

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

مهدى معمرى^{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 سیلیسیم 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 ریست‌توده خشک شاخصاره، ریست‌توده 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 SPSSVer22 استفاده شد. نتایج نشان داد که از خصوصیات مورفولوژیکی گیاه، سطح ریشه و حجم ریشه تحت تیمار کمپوست ۲ درصد، بهترتبی ۱۳/۳۵ سانتی‌مترمربع و ۶/۸ سانتی‌متر مکعب بیشتر از تیمار شاهد بودند. همچنین از مولفه‌های عملکردی گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخصاره و وزن خشک کل گیاه در تیمار کمپوست ۲ درصد، بهترتبی ۷/۶ و ۱۳/۴۶ گرم بیشتر از تیمار شاهد بودند. به طور کلی 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 مراعع دست‌کاشت و علوفه‌کاری در دیمزارهای کمبازده و رهاسده به‌منظور کاهش فشار به مرتع، از کمپوست در سطح ۲ درصد برای بهبود استقرار و افزایش عملکرد این گیاه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تسهیل گر رشد، کمپوست، نانوسیلیس، چراگاه، *Secale montanum*

۱ - استادیار دانشگاه محقق اردبیلی
* نویسنده مسئول: moameri@uma.ac.ir

نمود. امروزه بهدلیل افزایش جمعیت و زندگی شهری، حجم انبوه انواع زباله‌ها از جمله 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 قابل استفاده به صورت 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 ارزان قیمت 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 تخریب شده اسپانیا به کاربرد کمپوست زباله شهری (سطحه ای، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار)، گزارش دادند که کاربرد سطحی کمپوست در خاک، سبب افزایش زیست‌توده هوایی و تاج پوشش گیاهان شد، به طوری که 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 افزوون کمپوست به علفزارها گزارش دادند که، افزاون 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. افزاون کمپوست زباله شهری به خاک مراتع علفزار، علاوه بر فواید اقتصادی مربوط به افزایش تولید علوفه، فواید زیست‌محیطی دیگری مانند بهبود کیفیت

مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی، به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش قابل توجهی در حفاظت آب و خاک، حفظ تنوع ژنتیکی کره زمین، تامین علوفه مورد نیاز دام و تامین بخش قابل توجهی از گوشت قرمز و نیاز پروتئینی کشور دارند. به علاوه تأمین معيشت جمعیت قابل توجهی از مرتعداران به طور مستقیم یا غیرمستقیم به مراتع وابسته است. رشد جمعیت انسانی و به تبع 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 غله گیاهان مهاجم شده است (۷). احداث چراگاه‌ها و علوفه‌کاری در دیمزارهای کم‌بازده و رهاسده 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 موقیت برنامه‌های احداث چراگاه، علوفه‌کاری در دیمزارها و اصلاح مراتع تاثیر زیادی دارد. گونه‌های مورد استفاده باید خوشخوار، پرتویید، 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 به طور معمول گونه‌های معینی سازگار هستند (۴). چاودار کوهی (*Secale montanum*) از گیاهان علوفه‌ای مرغوب و بالرزش مرتعی 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 از جمله تسهیل‌گرهای رشد مانند کمپوست زباله شهری و مواد نانو، به استقرار گیاهان در عملیات اصلاح مراتع و ایجاد چراگاه‌ها کمک

این گونه می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع و لزوم اصلاح مراعع تخریب شده و احداث چراغاههای دست کاشت بوسیله گیاهان مناسب، هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر تسهیل‌گرهای رشد (کمپوست زباله شهری و نانوذرات *S. montanum*) بر فاکتورهای رشد گونه مرتعی *S. montanum* در محیط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

چاودار کوهی (*S. montanum*) از گیاهان علوفه‌ای بسیار مرغوب و بالرزش مرتعی برای اصلاح و توسعه مراعع کوهستانی است که می‌توان از آن برای تبدیل دیمزارهای کمبازده به مراعع دست کاشت یا چراغاه 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 مراعع طالقان از پنج نقطه در عمق ریشه‌دانی (۰-۳۰ سانتی‌متر) جمع‌آوری شد. سپس بهمنظور یکنواخت کردن نمونه‌های خاک، آنها را با یکدیگر ترکیب نموده و یک نمونه مركب ایجاد شد. برخی از خصوصیات خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

خاک، افزایش دستری 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 به عنوان 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 تنفس خشکی داشته است. متشرعزاده و ثوابقی (۱۳۹۴) بیان کردند که نانوسیلیس نماینده‌ای از ترکیبات زئولیتی است که اثرات مفیدی بر رشد و تولید گیاهان بوسیله کاهاش تنش‌های زنده و غیرزنده مانند بیماری‌ها، آفات و امراض، رویشگاه، خشکسالی و عدم تعادل مواد غذایی دارد. همچنین عبارتی 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

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک مورد مطالعه

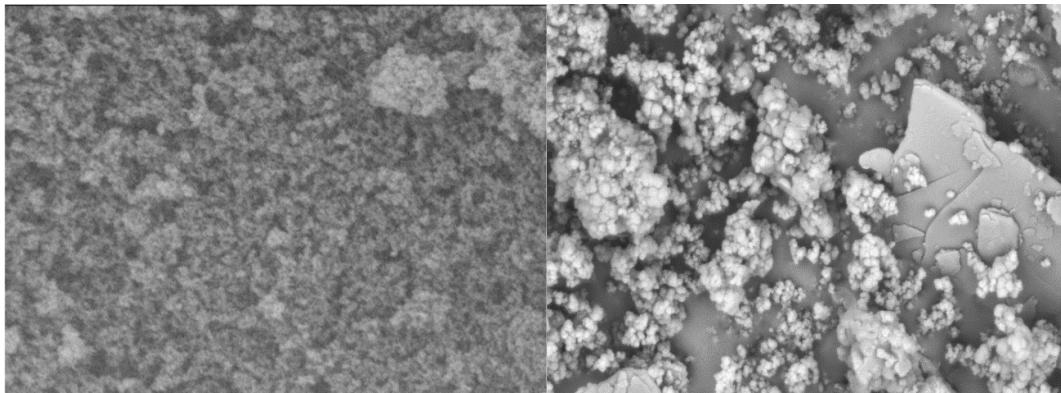
ویژگی	رس (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	EC (ds/m)	pH	ماده آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)
مقدار	۱۵	۲۵	۶۰	۱/۱	۰/۳	۷/۶	۰/۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۶۸

مهم‌ترین خصوصیات نانوسیلیس در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانوسیلیس در شکل (۱) ارائه شده است.

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

جدول ۲- برخی از خصوصیات کمپوست زباله شهری و نانوسیلیس

نانوسیلیس		کمپوست زباله شهری	
مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی
۸۰۰-۳۰	سطح و په (m ² /g)	۶/۹	pH
۵۰-۵	اندازه اولیه ذرات (nm)	۳۶۶	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m) (عصاره ۱:۱۰)
۴۰-۱	اندازه توده / کلوخه (μm)	۱/۴	نیتروژن (%)
۱/۲-۱/۹	داسیته (g/cm ³)	۰/۳۵	فسفر محلول (%)
۲۰۰-۲۰۰۰	حجم (mL/100g)	۰/۶۳	پتاسیم محلول (%)
>۳۰	قطر متوسط حفره (nm)	۱۶/۷۷	کربن آلی (%)
خیلی گسترده	توزیع قطر حفره	۰/۶	کادمیم (mg/kg)
ضعیف	شکل سطح درونی	۱۷۴	روی (mg/kg)
۹۸	خلوص (درصد)	۵/۱	سرب (mg/kg)
توده‌های متراکم و کلوخه‌ای	ساختارهای متراکم و کلوخه‌ای	۹/۵	رطوبت (%)
-	-	۶۶۷	آمن (mg/kg)
-	-	۱۳۶	منگنز (mg/kg)



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانوسیلیس

(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 به طور کامل از خاک پر شد و یک سوم باقیمانده محلول به آن افزوده شد. گلدان‌ها تا ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. گلدان‌های آبیاری شده به مدت 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

کشت گلدانی در بهار ۱۳۹۵ انجام شد. گلخانه دارای شرایط استاندارد بوده و دمای محیط آن در روز 25 ± 5 °C و در شب 17 ± 5 °C بود. کمپوست زباله شهری از ۲ میلی‌متری عبور داده شد و در سه سطح ۱، ۲ و ۲۷ 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 به طور کامل با خاک مخلوط شد. سپس به هر گلدان ۴ کیلوگرم از این خاک اضافه شد. سیلیسیم 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. نانوسیلیسیم در سه سطح ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به خاک افزوده شد

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 جایجا 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 برد شد. مقدار آب جایجا 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 :

$$\text{۱/۵} \cdot (\text{طول ریشه} * \pi * \text{حجم ریشه‌ها}) = (\text{cm}^2) \text{ سطح ریشه}$$

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

به منظور حصول تعادل ترکیبات و اصلاح کننده‌ها صورت گرفت (۹).

به دلیل 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°C (سرماده‌ی مرطوب) قرار گرفتند. بذرها در تمام طول دوره سرماده‌ی به طور یکنواخت مرطوب نگه داشته شدند (۱۴) و (۱۵). پس از اعمال تیمار سرماده‌ی مرطوب، بذرها به محیط کشت (گلدان‌های آماده شده) منتقل شدند. سپس، 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،



شکل ۲- تصاویری از رشد گیاه در محیط گلخانه

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.

نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف- اسمیرنوف^۱ 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

^۱- Kolmogorov-Smirnov

S. montanum به منظور مطالعه اثر تیمارها بر خصوصیات مورفولوژیکی آن‌ها موردهرسی 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. در حالیکه اثر مواد تسهیل‌گر بر حجم ریشه، سطح ریشه و طول ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

نتایج

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

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

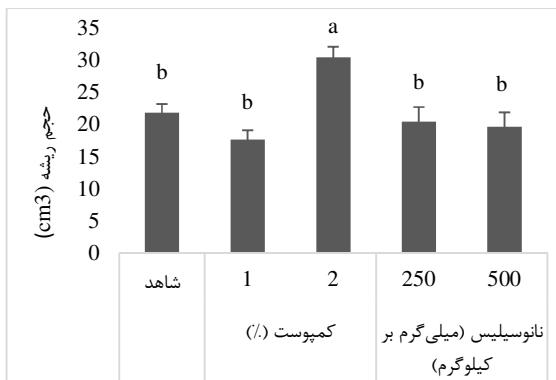
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرهای بر خصوصیات مرفولوژیک *S. montanum*

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

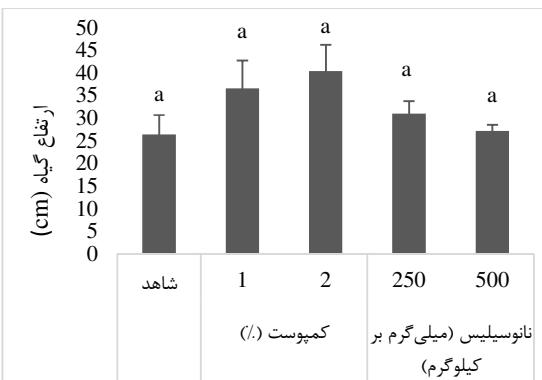
***: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، **: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

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).

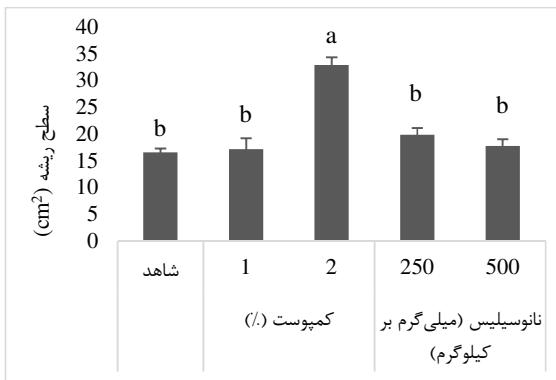
نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه نشان داد با اینکه اثر تسهیل‌گرها بر ارتفاع گیاه از نظر آماری معنی‌دار نشده است، ولی ارتفاع گیاه تحت تیمار کمپوست زباله شهری ۲ درصد، مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است. مقایسه میانگین اثر تیمارهای بر سطح ریشه گیاه نشان داد که بیشترین سطح ریشه تحت تیمار 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



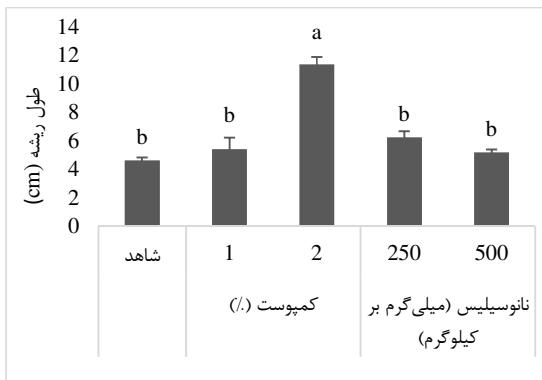
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر حجم ریشه گیاه



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر ارتفاع ریشه گیاه



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر سطح ریشه گیاه



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر طول ریشه گیاه

تیمارهای مورد مطالعه در سطح اطمینان یک درصد بر وزن خشک شاخصاره، وزن خشک ریشه و وزن کل گیاه تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۴).

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

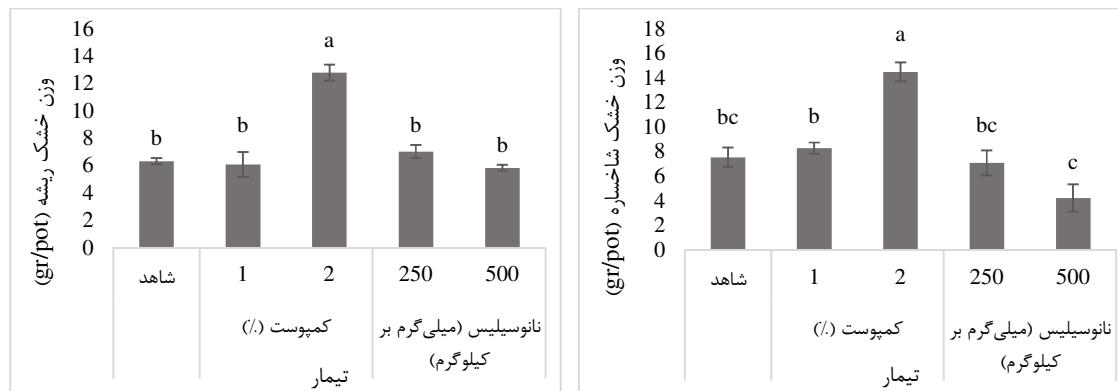
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تسهیل‌گرها بر عملکرد تولید *S. montanum*

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	متغیر	منابع تغییرات
$19/39^{**}$	۷۱/۱۶	۴	وزن خشک شاخصاره (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)
	۳/۶۷	۲۰		درون گروه‌ها (اثر خطا)
	۲۴	کل		ضریب تغییرات (%CV)
	۱۱/۶۹			
$28/42^{**}$	۴۲/۸۶	۴	وزن خشک ریشه (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)
	۱/۵	۲۰		درون گروه‌ها (اثر خطا)
	۲۴	کل		ضریب تغییرات (%CV)
	۸/۸۴			
$35/36^{**}$	۲۱۶/۴۵	۴	وزن کل گیاه (gr/pot)	بین گروه‌ها (اثر تیمار)
	۶/۱۲	۲۰		درون گروه‌ها (اثر خطا)
	۲۴	کل		ضریب تغییرات (%CV)
	۲۵/۰۱			

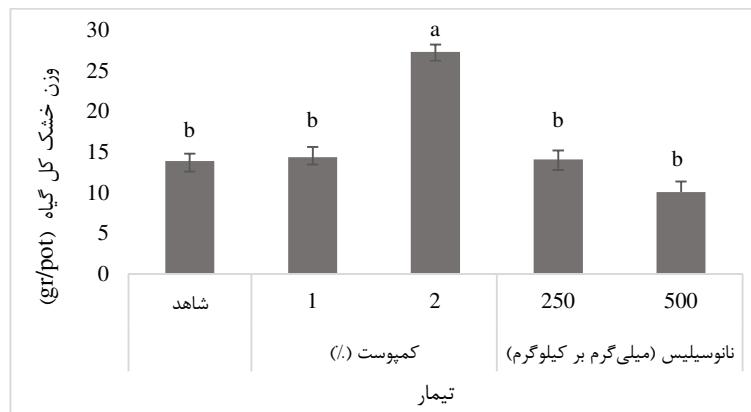
***: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، **: معنی‌داری در سطح ۵ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

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).

نتایج کاربرد تیمارها بر وزن خشک شاخصاره 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



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تسهیل‌گرها بر وزن خشک ریشه شاخصاره



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

و وزن کل گیاه گونه چاودار داشت. به طوری که سطح ریشه تحت تیمار کمپوست ۲ درصد، ۱۳/۳۵ سانتی‌مترا مربع (۴۱ درصد) بیشتر از تیمار شاهد بوده است. بعلاوه حجم ریشه در تیمار کمپوست ۲ درصد، ۶/۸ سانتی‌متر مکعب (۲۸ درصد) بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین وزن خشک

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

(۲۰۰۶) در بررسی پاسخ گیاهان و خاک مراتع تخریب شده بوتهزار اسپانیا به کاربرد کمپوست زباله شهری (سطح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار)، گزارش دادند که کاربرد سطحی کمپوست در سطح خاک، سبب افزایش زیست توده هوایی و تاج پوشش گیاهان شد، به طوری که در سال اول آزمایش، درصد تاج پوشش گیاهان از ۸۲ درصد به ۱۰۰ افزایش یافت. این امر بدون آسیبهای زیست محیطی 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 بترتیب این مواد، داشتن میزان مواد آلی بالا و حجم توده‌ای کم آن‌ها می‌باشد. این نقش مثبت کاربرد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب در سیاری از محصولات زراعی، باغی و مرتتعی 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 *Da. glomerata* و *Er. australis* و زباله شهری، زیست توده *Dactylis glomerata* به ترتیب ۱/۸ و ۱۰ برابر بیشتر از حالت بدون کاربرد کمپوست بود. مصلحی و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیان کردند که به نظر می‌رسد که کلات‌کننده کمپوست زباله شهری، با تأثیر بر رشد و زیست توده گیاهی به دلیل دارا بودن عناصر مغذی برای گیاه، سبب افزایش وزن خشک هوایی می‌شود و کلات‌کننده EDTA با اثر کاهشی بر رشد گیاه *H. annus* به دلیل 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 معنی داری بر خصوصیات مرفلوزیکی و عملکردی گیاه *S. montanum* نداشتند و با وجود اینکه از نظر آماری این اختلاف معنی دار نبود، کاربرد نانوسیلیس ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باعث کاهش نسبی بعضی از مولفه‌های رشد گیاه نسبت به شاهد شد. به نظر 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

ریشه، وزن خشک شاخصاره و وزن خشک کل گیاه در تیمار کمپوست ۲ درصد، به ترتیب ۶/۴ (۵۰/۶ درصد)، ۷ (۴۸/۴ درصد) و ۱۳/۴۶ (۴۹ درصد) گرم بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد از دلایل اصلی این موضوع آن است که، کمپوست زباله شهری دارای مواد مغذی برای بهبود رشد و افزایش زیست توده گیاهان می‌باشد و با افزایش درصد کمپوست در بستر کاشت گیاهان، تأثیر مثبت آن بر رشد گیاه نیز افزایش یافته است. همچنین به دلیل 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 زیست توده گیاهان نیز افزایش یافت. بنابراین می‌توان اظهار داشت در کاشت این گیاه برای اصلاح مرتع و یا ایجاد چراغهای دست کاشت و یا در مراتعی که دارای وضعیت ضعیفی باشند، و هدف افزایش پوشش گیاهی و زیست توده مرتع باشد، می‌تواند از کمپوست زباله شهری به عنوان ماده ای 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 زیست محیطی 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 رائمه 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 (زیست توده سطح خاک و زیرزمینی) از ۲/۱ تن در هکتار به ۴/۷ تن در هکتار افزایش یافت. والتر و همکاران

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 شاسخاره، طول *Cucumis sativus* ریشه و ارتفاع شاسخاره در بوته‌های تیمار شده با سیلیسیم در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند.

به‌طور کلی 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 زی توده 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 رهاسنده 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.

کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است. در این ارتباط کمالی و صادقی‌پور (۲۰۱۵) در مطالعه تاثیر نانوذاری اکسید تیتانیوم *Eurotia ceratoides* بر جوانه‌زنی و رشد پنج گونه مرتعی *Salsola Halothamnus glaucus Nitaria schoberi*، *Kochia prostrata rigidula* و *Stipa hohenackeriana* گیاهان، غلظت‌های پایین نانوذاری اکسید تیتانیوم 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 نانوسیلیسیم در محیط کشت *Onobrychis sativa Lam.* سبب کاهش خصوصیات رشد و عملکردی آن شد. به علاوه معمری و همکاران (۱۳۹۷) غلظت‌های پایین تر نانوسیلیکات پتابسیم (۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد *Onobrychis sativa Lam.* شد ولی غلظت بالاتر نانوسیلیکات پتابسیم (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

References

1. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & M. Moameri, 2016. Effects of Silica and Silver Nanoparticles on seed germination Traits of *Thymus kotschyana*s 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 (*Triticum 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. Sadeghipour., 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

11. Le, V.N. Y. Rui., X. Gui., X. Li., S. Liu & Y .Hang, 2014. Uptake, transport, distribution and Bio-effects of SiO₂ 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.) Ljin 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 biopriming 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.