تاثیر کمپوست زباله شهری و نانوسیلیس بر مولفه‌های رشد چاودار کوهی (*Secale montanum* Trusted.)

مهدی معمری [۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵

چکیده

هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری و نانوذرات سیلیسیم بر فاکتورهای رشد گونه مرتعی *Secale montanum* در محیط گلخانه‌ای بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کمپوست زباله شهری در ۳ سطح (۰، ۱ و ۲ درصد وزنی) و نانوذرات سیلیس در ۳ سطح یا غلظت (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند. خاک مورد نیاز برای کشت گلخانه‌ای از رویشگاه طبیعی گیاه *S. montanum* جمع‌آوری شد. بعد از آماده‌سازی گلدان‌ها ۲۰ عدد از بذر چاودار در هر یک از گلدان‌ها کشت شد. پس از گذشت ۵ ماه از استقرار گیاه، برداشت انجام شد و برخی از خصوصیات مورفولوژیکی مانند طول ساقه، حجم ریشه، سطح ریشه و مولفه‌های عملکردی مانند زیست‌توده خشک شاخساره، زیست‌توده خشک ریشه و زیست‌توده کل گیاه اندازه‌گیری شد. برای مطالعه اثر تیمارها بر خصوصیات رشد چاودار کوهی از تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در نرم‌افزار $SPSS_{Ver22}$ استفاده شد. نتایج نشان داد که از خصوصیات مورفولوژیکی گیاه، سطح ریشه و حجم ریشه تحت تیمار کمپوست ۲ درصد، به‌ترتیب ۱۳/۳۵ سانتی‌مترمربع و ۶/۸ سانتی‌متر مکعب بیشتر از تیمار شاهد بودند. همچنین از مولفه‌های عملکردی گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک کل گیاه در تیمار کمپوست ۲ درصد، به‌ترتیب ۶/۴، ۷ و ۱۳/۴۶ گرم بیشتر از تیمار شاهد بودند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که از بین تیمارهای مورد استفاده، کمپوست زباله شهری ۲ درصد اثر مثبتی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه *S. montanum* داشت. بنابراین می‌توان در عملیات اصلاح مرتع، ایجاد مراتع دست‌کاشت و علوفه‌کاری در دیمزارهای کم‌بازده و رهاشده به‌منظور کاهش فشار به مراتع، از کمپوست در سطح ۲ درصد برای بهبود استقرار و افزایش عملکرد این گیاه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تسهیل‌گر رشد، کمپوست، نانوسیلیس، چراگاه، *Secale montanum*

۱ - استادیار دانشگاه محقق اردبیلی

* نویسنده مسئول: moameri@uma.ac.ir

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش قابل‌توجهی در حفاظت آب و خاک، حفظ تنوع ژنتیکی کره زمین، تامین علوفه مورد نیاز دام و تامین بخش قابل‌توجهی از گوشت قرمز و نیاز پروتئینی کشور دارند. به‌علاوه تأمین معیشت جمعیت قابل‌توجهی از مرتعداران به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به مراتع وابسته است. رشد جمعیت انسانی و به‌تبع آن افزایش روزافزون نیاز انسان به غذا، اشتغال و درآمد سبب تشدید استفاده از مراتع شده که یکی از مهم‌ترین پیامدهای این فشار، تخریب مراتع و تبدیل اراضی مرتعی به دیمکاری بوده است (۵). بنابراین تخریب مراتع در نقاط مختلف کشور، سبب کاهش شدید گیاهان مرغوب علوفه‌ای و غلبه گیاهان مهاجم شده است (۷). احداث چراگاه‌ها و علوفه‌کاری در دیمزارهای کم‌بازده و رهاشده در مناطقی از کشور که دارای شرایط لازم است، اقدام موثری در جهت تامین نیاز دام چراکننده از مراتع، کاهش فشار بر مراتع و در نتیجه تامین نیاز پروتئینی کشور خواهد بود. انتخاب گونه گیاهی مناسب، یکی از موارد مهمی است که در موفقیت برنامه‌های احداث چراگاه، علوفه‌کاری در دیمزارها و اصلاح مراتع تاثیر زیادی دارد. گونه‌های مورد استفاده باید خوشخوراک، پرتولید، دارای قدرت رقابت بالا، مقاوم به چرای دام یا برداشت و حافظ خاک در مقابل فرسایش باشند. در هر منطقه اقلیمی و هر نوع خاک به‌طور معمول گونه‌های معینی سازگار هستند (۴). چاودار کوهی (*Secale montanum*) از گیاهان علوفه‌ای مرغوب و باارزش مرتعی برای اصلاح و توسعه مراتع کوهستانی است که می‌توان از آن برای اصلاح مراتع تخریب یافته، تبدیل دیمزارهای کم‌بازده به مراتع دست کاشت یا چراگاه استفاده نمود (۱۸).

استقرار اولیه گیاهچه گیاهان به‌ویژه در شرایط مراتع معمولاً با مشکلاتی همراه بوده و این امر در رشد و تولید گیاهان نیز دارای اثرات منفی خواهد بود. بنابراین از آنجاییکه از اهداف اصلی ایجاد چراگاه‌های مصنوعی و اصلاح مراتع، افزایش رشد گیاهان، تولید و عملکرد آنها است، می‌توان با استفاده از مواد مختلفی ازجمله تسهیل‌گرهای رشد مانند کمپوست زباله شهری و مواد نانو، به استقرار گیاهان در عملیات اصلاح مراتع و ایجاد چراگاه‌ها کمک نمود. امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت و زندگی شهری، حجم انبوه انواع زباله‌ها ازجمله زباله‌های شهری، به‌ویژه در مناطق پرجمعیت، متصدیان و برنامه‌ریزان مربوطه را ناگزیر به سمت مدیریت اصولی و صحیح استفاده مفید از زباله سوق داده است. یکی از مناسب‌ترین روش‌های مدیریت زباله، بازیافت و تبدیل آن به مواد آلی قابل‌استفاده به‌صورت کود است. از طرف دیگر کمبود ماده آلی در بسیاری از خاک‌های ایران از جمله مراتع و نیاز مبرم آن‌ها به کودهای آلی، جایگاه ویژه‌ای را برای این کودها فراهم نموده است (۲۵). بنابراین برای تسهیل در استقرار گیاهان، بهبود رشد و افزایش تولید مراتع می‌توان از این ماده آلی مفید و ارزان‌قیمت استفاده نمود. در زمینه استفاده از تسهیل‌گرهای رشد در دنیا مطالعاتی انجام شده است که می‌توان به چند مورد اشاره کرد. پییرس و همکاران (۲۶) در مطالعه‌ای در درمنه‌زارهای غرب کلرادوی آمریکا، تأثیر کاربرد سطحی کمپوست زباله شهری را بر پوشش تاجی گیاهان، زیست‌توده هوایی و وضعیت مواد غذایی گونه‌های گیاهی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد کمپوست در تیمار ۲۵ تن در هکتار در سال ۱۹۹۳، زیست‌توده گندمیان چندساله را ۳۰۰ درصد افزایش داد. آنها بیان کردند که با کاربرد کمپوست در این مراتع، کمیت و کیفیت علوفه گندمیان بومی برای دام‌های اهلی و حیات وحش افزایش یافت. والتر و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی پاسخ گیاهان و خاک مراتع بوته‌زار تخریب‌شده اسپانیا به کاربرد کمپوست زباله شهری (سطوح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار)، گزارش دادند که کاربرد سطحی کمپوست در خاک، سبب افزایش زیست‌توده هوایی و تاج پوشش گیاهان شد، به‌طوری‌که در سال اول آزمایش، درصد تاج پوشش گیاهان از ۸۲ درصد به ۱۰۰ افزایش یافت. این امر بدون آسیب‌های زیست‌محیطی اتفاق افتاد. هادن و همکاران (۲۰۱۴) در دستورالعمل افزودن کمپوست به علفزارها گزارش دادند که، افزودن کمپوست زباله شهری به خاک علفزارهای کالیفرنیا، سبب افزایش رشد گیاهان شد. همچنین، نیتروژن و فسفر موجود در کمپوست سبب افزایش ظرفیت نگهداری خاک و در نتیجه تولید ناخالص اولیه می‌شود. افزودن کمپوست زباله شهری به خاک مراتع علفزار، علاوه بر فواید اقتصادی مربوط به افزایش تولید علوفه، فواید زیست‌محیطی دیگری مانند بهبود کیفیت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

خاک، افزایش دسترسی مواد غذایی و آب برای گیاهان نیز دارد، که این امر به علت بهبود ظرفیت نگهداری خاک است. ریالز و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر افزودن تسهیل‌گر کمپوست مواد آلی به دو نوع چمنزار ساحلی و علفزار دره‌ای بیان کردند که بعد از چهار سال آزمایش، زیست‌توده اندام‌های هوایی در چمنزار ساحلی تا ۷۶ درصد و در علفزار دره‌ای ۴۱ درصد افزایش یافت.

سیلیس برای گیاهان خانواده گندمیان، جگن و دم‌اسب به‌عنوان یک عنصر ضروری شناخته شده است (۳). ابریشم و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی تأثیر سطوح مختلف ماده معدنی زئولیت و تنش خشکی بر ویژگی‌های رویشی *Halothamnus glaucus*، کشت شده در گناباد، بیان کردند که استفاده از زئولیت (حداقل ۱۰ درصد وزنی) تأثیر مثبت و معنی‌دار بر خصوصیات رویشی گیاه *H. glaucus*، از قبیل درصد استقرار و ارتفاع اندام هوایی، در شرایط تنش خشکی داشته است. متشرع‌زاده و ثواقبی (۱۳۹۴) بیان کردند که نانوسیلیس نماینده‌ای از ترکیبات زئولیتی است که اثرات مفیدی بر رشد و تولید گیاهان به‌وسیله کاهش تنش‌های زنده و غیرزنده مانند بیماری‌ها، آفات و امراض، رویشگاه، خشکسالی و عدم تعادل مواد غذایی دارد. همچنین عباسی خالکی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه اثر نانوذرات نقره و سیلیس بر خصوصیات جوانه‌زنی *Thymus kotschyanus* بیان کردند که نانوسیلیس باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد این گونه می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع و لزوم اصلاح مراتع تخریب‌شده و احداث چراگاه‌های دست‌کاشت به‌وسیله گیاهان مناسب، هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر تسهیل‌گرهای رشد (کمپوست زباله شهری و نانوذرات سیلیسیم) بر فاکتورهای رشد گونه مرتعی *S. montanum* در محیط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

چاودار کوهی (*S. montanum*) از گیاهان علوفه‌ای بسیار مرغوب و باارزش مرتعی برای اصلاح و توسعه مراتع کوهستانی است که می‌توان از آن برای تبدیل دیمزارهای کم‌بازده به مراتع دست کاشت یا چراگاه استفاده نمود. کشت آن در مناطق با بارندگی حدود ۳۰۰ میلیمتر موفقیت‌آمیز است (۱۸).

برای انجام این پژوهش، ابتدا خاک مورد نیاز برای کشت گلخانه‌ای از رویشگاه گیاه *S. montanum* در مراتع طالقان از پنج نقطه در عمق ریشه‌دوانی (۳۰-۰ سانتی‌متر) جمع‌آوری شد. سپس به‌منظور یکنواخت کردن نمونه‌های خاک، آنها را با یکدیگر ترکیب نموده و یک نمونه مرکب ایجاد شد. برخی از خصوصیات خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک مورد مطالعه

ویژگی	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm3)	EC (ds/m)	pH	ماده آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)
مقدار	۱۵	۲۵	۶۰	۱/۱	۰/۳	۷/۶	۰/۸	۰/۰۷	۶۸

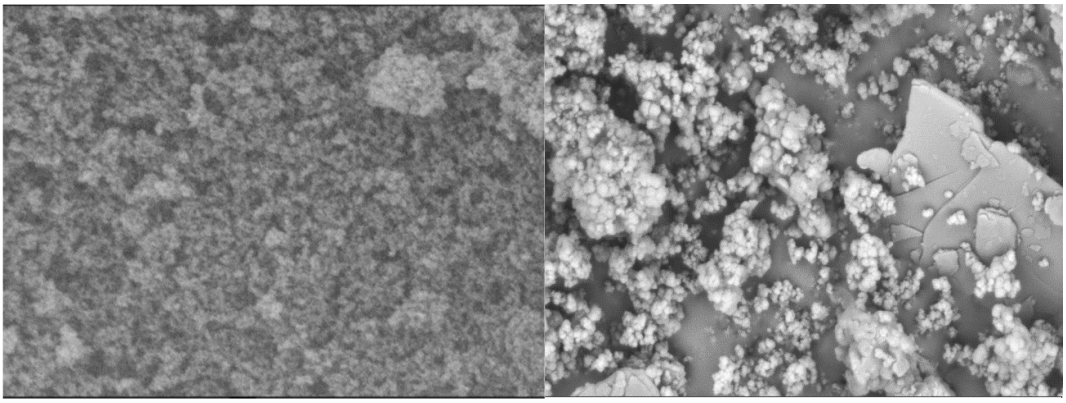
کمپوست زباله شهری مورد استفاده در این تحقیق از شهرداری کرج تهیه گردید. برخی از مشخصات کمپوست در جدول (۲) ارائه شده است. ماده نانوسیلیس (Nano Si) از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران تهیه شد. بعضی از مهم‌ترین خصوصیات نانوسیلیس در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانوسیلیس در شکل (۱) ارائه شده است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

جدول ۲- برخی از خصوصیات کمپوست زباله شهری و نانوسیلیسم

کمپوست زباله شهری		نانوسیلیسم	
ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
pH	۶/۹	سطح ویژه (m^2/g)	۸۰۰-۳۰
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m) (عصاره ۱:۱۰)	۳/۶۶	اندازه اولیه ذرات (nm)	۵۰-۵
نیتروژن (٪)	۱/۴	اندازه توده/ کلوخه (µm)	۴۰-۱
فسفر محلول (٪)	۰/۳۵	دانسیته (g/cm^3)	۱/۲ -۱/۹
پتاسیم محلول (٪)	۰/۶۳	حجم (mL/100g)	۲۰۰ -۲۰۰۰
کربن آلی (٪)	۱۶/۷۷	قطر متوسط حفره (nm)	> ۳۰
کادمیم (mg/kg)	۰/۶	توزیع قطر حفره	خیلی گسترده
روی (mg/kg)	۱۷۴	شکل سطح درونی	ضعیف
سرب (mg/kg)	۵/۱	خلوص (درصد)	۹۸
رطوبت (٪)	۹/۵	ساختارهای متراکم و کلوخه‌ای	توده‌هایی نزدیک به ذرات کروی
آهن (mg/kg)	۶۶۷	-	-
منگنز (mg/kg)	۱۳۶	-	-



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانوسیلیس

کشت گلدانی در بهار ۱۳۹۵ انجام شد. گلخانه دارای شرایط استاندارد بوده و دمای محیط آن در روز ۲۵ ℃ ۵ ± و در شب ۱۷ ℃ ۵ ± بود. کمپوست زباله شهری از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد بر اساس تحقیقات گذشته به خاک اضافه شد (۱۳ و ۲۷). برای این امر خاک به مقدار لازم و به تعداد گلدان‌ها آماده شد و کمپوست زباله شهری در تیمارهای مورد نظر به‌طور کامل با خاک مخلوط شد. سپس به هر گلدان ۴ کیلوگرم از این خاک اضافه شد. سیلسیم یک عنصر مفید برای گیاهان محسوب می‌شود (۲۰) و از آنجاییکه زئولیت و ترکیبات آن از جمله نانوسیلیسیم در ایران فراوان بوده و دارای قیمت کمی هستند، بنابراین در استفاده از این مواد محدودیت هزینه کمتر خواهد بود. نانوسیلیسم در سه سطح ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به خاک افزوده شد (۱۱). برای این امر در تیمار ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، این غلظت‌ها در آب مقطر حل شد و در سه لایه به خاک گلدان‌ها اضافه شد. یعنی در ابتدا یک سوم گلدان از خاک پر شد و یک سوم محلول به آن افزوده شد، سپس دو سوم گلدان از خاک پر شد و یک سوم دیگر از محلول به خاک افزوده شد و در نهایت گلدان به‌طور کامل از خاک پر شد و یک سوم باقیمانده محلول به آن افزوده شد. گلدان‌ها تا ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. گلدان‌های آبیاری‌شده به‌مدت سه ماه با دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای انکوباسیون نگهداری شدند و در طی این مدت رطوبت موجود با افزودن آب مقطر از طریق توزین و بر اساس میزان رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری گردید. انکوباسیون با هدف تأثیرگذاری اصلاح‌کننده‌ها بر ویژگی‌های موردنظر خاک و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

به‌منظور حصول تعادل ترکیبات و اصلاح‌کننده‌ها صورت گرفت (۹).

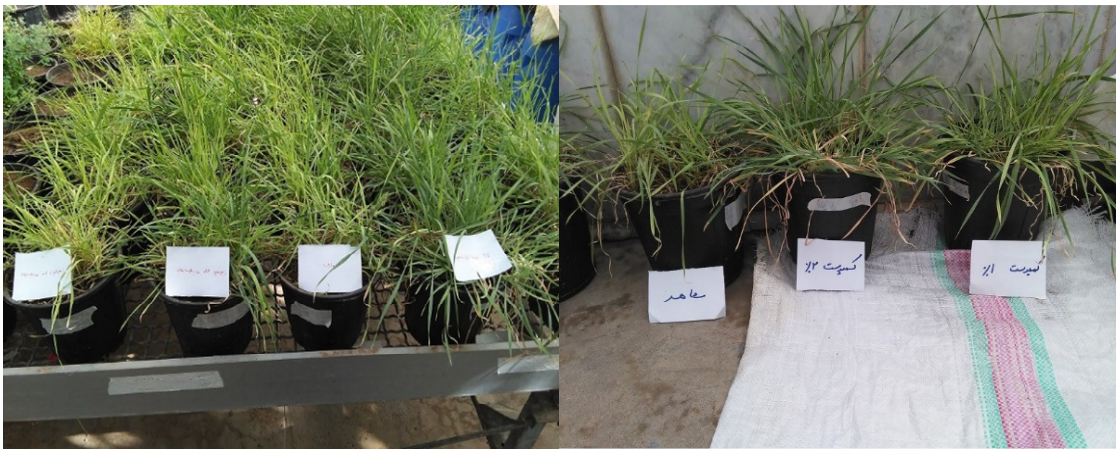
به‌دلیل اینکه بذرهای چاودار کوهی دوره خواب دارند (۱۸)، عملیات شکست خواب بر روی آن‌ها اعمال شد. به این صورت که به مدت ۳۰ روز در یخچال با دمای ۴ ^{o}C (سرمادهی مرطوب) قرار گرفتند. بذرها در تمام طول دورهٔ سرمادهی به‌طور یکنواخت مرطوب نگه داشته شدند (۱۴ و ۱۵). پس از اعمال تیمار سرمادهی مرطوب، بذرها به محیط کشت (گلدان‌های آماده شده) منتقل شدند. سپس، ۲۰ عدد از بذر گیاه *S. montanum* (تهیه شده از رویشگاه آن در مراتع طالقان) در عمق حدود یک سانتی‌متری (۴) در داخل هر یک از گلدان‌ها بر اساس طرح آزمایش کشت شدند. بعد از جوانه‌زنی و استقرار گیاه، در هر گلدان ۱۵ پایه باقی ماند. پس از گذشت ۵ ماه از استقرار گیاه در خاک و رسیدن به حد نصاب رشد (شکل ۲)، اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان، جمع‌آوری شد و برخی از خصوصیات مورفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه، حجم ریشه و سطح ریشه و مولفه‌های عملکردی گیاه مانند زیست‌توده خشک اندام هوایی، زیست‌توده خشک ریشه و زیست‌توده کل گیاه اندازه‌گیری شد.

ارتفاع گیاه و طول ریشه با استفاده از خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شد. حجم ریشه از روی جابجا شدن آن پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها در آب توسط یک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. برای این منظور گیاه را از خاک خارج نموده و بعد از شستشو و جدا کردن ذرات خاک از ریشه، ریشه گیاه در استوانه‌ای که تا حد مشخص از آب پر شده است، فرو برده شد. مقدار آب جابجا شده در استوانه برابر با حجم ریشه خواهد بود. سطح ریشه به کمک روش مرسوم اتیکسون با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۱۲).

رابطه ۱:

سطح ریشه (cm^2) = (طول ریشه * π * حجم ریشه‌ها)$^{۰/۵}$

زیست‌توده خشک ریشه، اندام‌های هوای (شاخساره) و کل بعد از خشک شدن نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله ترازوی دیجیتالی دقیق اندازه‌گیری شد (۱۲).



شکل ۲- تصاویری از رشد گیاه در محیط گلخانه

نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف[1] بررسی شد. بر اساس نتایج این آزمون کلیه متغیرها با اطمینان ۹۵ درصد توزیع نرمال داشتند. برای مطالعه اثر تیمارها بر خصوصیات رشد چاودار کوهی از تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد تا بهترین تیمار انتخاب گردد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

[1]- Kolmogorov-Smirnov

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

نتایج

بررسی اثر تسهیل‌گرهای مورد استفاده بر فاکتورهای مورفولوژیکی گونه *S. montanum*

اثر تیمارهای کمپوست زباله شهری در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی و نانوسیلیس در سه سطح ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، حجم ریشه و سطح ریشه) گونه *S. montanum* به‌منظور مطالعه اثر تیمارها بر خصوصیات مورفولوژیکی آن‌ها موردبررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرهای مورد استفاده بر ارتفاع گیاه نشان داد، اثر تیمار در سطح پنج درصد بر ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌دار نداشته است. درحالیکه اثر مواد تسهیل‌گر بر حجم ریشه، سطح ریشه و طول ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

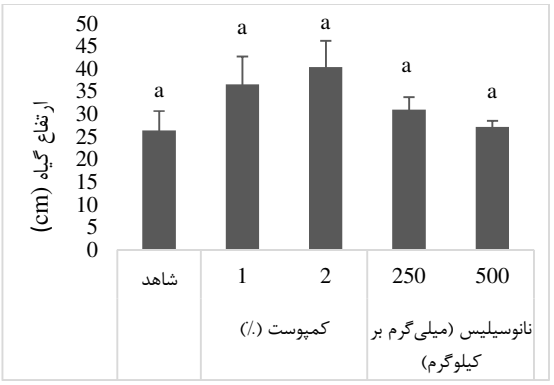
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرها بر خصوصیات مرفولوژیک *S. montanum*

متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ارتفاع گیاه (cm)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۱۳۱/۰۶	۱/۳۲^{ns}
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۹۹/۲۲	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۱۱/۶۹		
حجم ریشه (cm^3/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۱۲۲/۸۴	۷/۲۷**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۱۶/۸۸	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۸/۸۴		
سطح ریشه (cm^2/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۲۱۲/۱۴	۲۰/۷۵**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۱۰/۲۲	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۱۰/۰۱		
طول ریشه (cm/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۳۳/۹۵	۲۸/۴۲**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۱/۱۹	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۴/۱		

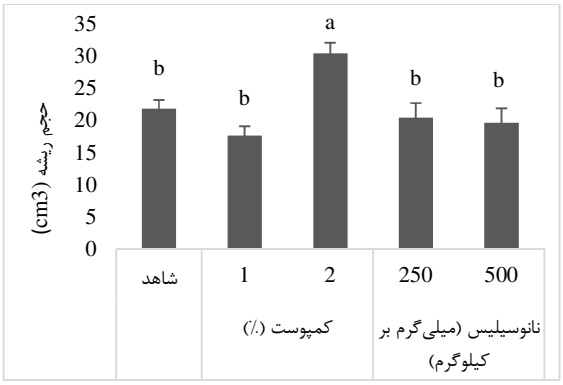
**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه نشان داد با اینکه اثر تسهیل‌گرها بر ارتفاع گیاه از نظر آماری معنی‌دار نشده است، ولی ارتفاع گیاه تحت تیمار کمپوست زباله شهری ۲ درصد، مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر سطح ریشه گیاه نشان داد که بیشترین سطح ریشه تحت تیمار کمپوست ۲ درصد (۳۲/۹ سانتی‌مترمربع در گلدان) و کمترین مقدار آن (۱۷/۱۱ سانتی‌مترمربع در گلدان) تحت تیمار کمپوست ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۳). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار، بیشترین حجم ریشه (۳۰/۴ سانتی‌مترمکعب در گلدان) در گونه مورد مطالعه، تحت تیمار کمپوست ۲ درصد و کمترین آن (۱۷/۶ سانتی‌مترمکعب در گلدان) تحت تیمار کمپوست ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۴). بیشترین مقدار طول ریشه (۱۱/۳۷ سانتی‌متر در گلدان) و سطح ریشه (۳۲/۹ سانتی‌مترمربع در گلدان) گیاه نیز در تیمار کمپوست ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۵ و ۶).

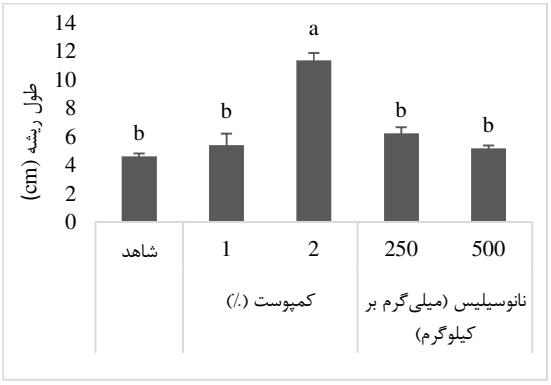
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]



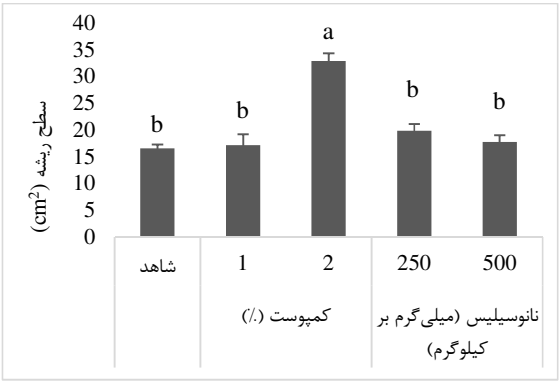
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر ارتفاع گیاه



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر حجم ریشه گیاه



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر طول ریشه گیاه



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر سطح ریشه گیاه

بررسی اثر تسهیل‌گرهای مورد استفاده بر عملکرد تولیدی گونه *S. montanum*

نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرهای رشد بر عملکرد تولیدی گونه مورد مطالعه نشان داد که اثر تیمارهای مورد مطالعه در سطح اطمینان یک درصد بر وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه و وزن کل گیاه تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرها بر عملکرد تولید *S. montanum*

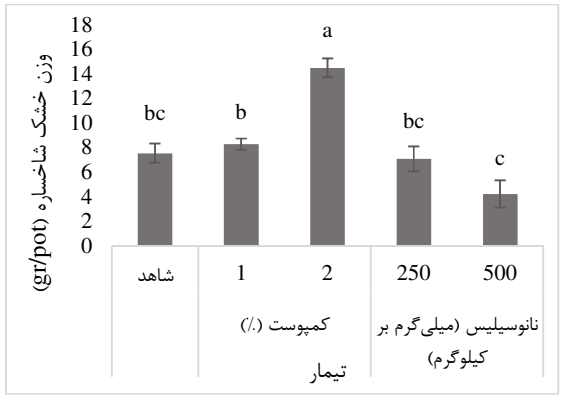
متغیر	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
وزن خشک شاخساره (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۷۱/۱۶	۱۹/۳۹**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۳/۶۷	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۱۱/۶۹		
وزن خشک ریشه (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۴۲/۸۶	۲۸/۴۲**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۱/۵	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۸/۸۴		
وزن کل گیاه (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)	۴	۲۱۶/۴۵	۳۵/۳۶**
	درون گروه‌ها (اثر خطا)	۲۰	۶/۱۲	
	کل	۲۴		
	ضریب تغییرات (CV%)	۲۵/۰۱		

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

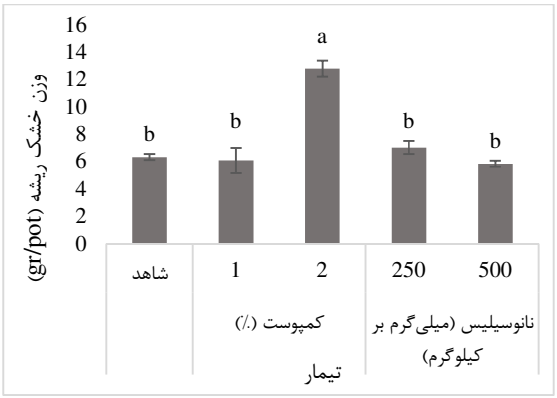
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

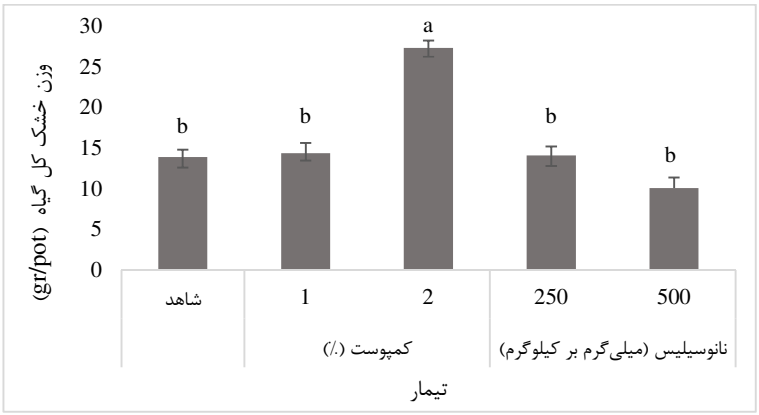
نتایج کاربرد تیمارها بر وزن خشک شاخساره گیاه نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام‌های هوایی (۱۴/۴۸ گرم در گلدان) تحت تیمار کمپوست ۲ درصد و کمترین آن (۴/۲۲ گرم در گلدان) در تیمار نانوسیلیس ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۷). بیشترین مقدار وزن خشک ریشه (۱۲/۷۸ گرم در گلدان) تحت تیمار کمپوست ۲ درصد و کمترین آن (۵/۸ گرم در گلدان) در تیمار نانوسیلیس ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۸). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مقدار بیومس گیاه (۲۷/۲۷ گرم در گلدان) در تیمار کمپوست ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۹) و بین سایر تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر وزن خشک شاخساره



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر وزن خشک ریشه



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر وزن خشک کل گیاه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر خصوصیات مورفولوژیکی *S. montanum* نشان داد که تیمار کمپوست زباله شهری ۲ درصد تأثیر بیشتری بر خصوصیات مورفولوژیکی شامل حجم ریشه و سطح ریشه و مولفه‌های عملکردی شامل وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و وزن کل گیاه گونه چاودار داشت. به‌طوری که سطح ریشه تحت تیمار کمپوست ۲ درصد، ۱۳/۳۵ سانتی‌مترمربع (۴۱ درصد) بیشتر از تیمار شاهد بوده است. به‌علاوه حجم ریشه در تیمار کمپوست ۲ درصد، ۶/۸ سانتی‌متر مکعب (۲۸ درصد) بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین وزن خشک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

ریشه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک کل گیاه در تیمار کمپوست ۲ درصد، به‌ترتیب ۶/۴ (۵۰/۶ درصد)، ۷ (۴۸/۲ درصد) و ۱۳/۴۶ (۴۹ درصد) گرم بیشتر از تیمار شاهد بود. به‌نظر می‌رسد از دلایل اصلی این موضوع آن است که، کمپوست زباله شهری دارای مواد مغذی برای بهبود رشد و افزایش زیست‌توده گیاهان می‌باشد و با افزایش درصد کمپوست در بستر کاشت گیاهان، تأثیر مثبت آن بر رشد گیاه نیز افزایش یافته است. همچنین به‌دلیل اینکه کمپوست زباله شهری دارای مقدار مناسبی ماده آلی است، کاربرد آن باعث بهبود ماده آلی خاک نیز شد و با افزایش ماده آلی خاک (افزایش درصد کمپوست)، رشد و زیست‌توده گیاهان نیز افزایش یافت. بنابراین می‌توان اظهار داشت در کاشت این گیاه برای اصلاح مرتع و یا ایجاد چراگاه‌های دست‌کاشت و یا در مراتعی که دارای وضعیت ضعیفی باشند و هدف افزایش پوشش گیاهی و زیست‌توده مرتع باشد، می‌تواند از کمپوست زباله شهری به‌عنوان ماده‌ای ارزان قیمت بعد از ارزیابی‌های اقتصادی کاربرد آن در مراتع استفاده نمود. در این ارتباط هادن و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که، افزودن کمپوست زباله شهری به خاک علفزارهای کالیفرنیا، سبب افزایش رشد گیاهان می‌شود. همچنین، نیتروژن و فسفر موجود در کمپوست سبب افزایش ظرفیت نگهداری خاک و در نتیجه تولید ناخالص اولیه می‌شود. همچنین ایشان بیان می‌کنند که افزودن کمپوست زباله شهری به خاک مراتع علفزار، علاوه بر فواید اقتصادی مربوط به افزایش تولید علوفه، فواید زیست‌محیطی دیگری مانند بهبود کیفیت خاک، افزایش دسترسی مواد غذایی و آب برای گیاهان نیز دارد، که این امر به علت بهبود ظرفیت نگهداری خاک است. در نهایت افزودن کمپوست به خاک علفزارها باعث انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر بارندگی‌های شدید، آهسته کردن شروع خشکسالی و ارائه خدمات بیشتر اکوسیستم خواهد شد. رایالز و سیلور (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر کمپوست سبز بر تولید ناخالص اولیه و انتشار گازهای گلخانه‌ای مراتع علفزار یکساله کالیفرنیا، گزارش دادند که در طول سه سال آزمایش، افزودن کمپوست به خاک سبب شد که تولید ناخالص گیاهان (زیست‌توده سطح خاک و زیرزمینی) از ۲/۱ تن در هکتار به ۴/۷ تن در هکتار افزایش یافت. والتر و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی پاسخ گیاهان و خاک مراتع تخریب‌شده بوته‌زار اسپانیا به کاربرد کمپوست زباله شهری (سطوح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار)، گزارش دادند که کاربرد سطحی کمپوست در سطح خاک، سبب افزایش زیست‌توده هوایی و تاج پوشش گیاهان شد، به‌طوری‌که در سال اول آزمایش، درصد تاج پوشش گیاهان از ۸۲ درصد به ۱۰۰ افزایش یافت. این امر بدون آسیب‌های زیست‌محیطی اتفاق افتاد. استوس و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند که کاربرد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب باعث افزایش رشد گیاه *Pistacia lentiscus* شد و جذب فسفر توسط گیاه افزایش یافت. همچنین ایشان بیان کردند که اولین برتری این مواد، داشتن میزان مواد آلی بالا و حجم توده‌ای کم آن‌ها می‌باشد. این نقش مثبت کاربرد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب در بسیاری از محصولات زراعی، باغی و مرتعی گزارش شده است. وارنس و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که کاربرد کمپوست، مواد غذایی موردنیاز *Erica australis* و *Dactylis glomerata* را فراهم کرد و رشد آن‌ها را افزایش داد. همچنین تحت تیمار ۳۰ گرم در کیلوگرم کمپوست زباله شهری، زیست‌توده *Er. australis* و *Da. glomerata* به‌ترتیب ۱/۸ و ۱۰ برابر بیشتر از حالت بدون کاربرد کمپوست بود. مصلحی و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیان کردند که به‌نظر می‌رسد که کلات‌کننده کمپوست زباله شهری، با تأثیر بر رشد و زیست‌توده گیاهی به‌دلیل دارا بودن عناصر مغذی برای گیاه، سبب افزایش وزن خشک هوایی می‌شود و کلات‌کننده EDTA با اثر کاهشی بر رشد گیاه *H. annus* به‌دلیل تخریب سلول‌های گیاه، سبب کاهش وزن خشک هوایی گیاه شد.

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد تیمارهای نانوسیلیس ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مرفولوژیکی و عملکردی گیاه *S. montanum* نداشتند و با وجود اینکه از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نبود، کاربرد نانوسیلیس ۵۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم باعث کاهش نسبی بعضی از مولفه‌های رشد گیاه نسبت به شاهد شد. به‌نظر می‌رسد دلیل این امر آن است که در غلظت‌های پایین نانوسیلیس باعث بهبود مولفه‌های رشد و عملکرد گیاه شده است ولی در غلظت بالاتر ممکن است برای گیاه ایجاد سمیت کرده باشد و در نتیجه باعث

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است. در این ارتباط کمالی و صادقی‌پور (۲۰۱۵) در مطالعه تاثیر نانودی اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی و رشد پنج گونه مرتعی *Eurotia ceratoides*، *Nitraria schoberi*، *Halothamnus glaucus*، *Salsola rigida* و *Kochia prostrata*، بیان کردند که در اکثر این گیاهان، غلظت‌های پایین نانودی اکسیدتیتانیوم تاثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نداشت، ولی در غلظت بالا (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با ایجاد سمیت موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد. همچنین معمری و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که کاربرد نانسیلیسیم در محیط کشت *Stipa hohenackeriana* سبب کاهش خصوصیات رشد و عملکردی آن شد. به‌علاوه معمری و همکاران (۱۳۹۷) غلظت‌های پایین‌تر نانوسیلیکات پتاسیم (۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد *Onobrychis sativa* Lam. شد ولی غلظت بالاتر نانوسیلیکات پتاسیم (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سبب کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد این گیاه شد. بنابراین در کاربرد نانوذرات، توجه به میزان مصرفی که هم موثر باشد و هم سمیت ایجاد نکند بسیار حائز اهمیت است. نتایج این مطالعه با تحقیق خوش‌گفتارمنش (۱۳۸۹) مطابقت ندارد. ایشان گزارش دادند که تغذیه سیلیسیم در حد مناسب و بهینه موجب افزایش زیست‌توده و حجم ریشه‌ها شده، درنتیجه سطح جذب‌کننده عناصر از محیط را افزایش می‌دهد. سیلیسیم سبب افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌شود و با افزایش غلظت کلروفیل برگ، توانایی گیاه برای استفاده از نور زیاد شده و می‌تواند شدت‌های کم و زیاد نور را بهتر تحمل کند. محقق و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعه‌ای بیان کردند که کاربرد سیلیسیم سبب شد وزن خشک ریشه و شاخساره، طول ریشه و ارتفاع شاخساره در بوته‌های *Cucumis sativus* تیمار شده با سیلیسیم در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند.

به‌طورکلی نتایج نشان داد که از بین تسهیل‌گرهای مورد استفاده در این پژوهش، کمپوست زباله شهری در سطح ۲ درصد اثر مثبتی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه *S. montanum* داشت. به‌طوریکه زی‌توده گیاه (زیست‌توده ریشه، اندام‌های هوایی و کل) در سطح تیمار ۲ درصد، نسبت به شاهد، حدود ۵۰ درصد افزایش داشته است. بنابراین به‌نظر می‌رسد می‌توان در عملیات اصلاح مراتع، تبدیل دیمزارهای کم‌بازده و رهاشده به علوفه‌کاری و ایجاد چراگاه‌های مرتعی در راستای کاهش فشار بر مراتع کشور، از این تسهیل‌گر (کمپوست زباله شهری) برای بهبود استقرار و افزایش عملکرد این گیاه استفاده نمود.

References

1. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & M. Moameri, 2016. Effects of Silica and Silver Nanoparticles on seed germination Traits of *Thymus kotschyanus* in Laboratory Conditions. Journal of Rangeland Science, 6(3): 221-131.
2. Abrisham, E., M. Jafari & A. Tavili, 2015. Effects of water deficit and Zeolite application on some soil properties and growth parameters of Halothamnus glaucus in arid land ecosystems. Journal of Rangeland, 9(2): 120-128.
3. Ahmad, R., S.H.A. Zaheer & I.S. Ismail, 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticom aestivum* L.), Plant Science, 85: 43-50.
4. Azarnivand, H. & M.A. Zare Chahuoki., 2011. Range Improvement. University of Tehran Press, 345 pp.
5. Forests, Range and Watershed Management Organization, 1387. Regulations and technical instructions of the rangeland (instructions for the conversion of low-yielding and steep lands to pastures), Magazine 148, 34 pp.
6. Haden, VR., SD. Gryze & N. Nelson, 2014. Methodology for compost additions to grazed grasslands, American Carbon Registry, 50 p.
7. Jankju, M., 2009. Range Development and Improvement. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 237pp.
8. Kamali, N. & A. Sadeghipuor., 2015.Effects of different concentrations of nano TiO2 on germination and early growth of five range plant species. Journal of Rangeland, 9(2): 170-180.
9. Karimi, M., Gh. Savaghebi & B. Motesharezadeh, 2012. Investigation of heavy metals changes (Pb, Zn, Mn and Fe) in soil and *Lepidium sativum* shoots under organic and mineral treatments. Journal of Environment Science, 9(4): 14-28.
10. Khoshgoftarmanesh, A.H., 2010. Advanced topics in plant nutrition. Jahad Daneshgahi of Mashhad, 240pp

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]

11. Le, V.N. Y. Rui., X. Gui., X. Li., S. Liu & Y .Hang, 2014. Uptake, transport, distribution and Bio-effects of SiO_2 nanoparticles in Bt-transgenic cotton. Journal of Nanobiotechnology, 3: 1-15.
12. Moameri, M., 2016. Assessment capability of rangeland plants for remediation of contaminated soils to heavy metal of Pb and Zn (Case Study: National Iranian Lead & Zinc Company). Ph.D Thesis, University of Tehran, 210pp.
13. Moameri, M. & M. Abbasi Khalaki., 2017. Capability of *Secale montanum* trusted. for phytoremediation of lead and cadmium in soils amended with nano-silica and municipal solid waste compost. Environment Science and Pollution Research, 1-8.
14. Moameri, M., M. Abbasi-Khalaki & A Tavili. 2011. Effects of *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Lljin extract on seeds germination and seedlings growth of *Agropyron elongatum* (Host.) and *Agropyron desertorum* (Fisch.). Research Journal of Seed Science, 4(1): 40-50.
15. Moameri, M., M. Abbasi Khalaki & A. Tavili. 2013. Investigation effect of different seed dormancy breaking treatments on germination of, *Astragalus gossypinus* Fisch. and *Zygophyllum eurypterum* Boiss. & Buhse. Seeds. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 101:12-22.
16. Moameri, M., E. Alijafari., M. Abbasi khalaki & A. Ghorbani., 2018. Effects of nanopriming and bioprimingon on growth characteristics of Onobrychis sativa Lam. under laboratory conditions. Journal of Rangeland, 12(1): 101-111.
17. Moameri, M., M. Jafari., A. tavili., B. Motasharezadeh., M.A. Zare Chahouki & F. Madrid DIAZ. 2018. Investigating lead and zinc uptake and accumulation by *Stipa hohenackeriana* trin and rupr. In field and pot experiments. Bioscience Journal, 34(1): 138-150.
18. Moghimi, J., 2005. Introduction of some rangeland species for the development and improvement of Iranian rangelands. Arvan Press, 670 pp.
19. Mohaghegh P., M. Shirvani & S. Ghasemi, 2010. Silicon Application Effects on Yield and Growth of Two Cucumber Genotypes in Hydroponics System. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 1(1):25-40.
20. Moslehi, A. & M. feizian., 2014. EDTA and municipal solid waste compost effects on Pb and Cd phytoremediation management by sunflower. Soil Management Journal, 3(2): 421-431.
21. Motesharezadeh, B. & Gh. Savaghebi., 2012. Phytoremediation or green remediation. University of Tehran Press, 283 pp.
22. Ostos, J.C., R. Lopez-Garrido., J.M. Murillo & R. Lopez, 2008. Substitution of peat for municipal solid waste-and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistaci lentiscus L.* Bioresour Technol, 99: 1793-1800.
23. Pierce, B.L., E.F. Redente., K.A. Barbarick., R.B. Brobst & P. Hegeman, 1997. Plant biomass and elemental changes in shrubland forages following biosolids application. Journal of Environmental Quality, 27(4): 789-794.
24. Razavi Toosi, A., 2001. Interaction of compost, leachate of compost and manganese on growth and chemical composition of spinach and rice. MSc Thesis, University of Shiraz, 81 pp.
25. Ryals, R., V.T. Eviner., K.N. Stein, Claudia., Suding & W.L. Silver, 2016. Grassland compost amendments increase plant production without changing plant communities. Ecosphere, 7(3):1-15.
26. Ryals, R. & W.L. Silver., 2013. Effects of organic matter amendments on net primary productivity and greenhouse gas emissions in annual grasslands. Ecological Applications, 23: 46-59.
27. Sabir, M., A. Ali., M.Z. Rehman & K.R. Hakeem, 2015. Contrasting effects of farmyard manure (fym) and compost for remediation of metal contaminated soil. International Journal of Phytoremediation, 17: 613-621.
28. Varennes, A., M.M. Abreu., G. Qu & C.Cunha-Queda, 2010. Enzymatic activity of a mine soil varies according to vegetation cover and level of compost applied. International journal of phytoremediation, 12: 371-383.
29. Walter, I., F. Martínez & G. Cuevas, 2006. Plant and Soil Responses to the Application of Composted MSW in a Degraded, Semiarid Shrubland in Central Spain. Compost Science and Utilization, 14(2): 147–54.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.11.1]