودهای زیستی تاثیر کمتری در کاهش تنش خشکی بر جوانه‌زنی گیاه داشت. حداکثر طول ساقه و ریشه و وزن خشک گیاه مربوط به تیمار ازتوباکتر در تنش ۰/۴ بود. درحالی که تیمار P در تنش ۰/۴ کم‌ترین طول ریشه و ساقه و وزن خشک گیاه را داشت. حداکثر جذب پتاسیم توسط گیاه در تیمار A در شرایط FC و بیشترین مقدار آهن و روی در کاربرد سودوموناس در تنش ۰/۷ اندازه‌گیری شد. تیمار A+P در تنش ۰/۴ کمترین جذب آهن، روی و منگنز را نشان دادند. نتایج نشان داد کاربرد ازتوباکتر در مقایسه با سودوموناس در کاهش تنش خشکی در گیاه موثرتر است. همچنین استفاده جداگانه از کودهای زیستی مورد مطالعه در مقایسه با تیمارهای ترکیبی تاثیر بیشتری در کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه داشت.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی بروز تنش خشکی، رشد *D. glomerata* L. را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. کاربرد باکتری‌های محرک رشد با کاهش اثرات منفی تنش خشکی باعث بهبود رشد گیاه در شرایط تنش خشکی شدند. ازتوباکتر باعث افزایش جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، افزایش طول ریشه و ساقه گیاه شد. باکتری سودوموناس نیز باعث کاهش تاثیر تنش خشکی بر رشد گیاه شد، هرچند که در مقایسه با ازتوباکتر تاثیر سودوموناس در کاهش اثرات تنش خشکی بر رشد گیاه کمتر بود. لذا باتوجه به این نتایج به منظور بهبود رشد و عملکرد گیاه در شرایط خشکی تلقیح بذر این گیاه با ازتوباکتر توصیه می‌شود.

استناد: ابراهیمی، م.، ع. فرایی، ۱۴۰۱. تاثیر تلقیح ازتوباکتر و سودوموناس در کاهش اثرات تنش خشکی. مرتع، ۱۶(۲): ۳۷۹-۳۹۵.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

مقدمه

تاثیر نامناسب یک یا تعدادی از عوامل محیطی و زیستی روند فرایندهای فیزیولوژیکی را تغییر داده و منجربه ایجاد تنش می‌شود. به عبارت دیگر تنش شامل قرار گرفتن ارگانیسم تحت تاثیر شدتی از یک عامل محیطی است که موجب افت ظاهری، بازده و یا ارزش آن می‌شود (۲۷). اما خشکی یک واژه‌ی اقلیمی است و معمولا به دوره‌ای از زمان اطلاق می‌گردد که بارش قابل ملاحظه‌ای در طول آن دوره رخ نداده باشد و این کاهش در مقدار بارش منجربه کمبود آب و بروز تنش خشکی می‌شود. تنش خشکی یکی از بارزترین تنش‌های محیطی است که تولید گیاهان را بیش از سایر تنش‌های زیستی و غیرزیستی کاهش می‌دهد (۱۳). از مهم‌ترین اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌توان به کاهش تقسیم و توسعه سلولی (۶)، کاهش اندازه برگ، طویل شدن ساقه و کاهش راندمان آب اشاره نمود (۴۸). بنابراین تأمین آب کافی برای رشد گیاه قبل از وقوع اثرات نامطلوب تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، بسیار مهم است (۲۲). لازم به ذکر است که امروزه به‌کارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی، به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک مطرح می‌باشد. علاوه‌بر این، تامین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود وضعیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شود (۳۳).

باکتری‌های مفید ریزوسفری را اغلب باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant Growth-Promoting Bacteria) می‌نامند (۵۵). کاربرد این باکتری‌ها نه تنها کم هزینه و اقتصادی است بلکه در افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش غیرزنده نیز موثر می‌باشند (۲۳). این میکروارگانیسم‌ها علاوه‌بر مهار عوامل بیماری‌زا و افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک (۱۰) و محلول کردن فسفر، پتاسیم و تثبیت نیتروژن با تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند و سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شوند (۳۳). هم‌چنین این باکتری‌ها پتانسیل بالایی برای تعدیل و تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه در برابر تنش خشکی داشته و به‌همین دلیل سبب افزایش بقای گیاه تحت شرایط سخت و متنوع محیطی می‌شوند (۱۹). از باکتری‌های محرک رشد گیاهان می‌توان به *Pseudomonas* spp و *Azotobacter* spp اشاره نمود (۱۵). *Pseudomonas* spp به شوری، خشکی و حرارت بالا مقاوم است و باعث اصلاح خاک و بهبود رشد گیاه می‌شود (۲۵). *Azotobacter* spp باعث افزایش تثبیت نیتروژن، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تسریع جوانه‌زنی بذر و زنده‌مانی گیاه می‌شود (۱۶). از مکانیسم‌های احتمالی افزایش تحمل به خشکی در گیاهان باکتریایی می‌توان به افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها (۵۲)، افزایش جذب آب در شرایط رطوبتی کم به‌دلیل گسترش ریشه‌ها (۱۸)، ایجاد تعادل اسمزی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، تجمع کربوهیدرات‌ها و پرولین و افزایش جذب عناصر غذایی اشاره کرد (۱۹ و ۲۵). در زمینه تاثیرات کودهای زیستی در کاهش اثرات خشکی بر گیاهان مطالعات متعددی انجام شده است. به‌طور مثال دلشادی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه تاثیر ازتوباکتر و سودوموناس در کاهش تنش خشکی بر روی گیاه *Onobrychis sativa* L. گزارش کردند که ازتوباکتر در مقایسه با سودوموناس در کاهش تاثیر تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی، زیست توده خشک و جذب عناصر مغذی کارایی بیشتری دارد. همچنین ترکیب این دو کود زیستی در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها تاثیر ناچیزی در کاهش تنش خشکی بر صفات ذکر شده گیاه دارد (۲۰). ثابتی و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر میکروارگانیسم‌های ازسپیریلوم (Azospirillium)، ازتوباکتر، سودوموناس، باسیلوس (Bacillus)، سراتیا (Serratia)، پانیباسیلوس (Paenibacillus) و کلبسیلا (Klebsiella) بر جوانه‌زنی و رشد *Astragalus caragana* در شرایط تنش خشکی را بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که اعمال این تیمارها بر افزایش ارتفاع ساقه، وزن جنینی و وزن تازه گیاهچه و وزن خشک گیاه در شرایط تنش خشکی تاثیر معنی‌داری داشت (۴۲). همچنین عبدلال و همکاران (۲۰۲۱) نقش باکتری‌های ریزوبیوم، ازتوباکتر، سودوموناس و ازسپیریلوم را در کاهش اثرات منفی خشکسالی بر گیاه جو را مطالعه کردند و بیان نمودند که باکتری‌های مورد مطالعه بر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه تأثیر مثبت گذاشتند و منجربه افزایش تعداد برگ، عملکرد قند، مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی و اسید اسکوربیک در گیاه شدند (۲).

باتوجه به این که خشکی یکی از فاکتورهای محیطی خیلی مهم در کاهش عملکرد گیاهان در سرتاسر دنیا است بنابراین لازم است تاثیر باکتری‌های محرک رشد در افزایش مقاومت به تنش‌های غیرزنده مانند خشکی به‌منظور بالا بردن راندمان گیاه برای تأمین آب مورد بررسی قرار گیرد. هدف مطالعه حاضر تعیین اثر باکتری‌های محرک رشد بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و جذب عناصر غذایی گونه *Dactylis glomerata* L. (علف باغ) در شرایط تنش خشکی بود تا مشخص شود آیا استفاده از کودهای زیستی در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه علف باغ تاثیر دارد؟ در این مطالعه فرض شد ۱) دو کود زیستی *A. vinelandii* strain O4 و *P. agglomerans* strain P5+ *P. putida* strain P13 در کاهش تاثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، رشد و جذب عناصر غذایی در گیاه علف باغ تاثیر یکسان دارند. ۲) استفاده جداگانه از کودهای زیستی در مقایسه با کاربرد ترکیبی آنها کارایی بیشتری دارد.

مواد و روش‌ها

گیاه مورد مطالعه

علف باغ (*D. glomerata* L.) گیاهی چمنی چندساله و انبوه است که متعلق به خانواده *Poaceae* می‌باشد. این گیاه داری ساقه‌های زیرزمینی است. ساقه‌های ماشوره‌ای آن افراشته یا خمیده به ارتفاع ۸۰ تا تقریبا ۱۴۰ سانتی‌متر هستند که کمی زبر یا صاف و بدون کرک می‌باشند. برگ‌ها دارای پهنک تخت بوده و گل آذین پانیکول یک‌طرفه است (۳۸). این گیاه علوفه‌ای بسیار مرغوب با شکل رویشی پرپشت است که انتشار گسترده‌ای در مراتع ییلاقی و کوهستانی دارد (۳۹) در ایران در مراتع استان‌های شمالی، سلسله کوه‌های البرز و زاگرس پراکنش دارد (۳۱). این گونه به سرما و یخبندان نسبتا مقاوم است، اما وقوع سرمای مداوم در فصل زمستان موجب نابودی گیاه می‌شود. ریشه ضخیم گیاه با توجه به بافت و عمق خاک می‌تواند به حالت عمودی و افقی گسترده شود. چرای دائمی باعث آسیب جدی به گیاه می‌شود اما چرای بسیار سبک هم باعث خشبی شدن آن می‌شود (۳۸).

آماده کردن خاک و کشت گیاه

مطالعه حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی (سه تکرار) اجرا شد. در ابتدا برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد. در این مطالعه بافت خاک با روش هیدرومتری (۱۷)، pH با روش گل اشباع (۵۱) با دستگاه pHمتر و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) به‌وسیله ECمتر (۴۴) اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل خاک با استفاده از روش کجلدال (۲۹)، فسفر قابل دسترس با روش اولسن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (۱۲)، پتاسیم قابل دسترس با دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد (۵۰). ماده آلی خاک با روش والکی- بلاک (۳) اندازه‌گیری شد. فاکتور اول کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح در نظر گرفته شد که عبارت بودند از: کنترل (C، هیچ کود زیستی در این تیمار استفاده نشد)، A=*A. vinelandii*، P= *P. agglomerans* + *P. putida* و A+P (کاربرد ترکیبی ازتوباکتر و سودوموناس). فاکتور دوم تنش خشکی بود که در سه سطح (۱۹ تیمار) در نظر گرفته شد و شامل FC (ظرفیت زراعی = Field Capacity)، ۰/۴ ظرفیت زراعی (۰/۴FC) و ۰/۷ ظرفیت زراعی (۰/۷FC) بود.

نمونه‌های خاک برای انجام کارهای آزمایشگاهی از الک ۲ میلی‌متری و برای کشت گلدانی از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شدند (۱۹). آزمایشات مربوطه در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل انجام شد. کشت در گلخانه با شرایط دمایی حداقل ۱۰ و حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. داخل هر گلدان ۲ کیلوگرم خاک ریخته شد و گلدان‌ها تاحد کاملاً اشباع با آب مقطر آبیاری شدند. کف گلدان‌ها به‌وسیله پارچه‌ای نازک پوشانده شد. این کار جهت جلوگیری از آبشویی کودهای زیستی و نفوذ ریشه گیاه به خاک انجام شد. در هر گلدان تعداد ۱۵ بذر در عمق یک سانتی‌متری خاک کاشته شد و تا زمان جوانه‌زنی گلدان‌ها روزانه و به میزان مساوی آبیاری شدند. بذرها (قوه نامیه ۹۰ درصد) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. برای تلقیح کودهای زیستی مقدار نیم گرم از هر کود زیستی خالص در نیم لیتر آب حل شد و بذرها با محلول آغشته گردید (۱۹). مایه تلقیح ازتوباکتر به‌صورت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

پودری هر گرم حاوی ۱×۱۰^۸ باکتری خالص زنده و فعال بود. مایه تلقیح سودوموناس به‌صورت پودری با جمعیت تقریبی هر گرم ۱×۱۰^۸ باکتری زنده و فعال بود. کودهای زیستی از شرکت زیست فن‌آور سبز تهیه شد. برای اعمال تنش‌های خشکی ابتدا ظرفیت زراعی خاک با استفاده از روش وزنی تعیین شد (۲۱). سپس براساس عدد پایه محاسبه شده برای ظرفیت زراعی مقدار آب لازم برای اعمال تنش‌های خشکی (۰/۴و ۰/۷ ظرفیت زارعی) محاسبه شد (۵۴). بدین منظور ابتدا دو کیلوگرم خاک خشک هر گلدان پس از توزین (W1) با آب اشباع گردید، به‌طوری که آب اضافه به‌صورت ثقلی از گلدان ها خارج شد. گلدان‌ها بعد از آبیاری با نایلون پوشانده شدند تا آب تبخیر نگردد و حدود ۴۸ ساعت در گلخانه با شرایط مرطوب قرار داده شدند تا تمام آب اضافی از گلدان‌ها خارج شود (۸). در ادامه خاک اشباع شدهٔ گلدان‌ها وزن شد (W2) .تفاوت وزن W2 و W1 مقدار آب مورد نیاز برای اشباع خاک می‌باشد که به‌عنوان ظرفیت زراعی (۱۰۰ درصد) درنظر گرفته شد. مقدار آبیاری هر گلدان در هر بار، برای هر یک از سطوح تنش از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد (۵۴):

رابطه (۱) $0.4FC=0.4\times(W2-W1)$

رابطه (۲) $0.7FC=0.7\times(W2-W1)$

جوانه‌زنی بذر

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، شمارش نهال‌ها به‌صورت روزانه انجام شد. درصد جوانه‌زنی نهایی عبارت است از تعداد بذرهایی که در هر گلدان جوانه زدند. سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۳ محاسبه شد (۳۸).

رابطه (۳) $GR = (Ni/Ti)$

در این رابطه GR (Germination Rate) سرعت جوانه‌زنی (برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز)، Ni نشان‌دهنده تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز و Ti تعداد روزها از زمان کشت بذرها است. پس از گذشت ۱۴ روز، گیاهان تنک شدند و در هر گلدان ۹ بوته گیاه باقی ماند. گونه‌های گیاهی بعد از رسیدن به حد نساب رشد (بعد از۹۰ روز) برداشت شدند. ریشه‌های نهال‌ها برای حذف ذرات خاک با آب مقطر شسته شدند. طول ساقه و ریشه (توسط خط‌کش)، وزن خشک زیست توده گیاهی (با استفاده از ترازوی دیجیتال بادقت ۰/۰۰۱ گرم) و مقدار جذب برخی عناصر ماکرو (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) و میکرو (روی، آهن، منگنز) توسط گیاه اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین وزن خشک ریشه و ساقه گیاه، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

تعیین جذب عناصر مغذی

برای اندازه‌گیری مقدار جذب عناصر توسط گیاه ابتدا عصاره گیاهی به روش هضم تر (۱۹) تهیه شد. سپس میزان نیتروژن با روش تیتراسیون، به‌وسیله دستگاه کجلدال، فسفر با استفاده از روش کلرومتریک با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (۴۳). مقادیر روی، آهن و منگنز به‌وسیله ICP/OES اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر پایه آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (آزمون Kolmogorov-Smironv) و همگنی واریانس‌ها (آزمون Levene)، به‌منظور بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها، داده‌ها مورد تجزیه واریانس چندطرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (سطح ۵ درصد) استفاده شد.

نتایج

تاثیر کودهای زیستی بر جوانه‌زنی

خاک مورد استفاده در این مطالعه دارای بافت شنی لومی رسی با pH ۴/۷۰ و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) ۰/۲۰ دیسی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود. نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب ۰/۲۳ درصد، ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۶۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. ماده آلی خاک نیز ۱/۹۰ درصد بود.

آنالیز واریانس داده‌ها (جدول۱) نشان داد که اثرات اصلی کودهای زیستی و همچنین اثرات متقابل تنش‌های خشکی و کود زیستی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بودند ($p<0.01$). مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی نشان داد که کمترین سرعت جوانه‌زنی (۱۶/۲۰ بذر در روز) مربوط به تیمار ۰/۴FC بود. بیشترین سرعت جوانه‌زنی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

(۲۳/۱۰ بذر در روز) در تیمار FC اندازه‌گیری شد. مشابه این نتیجه برای درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات اصلی کودهای زیستی (جدول۲) نشان داد که بیشترین سرعت (۲۷/۷۶ بذر در روز) و درصد جوانه‌زنی (۹۲/۲۲ درصد) مربوط به تیمارA بود درحالی‌که کمترین سرعت (۱۶/۷۰ بذر در روز) و درصد جوانه‌زنی (۶۴/۱۲ درصد) مربوط به تیمار کنترل بود. سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور در تیمارهای A و P تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0.01$). لازم به ذکر است که در تیمارهای ترکیبی A+P درمقایسه با استفاده از کودهای زیستی به‌صورت جداگانه جوانه‌زنی گیاه کاهش معنی‌داری داشت ($p>0.01$).

مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی (جدول۲) نشان داد حداکثر سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاه مربوط به تیمارهای A+۰/۷FC بود. کمترین سرعت و درصد جوانه‌زنی هم درتیمار C+۰/۷FC اندازه‌گیری شد که نشان می‌دهد استفاده از تیمار A به‌طور معنی‌داری ($p<0.01$) باعث کاهش تاثیر تنش خشکی درگیاه شده است، به‌طوری که استفاده از تیمار A در کاهش تنش خشکی در جوانه‌زنی *D. glomerata* L. موثرتر از تیمار P و تیمار A+P بود و فرضیه اول این تحقیق مبنی بر تاثیر یکسان دو کود زیستی بر کاهش اثرات تنش خشکی را رد می‌کند. هرچند تیمار A+P در مقایسه با کاربرد کودهای زیستی به‌صورت جداگانه تاثیر کمتری در کاهش تنش خشکی بر جوانه‌زنی گیاه داشت و فرضیه دوم تحقیق را ثابت می‌کند اما جوانه‌زنی گیاه در ترکیب A+P در تنش خشکی ۰/۴ FC در مقایسه با تیمار C+۰/۴FC افزایش معنی‌دار داشت ($p>0.01$). مشابه این نتیجه در تیمار A+P+۰/۷FC مشاهده شد به‌طوری‌که تیمارهای ترکیبی در تنش خشکی ۰/۷FC در مقایسه با تیمار C+۰/۷FC افزایش معنی‌دار سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاه را داشت ($p<0.01$).

جدول ۱: تجزیه واریانس سرعت و درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت جوانه‌زنی	F ratio	درصد جوانه‌زنی	F ratio
کود زیستی	۳	۶۸/۱۲**	۲/۶۱	۶۵۵/۱۰**	۵/۳۸
تنش خشکی	۲	۳/۴۰**	۱۲/۰۳	۱۱۲۱/۱۶**	۱۱/۱۸
کود زیستی × تنش خشکی	۶	۳۹/۶۸**	۱/۸۸	۱۶۸۱/۱۰**	۲/۲۰
خطا	۲۴	۲/۱۸		۲۹/۱۲	
ضریب تغییرات (٪)		۵/۸۹		۶/۱۹	

** نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

جدول ۲: مقایسه میانگین جوانه‌زنی گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

تیمار	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)
FC	۹۱/۰±۵۴/۵۱[a]	۲۳/۰±۱۰/۵۱[a]
۰/۷FC	۷۲/۰±۲۹/۵۱[b]	۱۹/۰±۰۸/۵۱[b]
۰/۴FC	۶۲/۰±۰۰/۵۱[c]	۱۶/۰±۲۰/۵۱[c]
A	۹۲/۰±۲۲/۵۱[a]	۲۷/۰±۷۶/۵۱[a]
P	۸۲/۰±۰۰/۵۱[a]	۲۶/۰±۰۸/۵۱[a]
A+P	۷۳/۰±۱۱/۵۱[b]	۲۰/۰±۲۸/۵۱[b]
C	۶۴/۰±۱۲/۵۱[c]	۱۶/۰±۷۰/۵۱[c]
A+FC	۹۴/۰±۰۰/۵۱[b]	۲۸/۰±۲۲/۵۱[b]
A+۰/۷FC	۹۵/۰±۰۰/۵۱[a]	۲۹/۰±۹۲/۵۱[a]
A+۰/۴FC	۸۶/۰±۰۰/۵۱[c]	۲۳/۰±۱۰/۵۱[c]
P+FC	۸۲/۰±۰۰/۵۱[d]	۲۲/۰±۷۵/۵۱[d]
P+۰/۷FC	۷۶/۰±۰۰/۵۱[d]	۲۱/۰±۱۹/۵۱[d]
P+۰/۴FC	۶۷/۰±۰۰/۵۱[e]	۱۹/۰±۰۶/۵۱[e]
A+P+FC	۸۱/۰±۰۲/۵۱[d]	۲۲/۰±۶۵/۵۱[d]
A+P+۰/۷FC	۷۵/۰±۰۰/۵۱[d]	۲۱/۰±۶۵/۵۱[d]
A+P+۰/۴FC	۶۹/۰±۰۰/۵۱[e]	۱۹/۰±۵۹/۵۱[e]
C+FC	۶۷/۰±۰۰/۵۱[e]	۱۹/۰±۰۰/۵۱[e]
C+۰/۷FC	۶۲/۰±۰۰/۵۱[f]	۱۶/۰±۱۶/۵۱[f]
C+۰/۴FC	۶۴/۰±۰۰/۵۱[f]	۱۵/۰±۰۵/۵۱[f]

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0.01$). داده‌ها ±اشتباه از معیار

تاثیر کودهای زیستی بر رشد گیاه

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثرات اصلی کودهای زیستی و تنش خشکی و اثرات متقابل کود زیستی و تنش خشکی بر طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه معنی‌دار بودند ($p<0.01$). اثرات اصلی تنش خشکی (جدول ۴) نشان داد که طول ساقه و ریشه گیاه در تیمار ۰/۴ FC کمترین اندازه را داشت درحالی که در تیمار FC طول ریشه و ساقه حداکثر بود که نشاندهنده تاثیر تنش خشکی بر این دو صفت گیاه است. اثرات اصلی تنش خشکی و کودهای زیستی بر وزن خشک گیاه کاملا مشابه نتایج طول ریشه و ساقه گیاه بود. با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه کاهش معنی‌دار داشت ($p<0.01$). اثرات اصلی کودهای زیستی (جدول ۴) نشان داد بیشترین و کمترین طول ریشه و وزن خشک ریشه به‌ترتیب مربوط به تیمار A و C بود. مشابه این نتیجه برای طول ساقه و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه مشاهده شد. بیشترین و کمترین طول ساقه و وزن خشک اندام‌های هوایی به‌ترتیب در تیمار A و کنترل اندازه‌گیری شد

جدول ۳: تجزیه واریانس پارامترهای رشد گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول ساقه	F ratio	طول ریشه	F ratio	وزن خشک اندام هوایی	F ratio	وزن خشک ریشه	F ratio
کود زیستی	۳	۰/۴۵**	۸/۹۰	۷/۱۰**	۸/۵۰	۰/۰۹**	۵/۴۵	۰/۵۶**	۷/۵۶
تنش خشکی	۲	۳۲/۴۰**	۶/۹۵	۶/۱۶**	۷/۲۱	۰/۰۴**	۶/۹۰	۰/۰۹**	۶/۹۳
کود زیستی × تنش خشکی	۶	۱۴/۶۸**	۲/۱۲	۹/۱۰**	۱/۲۴	۰/۰۹**	۲/۱۲	۰/۴۰**	۲/۸۹
خطا	۲۴	۵/۱۸		۰/۴۴		۰/۰۱		۰/۰۶	
ضریب تغییر ات (٪)		۱۲/۸۹		۶/۱۰		۶/۶۲		۱۰/۰۲	

** نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی (جدول ۴) نشان داد که استفاده از کودهای زیستی به‌صورت جداگانه در مقایسه با تیمارهای ترکیبی تاثیر بیشتری در کاهش تنش خشکی بر روی صفات فیزیوژیکی گیاه داشتند و این نتیجه فرضیه دوم تحقیق را اثبات می‌کند. نتایج نشان داد که در کاربرد کودهای زیستی به‌صورت جداگانه حداکثر طول ساقه و ریشه و وزن خشک گیاه مربوط به تیمار A+۰/۴FC بود. هرچند این تیمار با تیمارهای A+FC و A+۰/۷FC تفاوت معنی‌دار نداشت (p>0.01)، اما بیشتر بودن طول ساقه و ریشه و وزن خشک گیاه در این تیمار نشان داد که کاربرد ازتوباکتر در تنش خشکی ۰/۴FC می‌تواند تحمل گیاه به تنش خشکی را افزایش دهد. درحالی که تیمار P+۰/۴FC کمترین طول ریشه و ساقه و وزن خشک گیاه را داشت. این موضوع نشان می‌دهد که کاربرد تیمار P در کاهش تنش خشکی تاثیری منفی داشت و باعث کاهش صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه شد. همانند نتیجه ارائه شده در قسمت جوانه‌زنی گیاه، فرضیه اول تحقیق درخصوص تاثیر یکسان دو کود زیستی کاهش اثرات تنش خشکی بر رشد گیاه رد می‌شود. نتایج مربوط به تیمارهای ترکیبی نشان داد که بیشترین مقدار صفات مورد مطالعه در تیمار A+P+FC اندازه‌گیری شد و با افزایش تنش خشکی در کاربرد ترکیبی دو کود زیستی اندازه این صفات کاهش معنی‌دار داشت (p<0.01) به‌طوری‌که کمترین مقادیر طول ریشه و ساقه و وزن خشک مربوط به تنش ۰/۴FC بود (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه میانگین پارامترهای رشد گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

تیمار	طول ساقه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم)
FC	۱۹/۰±۳۴/۵۸^{a}	۱۴/۰±۱۵/۵۰^{a}	۰/۰±۷۶/۲۱^{a}	۱/۰±۶۶/۳۰^{a}
۰/۷FC	۱۷/۰±۸۱/۴۵^{b}	۱۲/۰±۲۱/۴۱^{b}	۰/۰±۵۶/۱۱^{b}	۱/۰±۴۶/۳۰^{b}
۰/۴FC	۱۵/۰±۴۱/۳۵^{c}	۱۰/۰±۱۲/۳۱^{c}	۰/۰±۳۵/۱۰^{c}	۱/۰±۲۵/۳۰^{c}
A	۲۱/۰±۳۰/۵۸^{a}	۱۷/۰±۰۵/۶۰^{a}	۰/۰±۹۶/۲۱^{a}	۱/۰±۸۶/۳۰^{a}
P	۱۸/۰±۷۸/۴۷^{b}	۱۵/۰±۰۲/۶۲^{b}	۰/۰±۶۷/۱۱^{c}	۱/۰±۵۷/۳۰^{c}
A+P	۱۸/۰±۹۵/۴۷^{b}	۱۵/۰±۷۹/۶۲^{b}	۰/۰±۶۹/۱۱^{c}	۱/۰±۵۹/۳۰^{c}
C	۱۷/۰±۰۵/۴۵^{b}	۱۴/۰±۴۸/۵۰^{b}	۰/۰±۵۰/۱۰^{c}	۱/۰±۴۳/۳۰^{c}
A+FC	۲۱/۰±۶۷/۵۸^{a}	۱۳/۰±۷۴/۴۰^{a}	۰/۰±۹۹/۳۰^{a}	۱/۰±۸۹/۳۰^{a}
A+۰/۷FC	۲۱/۰±۸۲/۵۸^{a}	۱۳/۰±۶۴/۴۰^{a}	۱/۰±۱۰/۴۰^{a}	۱/۰±۹۱/۳۰^{a}
A+۰/۴FC	۲۱/۰±۹۱/۵۸^{a}	۱۳/۰±۸۱/۲۵^{a}	۱/۰±۲۰/۴۰^{a}	۱/۰±۹۲/۳۰^{a}
P+FC	۱۹/۰±۱۲/۵۷^{c}	۱۲/۰±۹۱/۲۵^{c}	۰/۰±۷۴/۱۲^{c}	۱/۰±۶۴/۳۰^{c}
P+۰/۷FC	۱۷/۰±۵۲/۵۱^{d}	۱۲/۰±۷۸/۲۵^{d}	۰/۰±۵۴/۱۰^{d}	۱/۰±۴۴/۳۰^{d}
P+۰/۴FC	۱۷/۰±۲۶/۵۱^{e}	۱۲/۰±۰۱/۲۵^{e}	۰/۰±۴۷/۱۰^{e}	۱/۰±۳۷/۳۰^{e}
A+P+FC	۱۷/۰±۱۳/۴۵^{e}	۱۲/۰±۱۹/۲۵^{e}	۰/۰±۴۱/۱۰^{e}	۱/۰±۳۴/۳۰^{e}
A+P+۰/۷FC	۱۴/۰±۴۵/۳۰^{f}	۱۱/۰±۱۷/۲۰^{f}	۰/۰±۲۱/۱۰^{f}	۱/۰±۱۳/۳۰^{f}
A+P+۰/۴FC	۱۳/۰±۴۴/۳۰^{f}	۱۱/۰±۱۰/۲۰^{f}	۰/۰±۴۰/۱۰^{f}	۱/۰±۰۳/۳۰^{f}
C+FC	۱۷/۰±۳۸/۴۵^{b}	۱۳/۰±۱۳/۲۱^{b}	۰/۰±۵۵/۱۰^{f}	۱/۰±۴۵/۳۰^{f}
C+۰/۷FC	۱۵/۰±۴۴/۴۰^{f}	۱۳/۰±۰۱/۲۱^{f}	۰/۰±۶۰/۵۱^{f}	۱/۰±۲۳/۳۰^{f}
C+۰/۴FC	۱۴/۰±۳۲/۴۰^{f}	۱۱/۰±۴۳/۲۰^{f}	۰/۰±۲۴/۵۱^{f}	۱/۰±۱۳/۳۰^{f}

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است (p<0.01). داده‌ها ±اشتباه از معیار

تاثیر کودهای زیستی بر جذب عناصر مغذی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد اثرات اصلی تنش خشکی بر جذب پتاسیم و منگنز توسط گیاه تاثیر معنی‌داری نداشت (p>0.01). همچنین اثرات اصلی استفاده از کودهای زیستی به جز جذب نیتروژن و منگنز در جذب بقیه عناصر مورد بررسی در این مطالعه تاثیر معنی‌دار (p<0.01) داشت. اثرات متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی تنها بر جذب نیتروژن، فسفر و روی اثر معنی‌دار داشت (p<0.01).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

جدول ۵: تجزیه واریانس جذب عناصر مغذی در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

		میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	F ratio	فسفر	F ratio	پتاسیم	F ratio	آهن	F ratio	روی	F ratio	منگنز	F ratio
کود زیستی	۳	۰/۰۵$^{n.s}$	۰/۹۵	۰/۲۰**	۸/۲۳	۰/۰۹**	۸/۵۴	۲۲۱/۰۱$^{n.s}$	۰/۵۳	۲۷/۸۰**	۹/۲۱	۴/۱۶$^{n.s}$	۰/۵۱
تنش خشکی	۲	۰/۲۲**	۷/۱۰	۰/۶۲**	۶/۳۱	۰/۰۰۶$^{n.s}$	۰/۵۲	۱۲۴/۰۹** ۱	۸/۹۰	۹۹/۴۲**	۵/۳۱	۵/۰۱$^{n.s}$	۰/۵۴
کود زیستی × تنش خشکی	۶	۰/۰۳۲**	۳/۱۸	۰/۲۳۰**	۳/۴۵	۰/۰۰۰۱ n.s	۰/۲۴	۱۰۱/۴۴$^{n.s}$	۰/۲۶	۲۸/۲۰**	۳/۶۵	۳/۰۶$^{n.s}$	۰/۲۱
خطا	۲۴	۰/۰۴		۰/۰۴		۰/۰۱۱		۸۸/۴۶		۳/۸۴		۲/۱۷	
ضریب تغییر ات (٪)		۹/۸۹		۱/۱۰		۹/۱۲		۸/۰۱		۶/۵۱		۳/۱۴	

** نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

n.s نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

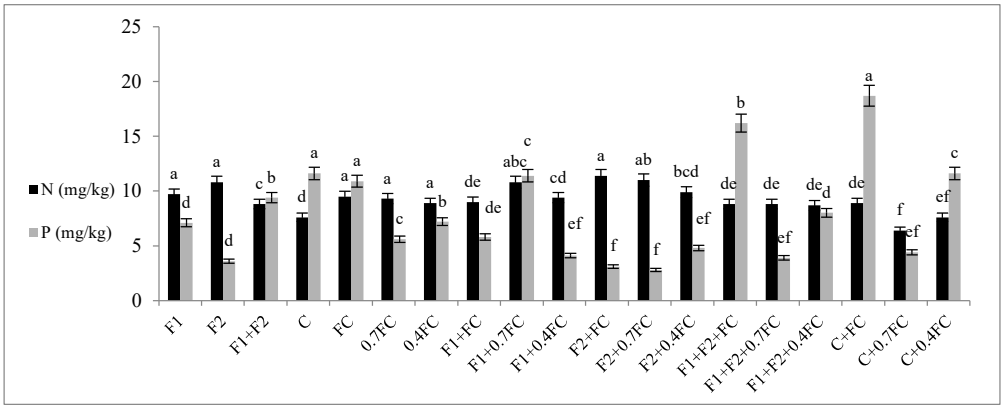
مقایسه میانگین اثرات اصلی کودهای زیستی نشان داد که حداکثر غلظت پتاسیم (شکل ۲) و آهن (شکل ۳) مربوط به تیمار A بود. درحالی که کاربرد ازتوباکتر باعث کاهش جذب فسفر (شکل ۱) و روی (شکل ۳) شد. حداکثر غلظت‌های نیتروژن و فسفر (شکل ۱) و روی (شکل ۳) در تیمار P اندازه‌گیری شد. تیمار ترکیبی نه تنها باعث جذب هیچ یک از این عناصر نشد، بلکه کمترین غلظت آهن و منگنز (شکل ۲ و ۳) در تیمار ترکیبی ازتوباکتر و سودوموناس اندازه‌گیری شد. این نتیجه نیز همانند نتایج مربوط به جوانه‌زنی و رشد گیاه، فرضیه دوم تحقیق را اثبات می‌کند. مقایسه میانگین اثرات اصلی کودهای زیستی نشان داد که در تیمار کنترل بیشترین جذب منگنز وجود داشت (شکل ۲) و کمترین غلظت پتاسیم و نیتروژن نیز در تیمار کنترل اندازه‌گیری شد (شکل ۱ و ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن در تیمار FC و کمترین مقدار نیتروژن در تیمار ۰/۷FC داشت. تیمارهای ۰/۴FC و FC به‌ترتیب بیشترین و کمترین غلظت فسفر را داشتند (شکل ۱). بیشترین مقدار منگنز در تیمار ۰/۴FC اندازه‌گیری شد (شکل ۲). تیمارهای ۰/۷FCو ۰/۴FC به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم، آهن و روی را داشتند (شکل ۲ و ۳).

اثرات متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی نشان داد که تیمار A+FC و C+۰/۷FC به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش غلظت نیتروژن شدند (شکل ۱). تیمار A باعث افزایش غلظت پتاسیم در تیمار ظرفیت زراعی شد، درحالی که در تیمار کنترل در تنش خشکی ۰/۴ کمترین مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شد (شکل ۲). بیشترین و کمترین غلظت فسفر به‌ترتیب در C+۰/۴FC و تیمار A+FC اندازه‌گیری شد. تیمارهای A+FC و P+۰/۷FC به‌ترتیب بیشترین غلظت آهن و روی را نشان دادند (شکل ۳). کمترین غلظت آهن و روی مربوط به تیمار A+P+۰/۴FC بود (شکل ۳).

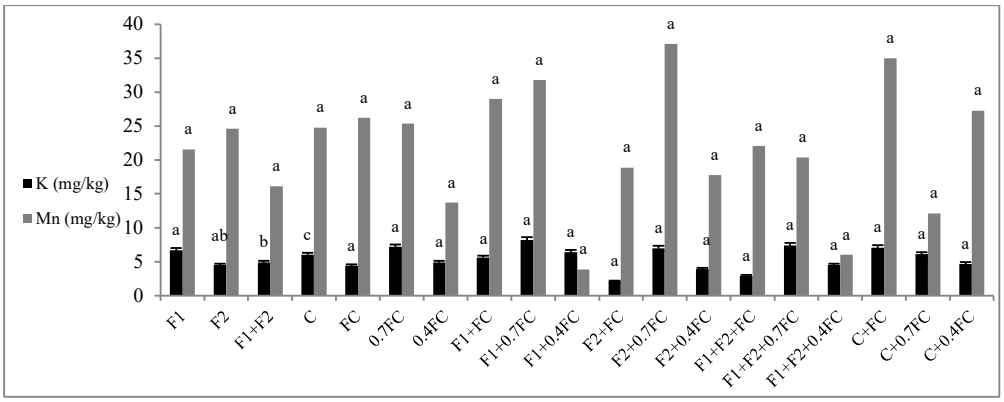
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]



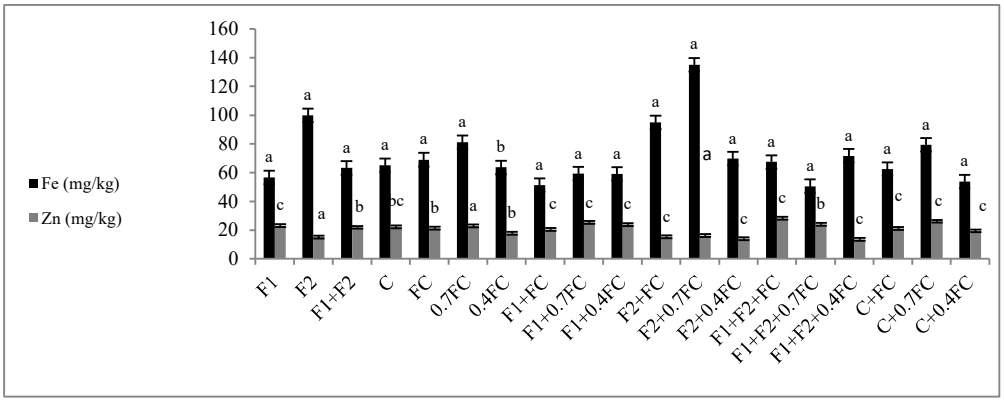
شکل ۱: مقدار جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت میان تیمارها در سطح یک درصد است. داده‌ها ±اشتباه از معیار



شکل ۲: مقدار جذب پتاسیم و منگنز توسط گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت میان تیمارها در سطح یک درصد است. داده‌ها ±اشتباه از معیار



شکل۳: مقدار جذب آهن و روی توسط گیاه در سطوح مختلف خشکی تحت تاثیر کودهای زیستی

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت میان تیمارها در سطح یک درصد است. داده‌ها ±اشتباه از معیار

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تنش خشکی جوانه‌زنی گیاه کاهش داشت. در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش رطوبت، سلول‌های گیاه و تولید هورمون‌هایی که در تحریک جوانه‌زنی نقش دارند دچار مشکل می‌شوند و جوانه‌زنی بذر دچار اشکال می‌گردد (۱). با افزایش سطح تنش خشکی، جذب آب توسط بذر مشکل می‌شود. با کاهش جذب آب، جوانه‌زنی و ظهور ریشه‌چه مختل می‌شود (۴۰). به‌دنبال محدود شدن جذب آب توسط بذر، حرکت و انتقال ذخایر بذر هم کاهش خواهد یافت. درنهایت عدم ساخت مواد آلی و سنتز پروتئین در جنین بذر، باعث کاهش جوانه‌زنی گیاه خواهد شد (۴۷).

در این مطالعه، استفاده از ازتوباکتر به‌طور معنی‌داری باعث کاهش تاثیر تنش خشکی درگیاه شد. یکی از دلایل افزایش جوانه‌زنی در حضور باکتری‌های محرک رشد گیاه مربوط به افزایش تولید برخی هورمون‌ها به‌ویژه جیبرلین است. این هورمون با فعال کردن برخی آنزیم‌ها مانند آمیلاز که در سوخت و ساز نشاسته دخالت دارند، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۹). باکتری‌های محرک رشد گیاه وقتی به سطح بذرها می‌چسبند در پاسخ به ترشح اسیدهای آمینه ترشح شده در بذر، اسید ایندول استیک سنتز می‌کنند. این اسید باعث تحریک سلول‌های گیاهی و طویل شدن آنها می‌شود و درنتیجه می‌تواند بر جوانه‌زنی بذرها موثر باشند (۳۶). به‌طور مثال کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش خشکی موجب افزایش جوانی‌زنی بذر *Triticum aestivum* L. شد (۴۲). پیش تیمار بذر با کودهای زیستی باعث کاهش زمان مواجهه با عوامل محدودکننده تنش خشکی می‌گردد و بذر به‌علت آمادگی بیشتر برای خروج ریشه‌چه، کمتر تحت تاثیر تنش قرار خواهد گرفت (۴۷).

نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی، طول ریشه و ساقه و وزن خشک گیاه کاهش داشت. در شرایط تنش خشکی بدلیل کاهش پتانسیل آب از طریق برهم‌زدن تعادل یونی و اثر یون‌های سمی، اختلال در جذب، احیاء و متابولیسم نیتروژن و پروتئین، بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها، تخریب غشای سلولی، کاهش تقسیم سلولی، کاهش کارایی فتوسنتز و درنهایت سمیت متابولیک، مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (۴۶). افزون بر آن، تنش خشکی از طریق تأثیر بر تعادل هورمونی گیاه سبب کاهش هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مانند جیبرلیک و اکسین و همچنین افزایش بازدارنده‌های رشدی به‌ویژه آبسیزیک اسید می‌گردد. آبسیزیک اسید نقش مهمی در کاهش رشد گیاه دارد (۳۵ و ۵۰). کاهش وزن تر و خشک گیاه تحت شرایط تنش خشکی امری ثابت شده است که دلیل این امر نیز وجود شرایط اسمزی در منطقه ریشه، کاهش میزان جذب آب توسط گیاه، کاهش رشد و به‌طور کلی کاهش وزن گیاه می‌باشد (۲۴). در شرایط تنش همراه با کاهش ظرفیت بیوشیمیایی برای کربن‌گیری و محدودیت انتشار گازی، انتقال مواد فتوسنتزی تحت تأثیر قرار گرفته که موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد و درنتیجه محدود شدن فرآیند فتوسنتز و کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (۴۱).

تیمار A+P (ترکیب ازتوباکتر و سویه‌های سودوموناس) در مقایسه با کاربرد کودهای زیستی به‌صورت جداگانه تاثیر کمتری در کاهش تنش خشکی بر جوانه‌زنی داشت. هرچند تلقیح بذر با هر یک از این باکتری‌ها به تنهایی از طریق جذب عناصر غذایی و تحریک رشد گیاه بر اثر ترشح متابولیت‌های ثانویه می‌تواند منجربه افزایش عملکرد گیاه شود، اما گاهی ترکیب کودهای زیستی با یکدیگر اثر آنتاگونیستی داشته و منجربه کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (۴۷).

نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی ۰/۴FC تیمارهای تلقیح شده با ازتوباکتر وضعیت رشد بهتری داشتند. در شرایط تنش خشکی وجود ازتوباکتر امکان بیشتری برای تداوم فتوسنتز برای گیاه فراهم می‌کند و تولید اسیدهای آلی جهت تأمین ساختارهای کربنی و انرژی برای تنظیم اسمزی فراهم می‌شود (۵). افزایش جذب یون‌هایی نظیر نیترات، امونیوم و پتاسیم به واسطه حضور آزتوباکتر می‌تواند دلیل اصلی افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه باشد (۵). باکتری‌های محرک رشد گیاه با تولید مولکول‌های کوچکی که به صورت کی‌لیت با آهن پیوند دارند و مواد کلات کننده میزان فراهمی عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی را افزایش دهند که این مسئله سبب می‌شود تا گیاهان دامنه وسیعی از تنش‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

محیطی را تحمل نمایند (۲۶). یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های رشد گیاه به‌وسیله باکتری‌های محرک رشد گیاه، تغییر در ریخت‌شناسی و فیزیولوژی سیستم ریشه گیاه است. این باکتری‌ها موجب گسترش ریشه‌ها، افزایش تعداد ریشه‌های جانبی و موئین و همچنین حجم و وزن ریشه‌ها می‌شوند که این امر موجب افزایش سطح ریشه، افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی و درنتیجه موجب بهبود وضعیت آبی گیاه می‌شود (۷). حیدرپورمنفرد و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه تاثیر باکتری‌های سودوموناس، ازتوباکتر و ازسپیریلوم و قارچ میکوریزا اربوسکولاربر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی *Celtis caucasica* L. بیان کردند که تلقیح سطح‌های مختلف این میکروارگانیسم‌ها بر صفات رویشی نهال‌های گیاه در شرایط تنش خشکی تاثیر معنی‌دار داشت به‌طوری که کودهای زیستی مورد مطالعه و برهم‌کنش آنها خصوصیات رشدی گیاه و جذب آب توسط گیاه را به‌شکل معنی‌داری افزایش داد و سبب افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی شد.

تیمار P+۰/۴FC کمترین طول ریشه و ساقه و وزن خشک گیاه را نشان داد به‌طوری که کاربرد سودوموناس در کاهش تنش خشکی تاثیری نداشت. نتایج آزمایش‌های خوشبخت و همکاران (۲۰۱۱) نیز در رابطه با تأثیر *P. putida* بر روی گیاه *Aloea vera*، کاهش وزن خشک اندام هوایی را در تیمارهای مربوط به این باکتری نسبت به دیگر تیمارها نشان داد. همچنین کاردینال و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که دو سویه از جنس *Pseudomonas* که از ریزوسفر دو گیاه مقاوم به شوری از علفزارهای با خاک شور طبیعی گرفته شده بودند، منجربه کاهش رشد گیاه جو گردیدند. تولید مواد فراری از قبیل سیانید که از تماس مستقیم بین باکتری‌های محرک رشد گیاه و ریشه گیاه تولید می‌شود، می‌تواند ارتقاء و یا کاهش رشد و توسعه گیاه را باعث شود. سیانید که توسط سویه‌هایی از جنس *Pseudomonas* تولید می‌شود می‌تواند به‌عنوان یک عامل کنترل کننده زیستی در مقابل پاتوژن‌ها، منجربه کاهش رشد گیاه گردد. همچنین، این سویه‌ها برای مقابله با پاتوژن‌ها، دسترسی به آهن را کاهش می‌دهند که منجربه کاهش رشد گیاه می‌شود (۴). لازم به ذکر است که یکی از عوامل مهم که می‌تواند مانع از افزایش طول ریشه گیاه و انتقال اکسین شود، فیتوهورمون اتیلن است (۵۳). تنش خشکی موجب افزایش غلظت هورمون اتیلن در گیاه می‌شود. بنابراین در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سویه‌های سودوموناس عملاً نتوانسته غلظت اتیلن را در گیاه کاهش دهد (داده‌ها منتشر نشده است).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در مواجه با تنش ۰/۴ظرفیت زراعی، مقدار جذب فسفر در گیاه افزایش داشت. درحالی که پتاسیم، نیتروژن، منگنز، آهن و روی کمترین مقادیر را تحت تنش ۰/۴ ظرفیت زراعی داشتند. مکانیسم جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان مانند جریان انبوه، انتشار یا جذب و انتقال توسط پدیده اسمزی همگی تابعی از میزان رطوبت در خاک و ریشه گیاه است و درصورت کاهش رطوبت، جذب مواد مغذی کاهش می‌یابد (۳۲). هنگامی که تنش خشکی رخ می‌دهد، جذب فعال عناصر غذایی نیز کاهش می‌یابد، اما در این شرایط، با بسته شدن روزنه‌ها، میزان تولید مواد فتوسنتزی و ذخیره آن در بافت‌های گیاهی در مقایسه با جذب عناصر غذایی کاهش بیشتری خواهد داشت (۳۱). شاید به همین دلیل در شرایط تنش خشکی محتوای برخی عناصر غذایی مانند فسفر توسط گیاه بیشتر از تیمار کنترل باشد (۳۲).

در این مطالعه، ازتوباکتر تأثیر قابل توجهی بر جذب آهن و پتاسیم داشت، بنابراین می‌توان بیان کرد که استفاده از باکتری‌های جنس ازتوباکتر از طریق بهبود زیست توده گیاهی و تأمین مداوم و پایدار مواد معدنی به‌ویژه نیتروژن برای گیاه، ممکن است باعث افزایش رشد گیاه و جذب برخی از مواد مغذی توسط گیاه شوند. علاوه‌بر این، ترشح هورمون‌هایی مانند سیتوکینین و اکسین با افزایش جذب آب و مواد مغذی باعث افزایش کارایی گیاه می‌شود (۳۲).

نتایج نشان داد که استفاده از سودوموناس نسبت به تیمار کنترل در جذب نیتروژن، روی و فسفر توسط گیاه مؤثرتر بود. باکتری‌های جنس سودوموناس می‌توانند فسفر نامحلول را به عنوان اسیدهای فسفر آلی از طریق افزایش اسیدیته خاک، افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک و کمک به فرآیندهای آنزیمی آزاد کنند و درنتیجه تحرک این عنصر را در خاک افزایش دهند (۱۹). علاوه‌بر این، محققان افزایش جذب فسفر توسط گیاهان را در همزیستی میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفر در خاک (۴۵) و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

همچنین توسعه ریشه‌های گیاه به‌دلیل افزایش جذب مواد مغذی در تیمارهای کود زیستی را گزارش کرده‌اند (۱۱).

به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که بروز تنش خشکی، رشد *D. glomerata* L. را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد با کاهش اثرات منفی تنش خشکی باعث بهبود شرایط رشد و استقرار گیاه در شرایط تنش خشکی شدند. در این پژوهش ازتوباکتر باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، افزایش طول ریشه و ساقه شد. باکتری سودوموناس نیز باعث کاهش تاثیر تنش خشکی بر رشد گیاه شد، هرچند که در مقایسه با ازتوباکتر تاثیر سودوموناس در کاهش اثرات تنش خشکی بر رشد گیاه کمتر بود. بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه است که پیامد آن کاهش جوانه‌زنی بذر و نیز رشد گیاهچه می‌باشد. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌توانند باعث کاهش تنش شوند؛ لذا با توجه به این نتایج به منظور بهبود رشد و عملکرد گیاه در شرایط خشکی تلقیح بذر این گیاه با ازتوباکتر توصیه می‌شود.

References

1. Abbassi, F. & A. Koocheki, 2008. Effects of water deficit and salinity on germination properties of *Aeluropus* spp. DESERT, 12: 179-184.
2. Abdelaal, K., M. AlKahtani, K. Attia, Y. Hafez, L. Kiraly & A. Kunstler, 2021. The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants. Biology, 10(6): 1-23.
3. Allison, L.E, 1965. Organic carbon. In Methods of Soil Analysis. Black, C.A, D.D. Evans, L.J. White, L.E. Ensminger & F.E. Clark (eds.). Madison, WI: American Society of Agronomy. pp: 1372-1376.
4. Alstrom, S & R.G. Burns, 1989. Cyanide production by rhizobacteria as a possible mechanism of plant growth inhibition. Biology and Fertility of Soils, 7: 232-238.
5. Anna, L.B., S. Alessandra, E. Claudia, C. Paola & D.G, Maddalena, 2013. In vitro and in vivo inoculation of four endophytic bacteria on *Lycopersicon esculentum*. New Biotechnology, 30: 666-674.
6. Arnon, D.I, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta volgaris*. Plant Physiology, 24: 1-5.
7. Askary, M., A. Mostajeran & R. Amooaghaei, 2009. Influence of the co-inoculation *Azospirillum brasilense* and *Rhizobum meliloti* plus 24-D on grain yield and N P K content of *Triticum aestivum* (Cv Baccros and mahdavi). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 5: 296-307.
8. Azizi, S., M. Tabari Kouchaksaraeai, A. Fallah Nosrat Abad & S. Modares Sanavi, 2020. Effect of inoculation of two mycorrhizal fungi and two growth-promoting rhizobacteria on improvement of characteristics of *Myrtus communis* L. seedlings under drought stress. Forest and Wood Products, 73(3): 271-281. (In Persian)
9. Batool, T., S. Ali, M.F. Seleiman, N.H. Naveed, A. Ali, K. Ahmed, M. Abid, M. Rizwan, M.R. Shahid, M. Alotaibi, I. Al-Ashkar & M. Mubushar, 2020. Plant growth promoting Rhizobacteria alleviates drought stress in potato in response to suppressive oxidative stress and antioxidant enzymes activities. Scientific Reports, 10: 16975.
10. Bei, S., Y. Zhang, T. Li, P. Christie, X. Li & J. Zhang, 2018. Response of the soil microbial community to different fertilizer inputs in a wheat-maize rotation on a calcareous soil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 260(1): 58-69.
11. Bhatia, P., P. Sharma & B. Khosla, 2014. Characterization for plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) towards rice (*Oryza sativa*) seedling germination and growth. Annals of Biology, 30: 567-573.
12. Bray, R.H & L.T. Kurtz, 1954. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. European Journal of Soil Science, 39-45.
13. Brodersen, C.R., A.B. Roddy, J.W. Wason & A.J. McElrone. 2019. Functional status of xylem through time. Annual Review of Plant Biology, 70: 407-433.
14. Cardinale, M., S. Ratering, C. Suarez, A.M. Zapata Montoya, R. Geissler-Plaum & S. Schnell, 2015. Paradox of plant growth promotion potential of rhizobacteria and their actual promotion effect on growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. Microbiological Research, 181: 22-32.
15. Coonan. E.C., J.A. Kirkegaard, C.A. Kirkby, C. Strong, M.R. Amidy & A.E. Richardson, 2020. Soil carbon dynamics following the transition of permanent pasture to cereal cropping: influence of initial soil fertility, lime application and nutrient addition. Crop and Pasture Scienc, 71:23-35.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

16. Dadrasan, M., M.R. Chaichi, A.A. Pourbabaee, D. Yazdani & R. Keshavarz Afshar, 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. Industrial Crops and Products, 77: 156-162.
17. Day, P.R, 1982. Particle fractionation and particle-size analysis. In Methods of Soil Analysis, Agronomy. (Page, A. L., R.H. Miller & D.R. Keeney. (eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI. pp: 545-567.
18. Deepika S & D. Kothamasi, 2015. Soil moisture-a regulator of arbuscular mycorrhizal fungal community assembly and symbiotic phosphorus uptake. Mycorrhiza, 25(1):67-75.
19. Delshadi, S., M. Ebrahimi & E. Shirmohammadi, 2017. Effectiveness of plant growth promoting rhizobacteria on *Bromus tomentellus* Boiss seed germination, growth and nutrients uptake under drought stress. South African Journal of Botany, 113: 11-18.
20. Delshadi, S., M. Ebrahimi & M. Shirmohammadi, 2017. Influence of plant-growth promoting bacteria on germination, growth and nutrients' uptake of *Onobrychis sativa* L. under drought stress. Journal of Plant Interaction, 12: 200-208.
21. Diallo, D & A. Marico, 2013. Field capacity (FC) and permanent wilty point (PWP) of clay soils developed on quaternary alluvium in niger river loop (Mali). International Journal of Engineering Research and Applications, 3(1): 1085-1089.
22. Diatta, A.A., J.H. Fike, M.L. Battaglia, J. Galbraith & M.B. Baig, 2020. Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review. Arabian Journal of Geosciences, 13: 595.
23. Efthimiadou. A., N. Katsenios, S. Chanioti, M. Giannoglou, N. Djordjevic & G. Katsaros, 2020. Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. Scientific Reports, 10: 21060. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6.
24. Emadi, A., R.J. Jones & R.A. Brodsky, 2009. Cyclophosphamide and cancer: golden anniversary. Nature Reviews Clinical Oncology, 6: 638-647.
25. Goljanian-Tabrizi, S., S. Amiri, D. Nikaein & Z. Motesharrei, 2016. The comparison of five low-cost liquid formulations to preserve two phosphate solubilizing bacteria from the genera *Pseudomonas* and *Pantoea.* Iranian Journal of Microbiology, 8: 377-382.
26. Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid & I. Ahmed, 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. Annals of Microbiology, 60: 579-598.
27. He, F., M. Sheng & M. Tang, 2017. Effects of rhizophagus irregularis on photosynthesis and antioxidative enzymatic system in *Robinia pseudoacacia* L. under drought stress. Frontiers in Plant Science, 8:183. doi: 10.3389/fpls.2017.00183
28. Heidarpour Monfared, A., M.R. Pourmajidian, F. Rejali, M. Hojati & P. Ramak, 2021. The impact of biological inputs on drought stress resistance in *Celtis caucasica* L. Journal of Environmental Sciences, 19(2):39-56.
29. Hesse, P, 1971. A text book of soil chemical analysis. John Murray. London.
30. Hu, Y & U. Schmidhalter, 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 541-549.
31. Jafarianjolodar, Z., Sh. Ghaderi & P. Gholami, 2012. The Investigation of the effect of drought stress on germination of *Dactylic glomerata* L. in two regions of Karaj and Bijar, Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources, 7(2): 117-126.
32. Karimi, A., M.E. Ghobadi, M. Ghobadi & I. Nosrati, 2020. Study the effect of not-irrigation at different growth stages of corn on content and amount of grain's elements. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12: 749-762. (In Persian)
33. Khan, N., A. Bano & J.A. Cura, 2020. Role of beneficial microorganisms and salicylic acid in improving rainfed agriculture and future food safety. Microorganisms, 8: 1018. https://doi.org/10.3390/microorganisms8071018.
34. Khoshbakht, T., F. Bahadori, A. Khalighi & M. Moez Ardalan, 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on macro element content and yield of *Aloe vera* in green house condition. Journal of Plant Physiology, 2: 45-59. (In Persian).
35. Li, P., Y. Zhang, X. Wu & Y. Liu, 2018. Drought stress impact on leaf proteome variations of faba bean (*Vicia faba* L.) in the Qinghai-Tibet Plateau of China. 3Biotech, 8: 110. doi. 10.1007/s13205-018-1088-3.
36. Lu, X., S.F. Liu, L. Yue, X. Zhao, Y.B. Zhang, Z.K. Xie & R.Y. Wang, 2018. Epsc involved in the encoding of exopolysaccharides produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 act to boost the drought tolerance of *Arabidopsis thaliana*. International Journal of Molecular Sciences, 19: 3795.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]

37. Lu, S.L., Phillips, S.M, 1753. *Dactylis*. Flora of China. 22 – via eFloras.org, Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA.
38. Maguire, J.D, 1962. Speed of germination: Aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigor. Japanese Journal of Crop Science - J-Stage, 2: 176-177.
39. Mahmoodian Chooplu, A & H. Niknahad, 2019. Distribution of *Dactylis glomerata* in rangelands of Takab City (case study: Golun rangelands). Environmental Sciences, 17(3): 107-120. (In Persian)
40. Mena, E., M. Leiva-Mora, E.K.D. Jayawardana, L. Garcia, N. Veitia, I. Bermudez- Caraballoso, R. Collado & R.C. Ortiz, 2015. Effect of salt stress on seed germination and seedlings growth of *Phaseolus vulgaris* L. Cultivos tropicales, 36: 71-74.
41. Nadeem, S.M., M. Ahmad, Z. Zahir, A. Javaid & M. Ashraf, 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances, 32: 429-448.
42. Omara, A.E.D & M. Elbagory, 2018. Enhancement of plant growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought conditions using plant-growth-promoting bacteria. Annual Research and Review in Biology, 28: 1-18.
43. Rayan, J., G. Estefan & A. Rashid, 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Area (ICARDA), The national Agricultural Research Center.
44. Rhoades, J.D, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In Methods of Soil Analysis, (Page, A.L. (ed.). American Society of Agronomy, Madison, WI. pp: 417-435.
45. Rodriguez, H & R. Fraga, 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion (review paper). Biotechnology Advances, 17: 319-339.
46. Rojas-Tapias, D., A. Moreno-Galvan, S. Pardo-Diaz, M. Obando, D. Diego Rivera & R. Ruth Bonilla, 2012. Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*). Applied Soil Ecology, 61: 264-272.
47. Sabeti, M., P. Tahmasebi, E. Ghehsareh Ardestani & F. Nikookhah, 2019. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the seed germination, seedling growth and photosynthetic pigments of *Astragalus caragana* under drought stress. Journal of Rangeland Science, 9: 364-377.
48. Seleiman, M.F., N. Al-Suhaibani, N. Ali, M. Akmal, M. Alotaibi, Y. Refay, T. Dindaroglu, H.H. Abdul-Wajid & M.L. Battaglia, 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants, 10: 259.
49. Simard, R, 1993. Ammonium acetate expectable elements. In Soil sampling and method of analysis. Martin, R & S. Carter (eds.). Lewis publisher, Florida, USA. pp: 39-43.
50. Talaat, N.B., A.E. Ghoniem, M.T. Abdelhamid, & B.T. Shawky, 2015. Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. Plant Growth Regulation, 75: 281-295.
51. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity: In Methods of soil analysis. Chemical Methods, SSSA (Bartels, J.M. (ed.). Soil Science Society of America, Madison, WI. pp: 475-490.
52. Tian, M., Y.L. Chen, M. Li & R.J. Liu, 2013. Structure and function of arbuscular mycorrhiza: a review. Ying Yong Sheng tai xue bao. The Journal of Applied Ecology, 24(8): 2369-2376.
53. Vacheron, J., G. Desbrosses, M. Bouffaud, B. Touraine, Y. Moenne-Loccoz, D. Muller, L. Legendre, F. Wisniewski-Dye & C. Prigent-Combaret, 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. Frontiers in Plant Science, 4: 1-19.
54. Zarik, L., A. Meddich, M. Hijri, M. Hafidi, A. Ouhammou, L. Ouahmane, R. Duponnois & A. Boumezzough, 2016. Use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve the drought tolerance of *Cupressus atlantica* G. Comptes Rendus Biologies, 339 (5-6): 185-196.
55. Zhu, Z., Y. Bai, M. Lv, G. Tian, X. Zhang, L. Li, Y. Jiang & S. Ge, 2020. Soil fertility, microbial biomass, and microbial functional diversity responses to four years fertilization in an apple orchard in North China. Horticultural Plant Journal, 6(4): 223-230.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.11.5]