پراکنش جوامع گیاهی در محدوده معدن مس سونگون، ورزقان، آذربایجان شرقی

آرزو علیزاده[۱]، جمشید قربانی*[۲]، جواد معتمدی[۳]، قربان وهاب‌زاده[۴]، آنتونی ون‌درانت[۵] و منصور ادراکی[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۵/۲۳

چکیده

بررسی پراکنش گیاهان در ارتباط با مقادیر عناصر فلزی، در حفظ تنوع زیستی و احیاء پوشش گیاهی در مناطق معدنی، اهمیت بسزایی دارد. پژوهش حاضر، پراکنش گیاهان در مناطق تحت تاثیر فعالیت معدن مس سونگون را بررسی نمود. برای این منظور، پوشش گیاهی و خاک، در ۱۶۰ پلات یک متر مربعی، در هفت مکان معرف، شامل؛ حاشیه رودخانه‌های سونگون‌چای و پخیرچای، دامپ باطله، دامپ اکسید و سه مکان مرتعی اطراف پیت معدن، نمونه‌برداری شد. بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، پنج زیراجتماع گیاهی، در محدوده معدن، شناسایی شد. گونه‌های *Astragalus microcephalus*، *Verbascum oreophilum*، *Festuca ovina*، *Bupleurum falcatum*، *Medicago lupulina*، *Rumex scutatus*، *Agropyron intermedium*، *Scariola orientalis* و *Polygonum alpestre* گیاهان غالب این زیراجتماعات بودند. با رسته‌بندی چندبعدی غیرمتریک (NMDS)، گرادیانی از پارامترهای مختلف خاک و مقادیر عناصر فلزی موثر در تمایز زیراجتماعات گیاهی، مشخص شد. در امتداد محور عناصر غذایی، اجتماعات گیاهی مربوط به مراتع اطراف پیت معدن و مرتع مجاور دامپ باطله، مشاهده شدند. زیراجتماعات گیاهی *Agropyron intermedium + Rumex scutatus* و *Polygonum alpestre + Scariola orientalis*، در امتداد محور مربوط به عناصر فلزی و شبه‌فلزی ظاهر شدند که در حاشیه پخیرچای، سونگون‌چای و دامپ اکسید و دامپ باطله پراکنش دارند. این مناطق، بیشتر تحت تاثیر مقادیر سولفور و عناصر فلزی کالکوفیل (سولفوردوست) قرار دارند. بر اساس نتایج حاصل، ترکیبی از گونه‌های گیاهی فلزدوست شامل؛ *Trifolium fragiferum*، *Onobrychis altissima*، *Onobrychis bungei* ، *Melilotus officinalis*، *Medicago coronate*، *Medicago lupulina* و *Medicago minima* از خانواده لگوم و *Bromus tomentellus* و *Melica persica*گونه‌های غالب از خانواده گندمیان در امتداد آلودگی، پراکنش دارند که در احیاء پوشش گیاهی بر روی باطله‌های معدن و سایر مناطق تخریب شده در محدوده معدن مس، قابل توصیه هستند.

واژه‌های کلیدی: تخریب اکوسیستم، معدن کاری، عناصر فلزی، باطله معدن، گیاهان فلزدوست، گونه پیشگام.

[۱]- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

[۲]- دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

* نویسنده مسئول: j.ghorbani@sanru.ac.ir

[۳]- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

[۴]- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

[۵] - پژوهشگر فوق دکتری مرکز احیای اراضی معدن‌کاری، انستیتو معادن پایدار، دانشگاه کوینزلند، استرالیا.

[۶] - دانشیار مرکز احیای اراضی معدن‌کاری، انستیتو معادن پایدار، دانشگاه کوینزلند، استرالیا.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

مقدمه

تخریب اجزاء اکوسیستم به‌واسطه فعالیت‌های معدن کاری، یکی از تهدیدهای اساسی برای محیط‌زیست است. معادن زیرزمینی و روباز و فعالیت‌های مرتبط با آنها، با تغییر و تخریب چشم‌انداز، اثرات مخربی بر پوشش گیاهی و اکوسیستم برجای می‌گذارد (۷ و ۲۹). فعالیت‌های معدن کاری، از طریق ایجاد آشفتگی، موجب ایجاد زیستگاه‌های جدید غنی از عناصر فلزی و معدنی می‌شوند (۱۲).

در محیط‌های معدنی، شرایط دشواری پیش روی استقرار گیاهان وجود دارد که علت آن، غلظت بالای فلزات سنگین و سایر محدودیت‌های محیطی همچون فقدان و کمبود مواد غذایی خاک است (۳۵). خاک‌های غنی از عناصر فلزی، عامل مهمی در تکامل گروه ویژه‌ای از گیاهان با نام گیاهان فلزدوست[1] هستند که به دلیل ویژگی‌های خاص فیزیولوژیک با چنین محیط‌هایی سازگاری حاصل نموده و ذخایر فیتوژنیک ارزشمندی در محیط‌های غنی از عناصر فلزی به‌شمار می‌آیند (۱۹ و ۲۰).

گیاهان فلزدوست، دارای مکانیسم‌های زیستی خاصی به‌منظور مقاومت، بردباری یا رشد در خاک‌های دارای غلظت بالای فلزات سنگین هستند و به‌عنوان گونه‌های بومی خاک‌های فلزدار، دارای اهمیت ویژه در حفاظت، احیا و گیاه‌پالایی اکوسیستم هستند (۴۲). شناسایی و حفاظت از جوامع گیاهی فلزدوست که تحت تاثیر گرادیان‌های عناصر فلزی مختلف، در خاک ظهور و استقرار می‌یابند، یکی از موضوعات قابل توجه در اکوسیستم‌های مناطق معدن‌کاری شده است (۳۹).

انتشار گازها و ریزگردها از محل گدازش و خردایش سنگ‌های معدنی، انتشار ریزگردها از دامپ‌های باطله و محل انباشت سنگ‌های معدنی توسط باد و زه‌آبها و سیالات اسیدی خارج شده از سنگ‌های معدنی و باطله‌ها، مهم‌ترین منابع انتشار عناصر فلزی و شبه‌فلزی در محیط‌های معدنی هستند (۳ و ۱۰) که بر رشد گیاهان، تنوع و فراوانی گونه‌ها، استقرار گیاهان، توسعه طبیعی پوشش گیاهی و متعاقبا روند توالی و توسعه اکوسیستم تاثیر نامطلوب دارد (۴ و ۴۰).

در شرایط نامطلوب محیط‌های معدنی، گونه‌های خاصی در سطح خاک تشکیل کلونی می‌دهند که یا دارای توانایی اجتناب از استرس فلزات سنگین بوده و یا برای رشد و زنده‌مانی در این شرایط، مقاوم هستند (۲۱ و ۴۴). شناسایی و تعیین گونه‌هایی که به‌طور طبیعی در این مناطق استقرار دارند یا دارای توانایی ظهور و استقرار در این شرایط (گونه‌های پیشگام) هستند، در برنامه‌های اصلاح و احیای پوشش گیاهی، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد و می‌تواند به بوم‌شناسان در شناخت مکانیسم‌های موثر در سازگاری به چنین محیط‌هایی کمک کند (۳۳). فلز مس نیز در این میان دارای اهمیت زیادی است؛ زیرا مقادیر زیاد مس در خاک، دارای سمیت ویژه‌ای برای گیاهان بوده و تکامل گونه‌های گیاهی مس دوست را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۸). ایران به‌عنوان نهمین کشور دارای ذخایر غنی مس، ۳/۶۳ درصد از تولید جهانی مس را به‌خود اختصاص داده است (۳۱). کانسار مس پورفیری سونگون در آذربایجان شرقی و در شمال غربی شهرستان اهر، با ۱/۷ میلیارد تن ذخیره کل و ۸۵۰ میلیون تن کانسنگ با عیار متوسط ۰/۷۶ درصد، یکی از بزرگترین ذخایر مس پورفیری جهان است (۲). از اینرو در پژوهش حاضر، مهم‌ترین اجتماعات گیاهی در محدوده معدن مس، شناسایی شد و ارتباط آنها با خاک رویشگاه، مورد بررسی قرار گرفت تا در نتیجه آن، بتوان گونه‌های گیاهی با قابلیت استقرار در محیط‌های دارای تنش عناصر فلزی و شبه‌فلزی را به‌منظور احیاء پوشش گیاهی و حفظ تنوع زیستی در این مناطق، شناسایی کرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

کانسار مس سونگون با موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۲ دقیقه و ۱۶ ثانیه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه و ۱۱ ثانیه عرض شمالی در مجاورت منطقه حفاظت شده ارسباران قرار دارد. ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا ۲۰۰۰ متر است. مرز جنوبی و شرقی این کانسار، منطبق بر رودخانه سونگون و مرز شمالی آن در محل برخورد با رودخانه پخیر و حد غربی آن، ارتفاعات مشرف به کانسار است. پوشش گیاهی این منطقه، عمدتا متشکل از

[1]- Metallophyte

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

خانواده‌های بقولات، چتریان، گل سرخ و نعناعیان بوده و گونه‌های بلوط سفید، ممرز، و ذغال‌اخته، ترکیب غالب گونه‌های درختی را تشکیل می‌دهند.

برای انجام این تحقیق، هفت مکان معرف انتخاب شد، به‌طوری که بتوانند، تاثیر فعالیت معدن را نشان دهند. دو رودخانه به نام‌های سونگون‌چای (N″۳۸°۴۲′۲۹/۸۰ - E ″۴۲′۵۸/۶۰ °۴۶) و پخیرچای (N″۳۸°۴۲′۳۲/۹۰-E″ ۴۲′۵۸/۰۰ °۴۶) در مجاورت محدوده معدن مس جریان دارند که دو حاشیه اطراف هر رودخانه انتخاب شدند. سونگون‌چای در ضلع شرقی معدن قرار دارد که کمتر تحت تاثیر آلودگی ناشی از فعالیت معدن است. پخیرچای از زیر دامپ باطله و پیت معدن، عبور می‌کند و به سونگون‌چای متصل می‌شود. دو منطقه دیگر، شامل؛ دامپ باطله (″۳۸°۴۲′۲۸/۸۰شمالی -″۴۶°۴۱′۵۳/۳۰ شرقی) (باطله‌های سنگی با عیار بالاتر مس) و دامپ اکسید (″۳۸°۴۱′۴۹/۶۰شمالی- ″۴۰′۵۶/۰۰ °۴۶ شرقی) (باطله‌های اکسید شده حاصل از سنگ‌شکن و آب‌شوئی سنگ‌های معدن با عیار کم مس) است. در محدوده فعالیت معدن، چهار منطقه با آلودگی کمتر، به‌عنوان شاهد انتخاب شدند. این مناطق شامل دامنه مجاور دامپ باطله (N″۳۸°۴۲′۳۶/۹۰ شمالی- ″۴۶°۴۰′۵۴/۳۰ شرقی)، دو دامنه شاهد با نزدیک‌ترین فاصله نسبت به پیت معدن (N″۳۸°۴۱′۱۹/۳۱ شمالی- ″۴۲′۰۰/۵۴ °۴۶ شرقی) و دامنه شاهد دیگر با فاصله دورتر از پیت معدن (N″۳۸°۴۰′۶۰/۰۰ شمالی- ″۴۰′۵۸/۳۰ °۴۶ شرقی) بوده است (شکل ۱).

روش بررسی

با توجه به ساختار پوشش گیاهی مناطق رویشی نیمه‌استپی و اینکه منطقه مورد مطالعه در چنین رویشگاه‌هایی پراکنش دارد؛ آماربرداری از پوشش گیاهی، به روش تصادفی- سیستماتیک، در داخل پلات‌های یک متر مربعی مستقر در امتداد ترانسکت‌های ۱۰۰ متری انجام شد. در مجموع، ۱۶۰ پلات یک متر مربعی، با فاصله ۱۰ متر از همدیگر، در طول ۱۶ ترانسکت، در محدوده معدن سونگون، بکار برده شد. به‌منظور رعایت اصل تصادفی بودن پراکنش پلات‌ها، نقطه شروع هر یک از ترانسکت‌ها، در هر مکان معرف، یکسان در نظر گرفته نشد.

پس از استقرار شبکه نمونه‌برداری در هر یک از مکان‌های معرف، حضور و عدم حضور و درصد پوشش تاجی هر یک از گونه‌های واقع در داخل پلات‌ها ثبت شد. تعداد پایه از طریق شمارش و پوشش تاجی آنها از طریق برآورد نظری، تخمین زده شد. در گام بعدی تحقیق، به‌منظور بررسی اثر عوامل خاکی بر پراکنش اجتماعات گیاهی، در هر ترانسکت از پلات‌های ابتدایی، وسطی و انتهایی، یک نمونه مرکب خاک، از عمق ۱۵-۰سانتی‌متری (عمق ریشه‌دوانی، اکثر گونه‌های واقع در مکان‌های معرف) برداشت گردید و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد.

pH با استفاده از دستگاه METEOHOM (ساخت کشور سوئیس) و هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه ELMETRON (ساخت کشور لهستان) از طریق تهیه عصاره گل اشباع به نسبت ۱: ۲/۵ (۲۴)، کربن به روش والکی بلک (۴۱)، نیتروژن به روش کجلدال و با استفاده از دستگاه Velp (ساخت کشور ایتالیا)، فسفر به روش السن (۳۲) و با استفاده از دستگاه SPEKOL 2000 (ساخت کشور آلمان)، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY) (ساخت کشور انگلیس) (۹)، بافت خاک به روش هیدرومتری (۶) و آهک از طریق تیتراسیون با اسید کلریدریک (۳۰) اندازه‌گیری شدند.

مقادیر فلزات سنگین و عناصر فلزی و شبه‌فلزی آلومینیوم، آرسنیک، کلسیم، کبالت، کروم، مس، آهن، منیزیم، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، سولفور و روی نمونه‌های خاک، با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-OES-Varian، ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید (۳۸).

تجزیه و تحلیل آماری

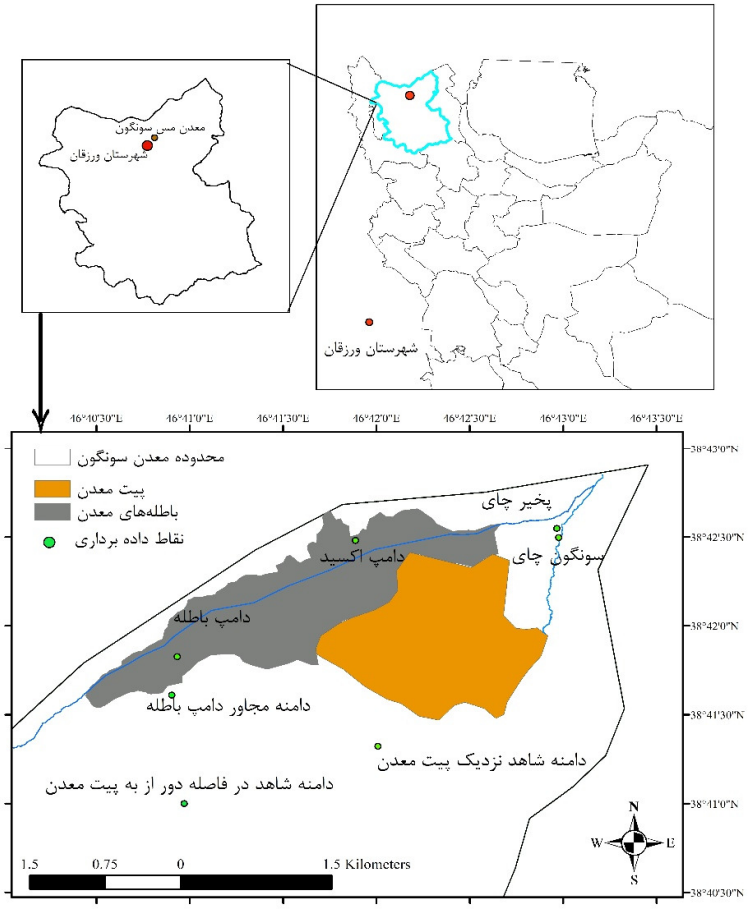
برای این منظور، ابتدا با کاربرد تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، زیراجتماعات گیاهی در محدوده معدن مس، مشخص شد. در این ارتباط، پس از تعیین شاخص فاصله اقلیدوسی، به روش حداقل واردز[1] (۱۹۶۳) و بر اساس

1- Minimum variation Ward´s method

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

داده‌های فراوانی و درصد پوشش تاجی، گونه‌های غالب هر خوشه مشخص شد. در گام بعد، با روش مقیاس‌بندی چندبعدی غیرمتریک (NMDS)، ارتباط پراکنش زیراجتماعات گیاهی با عوامل خاک، مورد بررسی قرار گرفت. در این رابطه، با استفاده از معیارهای عدم تشابه ماتریس داده‌ها به روش رتبه‌ای، ارتباط گونه‌های گیاهی و زیراجتماعات حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با خصوصیات خاک در مناطق مختلف معدن، بررسی شد (۱۶). تمامی داده‌ها در محیط نرم‌افزار Rstudio و با استفاده از پکیج Vegan، تجزیه و تحلیل شدند.



شکل ۱: موقعیت مکان‌های معرف، در محدوده معدن مس سونگون، ورزقان، آذربایجان شرقی

نتایج

در مجموع ۱۱۶ گونه گیاهی از ۲۷ تیره مختلف در محدوده اراضی مرتعی تحت فعالیت معدن مس سونگون، شناسایی شد که گونه‌های چندساله و پهن‌برگان علفی، سهم بیشتری در تشکیل فلور منطقه داشتند (جدول ۱). دامپ باطله، کمترین تعداد گونه گیاهی را نسبت به سایر مناطق داشت.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

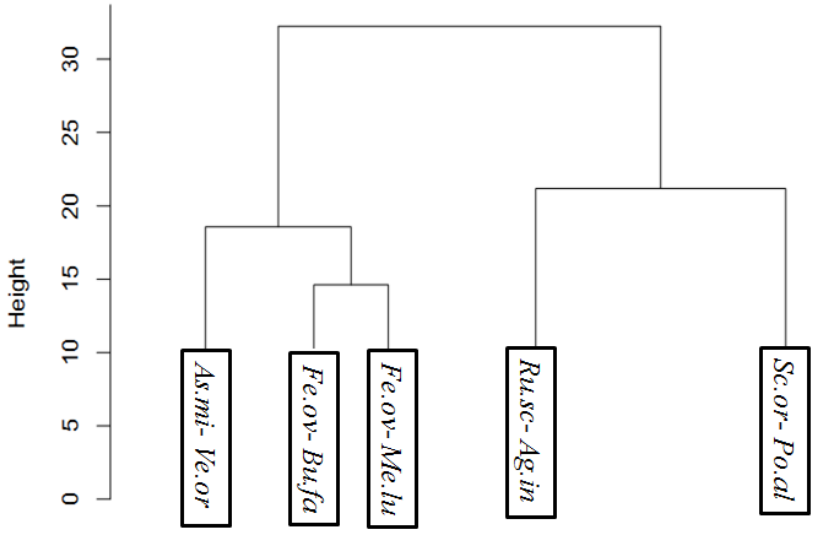
[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

جدول ۱: تعداد گونه گیاهی در محدوده معدن مس سونگون

مکان معرف	تعداد کل گونه	گندمیان	پهن برگان علفی	بوته‌ای‌ها	یکساله	چندساله
پخیرچای	۳۶	۵	۱۷	۱۴	۵	۳۱
سونگون‌چای	۴۳	۶	۲۳	۱۴	۸	۳۵
دامپ باطله	۲۳	۱	۱۵	۷	۳	۲۰
دامپ اکسید	۳۲	۳	۱۹	۱۰	۵	۲۷
مرتع شاهد مجاور دامپ باطله	۳۱	۸	۱۷	۶	۳	۲۸
مرتع شاهد نزدیک پیت معدن	۳۴	۶	۲۰	۸	۲	۳۲
مرتع شاهد دور از پیت معدن	۴۶	۹	۲۳	۱۴	۴	۴۲

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای نشان داد که پنج زیراجتماع گیاهی متمایز، در محدوده معدن مس سونگون پراکنش دارد (شکل۲). زیراجتماع اول دارای دو گونه شاخص *Astragalus microcephalus* و *Verbascum oreophilum* است و در مجموع دربر دارنده ۵۰ گونه گیاهی مختلف می‌باشد. زیراجتماع دوم، متشکل از ۳۴ گونه گیاهی است که *Festuca ovina* و *Bupleurum falcatum* گونه‌های غالب آن می‌باشند. زیراجتماع سوم با دو گونه اصلی *Festuca ovina* و *Medicago lupulina* مشخص و متشکل از ۳۳ گونه گیاهی است. زیراجتماع چهارم، ۳۷ گونه گیاهی مختلف را در خود جای داده و *Rumex scutatus* و *Agropyron intermedium* بیشترین فراوانی این زیراجتماع را به‌خود اختصاص داده‌اند. زیراجتماع گیاهی پنجم، متشکل از ۷۷ گونه گیاهی است و *Scariola orientalis* و *Polygonum alpestre* گونه‌های شاخص این زیراجتماع می‌باشند.

تیره‌های گیاهی غالب در این زیراجتماعات، شامل Fabaceae، Scrophulariaceae، Poacea، Apiaceae، Polygonaceae و Asteraceae می‌باشند (جدول ۲).



شکل ۲: دیاگرام طبقه‌بندی پوشش گیاهی در محدوده معدن مس سونگون (هر زیراجتماع بر اساس دو گونه غالب مشخص شده است)

(As.mi) *Astragalus microcephalus*، (Ve.or) *Verbascum oreophilum*، (Fe.ov) *Festuca ovina*، (Bu.fa) *Bupleurum falcatum*، (Me.lu) *Medicago lupulina*، (Ru.sc) *Rumex scutatus*، (Ag.in) *Agropyron intermedium*، (Sc.or) *Scariola orientalis*، (Po.al) *Polygonum alpestre*).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

جدول ۲: درصد فراوانی گونه‌های گیاهی در زیراجتماعات تفکیک شده در محدوده معدن مس سونگون

نام علمی	زیراجتماع اول	زیراجتماع دوم	زیراجتماع سوم	زیراجتماع چهارم	زیراجتماع پنجم
Acanthophyllum bracteatum	۱۲	-	-	-	-
Acanthophyllum glandulosum	-	-	۲۶/۳۱	-	-
Achillea millefolium	۸	-	۷۸/۶۸	-	-
Achillea vermicularis	۳۲	۷۱/۴۲		۸	۱۱/۳۹
Agropyron elongatum	-	-	-	۸	۲/۵۳
Agropyron intermedium	-	-	-	۷۲	۲۱/۵۱
Agropyron pectinoform	۱۲	-	-	-	-
Agropyron repens	۱۶	۷/۱۴	۳۶/۸۴	-	-
Agropyron tauri	۲۸	-	-	-	-
Agropyron trichophrum	۵۶	-	-	-	-
Ajuga chamaecistus	۳۲	-	-	۴	۱/۲۶
Alhagi camelorum	-	-	-	-	۱/۲۶
Allium kotschyi	-	۲۸/۵۷	-	-	-
Alyssum bracteatum	-	-	۴۲/۱۰	-	
Alyssum lanigerum	۶۰	۷۸/۵۷	-	۴	۱/۲۶
Anchusa italica	۱۲	-	۱۵/۷۸	-	۵/۰۶
Anthemis atropatana	-	-	-	-	۷/۵۹
Anthemis leptophylla	-	-	۵/۲۶	-	
Arenaria persica	-	-	-	-	۱/۲۶
Arundo donex	-	۱۴/۲۸	-	-	-
Astragalus ehaborasicus	۴	۲۸/۵۷	۳۶/۸۴	-	-
Astragalus microcephalus	۸۸	۲۱/۴۲	۶۸/۴۲	-	-
Astragalus siliquosus	۲۸	۲۱/۴۲	-	-	-
Astragalus tribuloides	-	-	-	-	۱/۲۶
Atriplex tararica	-	-	-	-	۱۵/۱۸
Brassica elongata	-	-	-	-	۲/۵۳
Bromus briziformis	-	-	-	۱۲	۷/۵۹
Bromus tecterum	۴۴	-	-	۳۶	
Bromus tomentellus	۲۴	۶۴/۲۸	۳۶/۸۴	-	۱۳/۹۲
Bromus virgata	-		۵/۲۶	-	
Bupleurum falcatum	-	۱۰۰	-	-	-
Carex stenophylla	۴	-	۶۸/۴۲	-	-
Centaurea cheiranthifolia	-	-	-	-	۳/۷۹
Centaurea depressa	-	۱۴/۲۸	۶۳/۱۵	-	-
Centaurea virgata	۴	-	۵/۲۶	-	-
Chaerophyllum macropodum	-	-	-	۱۲	۵/۰۶
Chenopodium album	-	-	-	-	۱۵/۱۸
Chichorium intybus	-	-	-	-	۱۳/۹۲
Cirsium alatum	-	-	-	-	۱/۲۶
Cirsium arvense	۲۴	-	-	-	۱/۲۶
Cirsium lappaceum	-	-	-	-	۱/۲۶
Colchicum raddeanum	۴	۱۴/۲۸	-	-	-
Convolvulus arvensis	۱۲	-	-	۴	۳/۷۹
Cousinia atropatana	-	-	-	۸	۱۲/۶۵
Cousinia wilhelminae	۲۸	۷/۱۴	۵/۲۶	-	-
Crambe orientalis	-	-	-	-	۱/۲۶
Cressa cretica	۲۸	-	-	۴	۲/۵۳
Dactylis glomerata	-	۱۴/۲۸		۸	۱/۲۶
Dianthus armeria	-	۲۱/۴۲	-		۳/۷۹
Echinops arachniolepis	۲۰	۷/۱۴	-	-	۱/۲۶
Equisetum fluviatile	-	-	-	-	۱/۲۶
Erodium malacoides	-	-	۴۷/۳۶	-	۱۲/۶۵
Eryngium bungei	-	۱۴/۲۸	-	-	-
Erysimum strictisiliquum	-	-	-	۸	۵/۰۶

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

نام علمی	زیراجتماع اول	زیراجتماع دوم	زیراجتماع سوم	زیراجتماع چهارم	زیراجتماع پنجم
Euphorbia densa	۴	۷/۱۴	-	-	۳/۷۹
Falcaria falcarioides	-	۲۸/۵۷	-	-	۳/۷۹
Falcaria vulgaris	-	-	-		۶/۳۲
Festuca ovina	۲۸	۱۰۰	۸۹/۴۷	-	-
Festuca rubra	-	-	-	۸	۵/۰۶
Fumaria bracteosa	-	-	-	-	۱/۲۶
Galium aparine	-	-	-	۴	۲/۵۳
Galium verum	۱۲	-	-	-	۳/۷۹
Grammosciadium platycarpum	-	-	-	۴	
Gundelia tournefortii	۸	-	-	-	۱/۲۶
Hordeum leporinum	-	-	-	-	۱/۲۶
Hyoscyamus arachnoideus	-	-	-	-	۷/۵۹
Hypericum dogonbadanicum	۳۶	۵۷/۱۴	-	-	-
Medicago coronata	-	-	-	-	۱۳/۹۲
Medicago lupulina	۸	-	۷۸/۹۴	-	۱/۲۶
Medicago minima	۱۲	-	۳۶/۸۴	-	۲/۵۳
Medicago orbicularis	۱۲	۷/۱۴		-	۲/۵۳
Melica persica	۴	-	-	-	-
Melilotus officinalis	-	-	-	-	۳/۷۹
Neptea persica	۲۴	۱۴/۲۸	۱۰/۵۲	-	۱/۲۶
Onobrychis altissima	۱۶	-	-	۱۶	۱۰/۱۲
Onobrychis bungei	-	-	-	-	۱۳/۹۲
Onobrychis cornuta	-	۴۲/۸۵	-	-	-
Onobrychis melanotricha	-	۲۸/۵۷	-	-	-
Opopanax hispidus	-	-	-	۴	۲/۵۳
Papaver bracteatum	-	-	-	۲۸	۱/۲۶
Papaver dubium	-	-	-	۱۶	۶/۳۲
Plantago evacina	۸	-	-	۴	۳/۷۹
Poa anua	-	-	۶۸/۴۲	-	-
Poa bulbosa	۸	۲۱/۴۲	۱۵/۷۸	-	-
Polygonum alpestre	۸	-	۶۳/۱۵	-	۲۶/۵۸
Poterium sanguisorba	۲۴	-	-	-	-
Prangus cheilanthifolia	-	۲۸/۵۷	-	-	-
Rapahanus raphanistrum	-	-	-	۱۲	۱/۲۶
Reseda luteola	۴	-	-	-	۷/۵۹
Rhamnus cathartica	-	-	-	-	۱/۲۶
Rosa canina	-	۷/۱۴	-	-	-
Rumex acetosella	-	-	۵/۲۶	-	۳/۷۹
Rumex crispus	۸	۲۱/۴۲	-	۴	۱۵/۱۸
Rumex obtusifolius	-	-	-		۱/۲۶
Rumex scutatus	۴	-	-	۱۰۰	۱۳/۹۲
Sanguisorba minor	-	۲۱/۴۲	-	۴	۱/۲۶
Scariola orientalis	۱۲	-	۴۷/۳۶	۴	۲۶/۵۸
Senecio taraxacifolius	-	-	-	۱۲	۱/۲۶
Sisymbtium altissimum	-	-	-	۴	۱/۲۶
Stachys inflata	۱۶	-	-	-	
Stipa barbata	۴	-	۳۶/۸۴	-	-
Tanacetum persicum	-	-	-	۲۰	۸/۸۶
Taraxacum baltistanicum	۴۰	۱۴/۲۸	۳۶/۸۴	۴	۵/۰۶
Teucrium polium	۱۲	-	۵/۲۶	-	۸/۸۶
Thymus kotschyanus	۱۶	۷۱/۴۲	۲۱/۰۵	-	-
Tragopogon collinus	-	-	۶۳/۱۵	-	-
Tragopogon montanus	-	-	-	۸	۵/۰۶
Trifolium fragiferum	-	-	-	-	۳/۷۹
Trigonosciadium tuberosum	۱۲	۷/۱۴	-	۱۶	۸/۸۶

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

نام علمی	زیراجتماع اول	زیراجتماع دوم	زیراجتماع سوم	زیراجتماع چهارم	زیراجتماع پنجم
Tussilago farfara	-	-	-	۳۶	۲۱/۵۱
Urtica dioica	-	-	۱۵/۷۸	۴	۱/۲۶
Verbascum flavidum	-	-	۱۰/۵۲	-	۲/۵۳
Verbascum oreophilum	۸۰	۱۴/۲۸	-	۲۰	۷/۵۹
Verbascum stachydiforme	-	-	-	-	۲/۵۳
Vicia hirta	۴	-	-	۴	-
Ziziphora tenuir	۲۸	-	۱۵/۷۸	۴	-

نتایج تجزیه و تحلیل NMDS نشان داد که سه دسته از عوامل خاکی، بر پراکنش گونه‌های گیاهی، تاثیر دارند (جدول۲، شکل ۳ و ۴).

عامل نخست، درصد رس خاک بود که با جهت مثبت دو محور، همبستگی دارد. عامل دوم، مربوط به مقادیر سولفور (S)، مولیبدن (Mo)، شن (Sand)، آرسنیک (As)، هدایت الکتریکی (EC)، آهن (Fe)، سرب (Pb)، مس (Cu)، روی (Zn) و کبالت (Co) بود که در جهت منفی محور اول و مثبت محور دوم، بر پراکنش پوشش گیاهی، تاثیر دارند (شکل ۳ و ۴). سایر خصوصیات خاک نظیر؛ منگنز (Mn)، کربنات کلسیم ($CaCo_3$)، نیتروژن (N)، ماده آلی (OM)، کروم (Cr)، آلومینیوم (Al)، نیکل (Ni)، منیزیم (Mg)، سیلت (Silt) و پتاسیم (K) با جهت مثبت محور اول و منفی محور دوم، همبستگی دارند. مقادیر فسفر قابل جذب، pH و کلسیم با قرار گرفتن در مرکز نمودار دوپلاتی، اثر ناچیزی در پراکنش گونه‌های گیاهی دارند (جدول ۳).

دیاگرام NMDS برای زیراجتماعات حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، نشان داد که این زیراجتماعات بر اساس سه دسته از عوامل خاکی از یکدیگر تفکیک شده‌اند (شکل ۴). تمایز زیراجتماعات بر اساس عوامل خاکی، بدین صورت بود که زیراجتماع گیاهی اول (*Astragalus microcephalus* و *Verbascum oreophilum*)، دوم (*Festuca ovina* و *Bupleurum falcatum*) و سوم (*Festuca ovina* و *Medicago lupulina*) که مربوط به مراتع شاهد در اطراف معدن بودند، از دو زیراجتماع دیگرکه در مناطق تحت فعالیت معدن استقرار داشتند، تفکیک شدند.

جدول ۳: مقادیر حداقل و حداکثر عناصر فلزی در گرادیان آلودگی و همبستگی خصوصیات خاک با محور اول و دوم در تجزیه و تحلیل NMDS

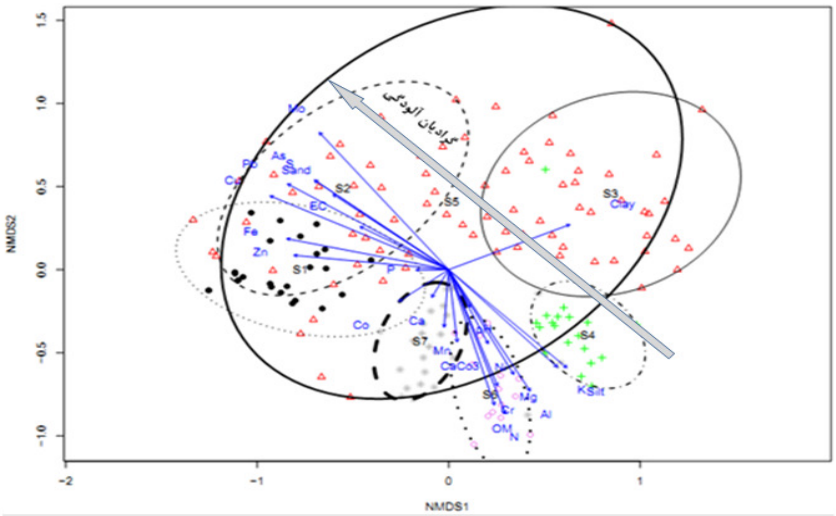
عوامل خاکی	دامنه تغییر مقادیر خصوصیات خاک	محور اول	محور دوم	معنی‌داری	عوامل خاکی	دامنه تغییر مقادیر خصوصیات خاک	محور اول	محور دوم	معنی‌داری
pH	۵/۷-۱۹/۹۶	۰/۴۶۵	-۰/۸۸۵	۰/۰۴۱	Ca	۵۰۲۳۰-۲۱۱۴	-۰/۴۵۶	-۰/۸۸۹	۰/۱۹۴
EC	۲/۰-۳۸/۲۳	-۰/۸۸۸	۰/۴۵۹	۰/۰۰۱	Cr	۱۴۶-۱۵	۰/۳۵۵	-۰/۹۳۶	۰/۰۰۱
%Clay	۰-۲۲	۰/۹۱۴	۰/۴۰۶	۰/۰۰۱	Cu	۲۱۷۵۰-۳۰	-۰/۹۱۰	۰/۴۱۴	۰/۰۰۱
%Silt	۴۴/۰-۱۶	۰/۷۲۷	-۰/۶۸۷	۰/۰۰۱	Fe	۸۰۲۲۴-۲۴۸۶۴	-۰/۹۷۸	۰/۲۰۴	۰/۰۰۱
%Sand	۹۵/۴۸-۳۶/۸۸	-۰/۸۰۵	۰/۵۹۲	۰/۰۰۱	Mg	۱۵۸۲۶-۱۳۲۶	۰/۴۸۱	-۰/۸۷۶	۰/۰۰۱
%$CaCo_3$	۱۵/۰-۲۵	۰/۱۱۲	-۰/۹۹۴	۰/۰۰۱	Mn	۱۲۲۰-۳۰	-۰/۰۶۴	-۰/۹۹۷	۰/۰۰۳
%K	۲/۱-۲۷۵/۴۲۷	۰/۷۰۳	-۰/۷۱۰	۰/۰۰۱	Mo	۰/۸۶-۸۱/۹۰	-۰/۶۴۱	۰/۷۶۷	۰/۰۰۱
P(ppm)	۱۴/۰-۷	-۰/۹۹۹	۰/۰۱۸	۰/۲۳۷	Ni	۷۶-۱۷	۰/۴۲۴	-۰/۹۰۵	۰/۰۰۱
%OM	۸/۰-۶	۰/۲۸۸	-۰/۹۵۷	۰/۰۰۱	Pb	۱۳۲۴-۲	-۰/۸۵۸	۰/۵۱۲	۰/۰۰۱
%N	۰/۰-۹۱/۰۳۵	۰/۳۳۱	-۰/۹۴۴	۰/۰۰۱	S	۲۵۲۷۸-۱۶۸	۰/۸۰۰	۰/۵۹۹	۰/۰۰۱
Al	۳۹۶۳۵-۹۲۳۴	۰/۵۰۷	-۰/۸۶۱	۰/۰۰۱	Zn	۹۰۲-۶۱	-۰/۹۹۵	۰/۰۹۵	۰/۰۰۱
AS	۱/۱۶۰-۴	-۰/۷۹۹	۰/۶۰۰	۰/۰۰۱					

زیراجتماع گیاهی اول (As.mi + Ve.or) و دوم (Fe.ov + Bu.fa) در کنار هم قرار گرفته و مربوط به مرتع شاهد در نزدیکی پیت معدن و دو مرتع شاهد به فواصل دورتر از پیت معدن هستند (شکل ۳). این دو زیراجتماع گیاهی، به‌دلیل پوشش گیاهی دست نخورده که تحت تاثیر تخریب فیزیکی فعالیت معدن قرار ندارد، از سایر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

زیراجتماعات گیاهی متمایز هستند. این دو زیراجتماع گیاهی، بیشتر تحت تاثیر عناصر غذایی خاک نظیر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم بوده و عناصر فلزی نظیر نیکل، آلومینیوم، کروم و کبالت با طول بردار کوتاه‌تر، اثر کمتری بر آنها دارند.



شکل ۳: پراکنش اجتماعات گیاهی در مناطق مختلف معدن مس سونگون در ارتباط با خصوصیات خاک.

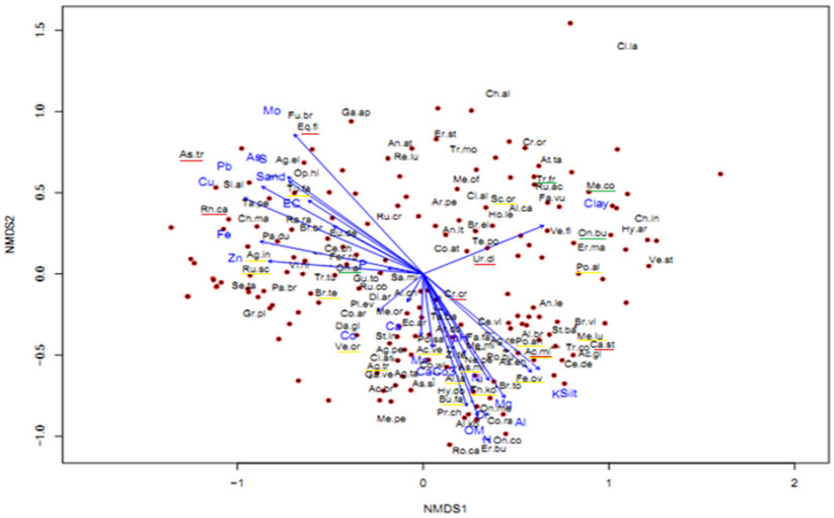
(زیر اجتماعات گیاهی با *: اجتماع اول، o: اجتماع دوم، +: اجتماع سوم، •: اجتماع چهارم، Δ: اجتماع پنجم مشخص شده است. مکان‌های معرف S1: حاشیه پخیرچای، S2: حاشیه سونگون‌چای، S3: دامپ باطله، S4: مرتع شاهد مجاور دامپ باطله، S5: دامپ اکسید، S6: مرتع شاهد با نزدیک‌ترین فاصله نسبت به پیت معدن، S7: مرتع شاهد با فواصل دورتر از پیت معدن مشخص شده که نام هریک از مناطق در مرکز بیضی‌ها قرار دارد. از مکان‌های شاهد (S4، S6 و S7) به سمت مکان‌های حاشیه پخیرچای و سونگون‌چای (S1، S2، S3 و S5)، مقادیر عناصر فلزی و شبه‌فلزی در خاک بیشتر می‌شود. در این ارتباط، حد پایین دامنه اعداد ارائه شده از مقادیر عناصر فلزی و شبه‌فلزی ارائه شده در جدول۳، متعلق به مکان‌های شاهد (S4، S6 و S7) و حد بالای آنها، مربوط به مکان‌های حاشیه پخیرچای و سونگون‌چای، دامپ باطله و دامپ اکسید (S1، S2، S3 و S5) می‌باشد).

از مهم‌ترین گونه‌ها می‌توان به *Astragalus microcephalus*، *Verbascum oreophilum*، *Alyssum lanigerum* و *Agropyron trichophrum* در زیراجتماع اول و *Festuca ovina*، *Bupleurum falcatum*، *Thymus kotschyanus* و *Achillea vermicularis* در زیراجتماع دوم اشاره کرد (شکل ۴). زیراجتماع گیاهی سوم (Fe.ov + Me.lu)، مربوط به مرتع شاهد مجاور دامپ باطله است که تا حدود زیادی به لحاظ گرادیان عوامل خاکی، مشابه زیراجتماع اول و دوم است، اما این زیراجتماع به‌دلیل مجاورت مکانی با دامپ باطله، بیشتر تحت تاثیر میزان رس خاک است (شکل۳) که گونه‌هایی نظیر *Festuca ovina*، *Medicago lupulina*، *Achillea millefolium* و *Poa anua* در این محدوده، پراکنش دارند (شکل ۴).

بررسی پراکنش مکانی زیراجتماعات گیاهی، نشان داد که گونه‌های زیراجتماع چهارم (Fe.ov + Bu.fa) و پنجم (Sc.or + Po.al) در حاشیه پخیرچای، سونگون‌چای و دامپ اکسید و دامپ باطله، پراکنش دارند (شک ل۳). زیراجتماع چهارم، بیشتر تحت تاثیر فلزات سنگین آرسنیک، سولفور، مولیبدن، سرب، مس، آهن و روی بوده و درصد شن و هدایت الکتریکی خاک نیز مهم بوده است. گونه‌های گیاهی *Rumex scutatus*، *Agropyron intermedium*، *Tussilago farfara* و *Bromus tecterum* مشخصه اصلی این ارتباط بوده‌اند (شکل ۴). برای زیراجتماع پنجم نیز این عوامل تاثیرگذار بوده و بخشی از این زیراجتماع به افزایش میزان رس خاک پاسخ مثبت دادند (شکل ۳) که می‌توان به گونه‌های *Scariola orientalis*، *Polygonum alpestre*،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

Tussilago farfara، *Agropyron intermedium* اشاره کرد (شکل ۴).



شکل ۴: تجزیه و تحلیل NMDS به‌منظور بررسی ارتباط گونه‌های گیاهی با خصوصیات خاک در محدوده معدن مس سونگون

مخفف نام گونه‌های گیاهی از دو حرف اول نام جنس و دو حرف اول نام گونه است که مهمترین گونه‌ها عبارتند از:

An.at (*Anthemis atropatana*), An.le (*Anthemis leptophylla*), As.mi (*Astragalus microcephalus*), As.tr (*Astragalus tribuloides*), Br.te (*Bromus tecterum*), Br.to (*Bromus tomentellus*), Ci.la (*Cirsium lappaceum*), Ch.al (*Chenopodium album*), Ch.ma (*Chaerophyllum macropodum*), Cr.or (*Crambe orientalis*), Co.ra (*Colchicum raddeanum*), Eu.de (*Euphorbia densa*), Ga.ap (*Galium aparine*), Ga.ve (*Galium verum*), Hy.ar (*Hyoscyamus arachnoideus*), Me.lu (*Medicago lupulina*), Me.mi (*Medicago minima*), Me.of (*Melilotus officinalis*), Me.pe (*Melica persica*), On.al (*Onobrychis altissima*), On.bu (*Onobrychis bungei*), On.co (*Onobrychis cornuta*), Pa.br (*Papaver bracteatum*), Po.al (*Polygonum alpestre*), Ru.cr (*Rumex crispus*), Ru.sc (*Rumex scutatus*), Sc.or (*Scariola orientalis*), Ta.ba (*Taraxacum baltistanicum*), Te.po (*Teucrium polium*), Tu.fa (*Tussilago farfara*), Ur.di (*Urtica dioica*), Ve.fl (*Verbascum flavidum*), Ve.or (*Verbascum oreophilum*).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی فلور در محدوده معدن سونگون نشان داد که دو دامپ اکسید و باطله و مرتع شاهد مجاور دامپ باطله، از تعداد گونه گیاهی کمتری برخوردار بودند. مناطق سایت اصلی معدن، به‌علت فعالیت‌های مختلف نظیر سنگ شکنی، کارخانه تغلیظ، انفجار، تردد ماشین آلات، انتشار ریزگردها و زه‌آب، آلودگی بیشتری داشته و شرایط برای رشد و استقرار گیاهان سخت است (۱۸).

براساس نتایج حاصل، گونه‌های متعلق به خانواده های Poaceae، Fabaceae و Asteracea بخش اعظم اجتماعات گیاهی محدود معدن سونگون را تشکیل دادند. در معادن سرب و روی، مس، نیکل و مولیبدن در کشور چین تعداد زیادی گونه لگوم که به شکل طبیعی بر روی دامپ باطله و اطراف سد باطله کلونی شده بودند، نیزگزارش شد (۴۶) و در محدوده معدن مس Bor در کشور صربستان نیز گونه‌های متعلق به خانواده‌های Asteraceae، Fabaceae، Poaceae بیشترین فراوانی را داشتند (۳۴).

ظهور گونه‌های گیاهی *Artemisia* ordosica، *Astragalus adsurgens*، *Agropyron cristatum*، *Puccinellia distans* از خانواده‌های Asteraceae، Fabaceae، Poaceae در اراضی معدن‌کاری‌شده معدن زغال‌سنگ یوشن[1] در کشور چین، توسط ینگ[2] و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است که با نتایج بدست آمده برای معدن سونگون مطابقت دارد.

هنگامی که درصد تخریب پوشش گیاهی ناحیه‌ای افزایش یابد، اعضای بعضی تیره‌های گیاهی نظیر

[1]- Yushen

[2]- Yang

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

Asteraceae حضور بیشتری در فلور منطقه پیدا می‌کنند (۱۳). همچنین در فلور معدن مس سونگون، گونه‌های *Achillea millefolium* (Asteracea)، *Astragalus tribuloides* (Fabaceae)، *Carex stenophylla* (Cyperaceae)، *Crambe orientalis* (Brassicaceae)، *Cressa cretica* (Convolvulaceae)، *Equisetum fluviatile* (Equisetaceae)، *Rhamnus cathartica* (Rhamnaceae) و *Urtica dioica* (Urticaceae) در لیست گونه‌های دارای وضعیت نگران‌کننده از سوی IUCN اعلام شده بودند که در حاشیه پخیرچای و دامپ‌های باطله پراکنش داشته و با گرادیان‌های فلزات سنگین در ارتباط بودند.

در رابطه با پراکنش مکانی و ترکیب پوشش گیاهی در مناطق مختلف محدوده معدن مس سونگون، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل NMDS نشان داد که پراکنش گونه‌های گیاهی مربوط به دامپ باطله و دامپ اکسید، در جهت مثبت محور اول (عناصر غذایی و پارامترهای اولیه خاک) و دوم (عناصر فلزی و شبه‌فلزی) بوده و در یک ناحیه قرار داشتند. براساس دیاگرام حاصل از تجزیه و تحلیل بررسی ارتباط خصوصیات خاک با خصوصیات مکانی منطقه مورد مطالعه، در دامپ باطله، گرادیان اصلی مقادیر رس خاک بود. همچنین گرادیان‌های خصوصیات خاک در حاشیه پخیرچای (مسیر جریان زهکش دامپ باطله و پیت معدن)، حاشیه سونگون‌چای و دامپ اکسید، مشابه بود و در این مناطق، عناصر فلزی آرسنیک، مس، مولیبدن، روی، سرب، کادمیم، آهن، کبالت، منگنز، هدایت الکتریکی، فسفر و درصد شن خاک، خصوصیات غالب بودند و پوشش گیاهی این مکان‌ها نیز در امتداد این محورها، تعداد گونه کمتری داشت. این نتایج با آنچه که هو[1] و همکاران (۲۰۱۹) در رابطه با معدن سنگ فسفات در چین گزارش کرده‌اند و پس از انجام آزمون RDA کاهش تنوع گونه‌ای را در امتداد محورهای عناصر فلزی کادمیم، کبالت و روی گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد.

دامپ‌های سرباره‌های معدنی دارای ویژگی‌هایی همچون مقادیر بالای فلزات قابل جذب، مقادیر زیاد شن، فقدان رطوبت، بالا بودن فشردگی خاک و مقادیر نسبی اندک مواد آلی هستند و دامپ‌های اسیدی می‌تواند منبع انتشار نمک یا مواد سولفیدی باشند که تولید زه‌آب اسیدی می‌کند (۱۷). همچنین بردارهای مربوط به عناصر فلزی کالکوفیل (سولفور دوست)، بیشتر در مناطق تحت تاثیر پیت و باطله‌های معدن متمرکز بودند که نشان می‌دهد پیت معدن و باطله‌ها، منبع اصلی انتشار فلزات سنگین به خاک در محدوده معدن به‌شمار می‌آیند (۱).

در راستای محورهای عناصر غذایی خاک شامل نیتروژن، کربن، پتاسیم، آهک، سیلت و عناصر فلزی نیکل و آلومینیوم، تعداد بیشتری از گونه‌های گیاهی تمرکز داشتند. در تایید همین مطلب، بررسی رابطه خصوصیات خاک با پوشش گیاهی شش دامنه شاهد و انجام آنالیز CCA در محدوده معدن مس کاتانگا[2] در کشور گنگو نیز نشان داد جامعه‌ای که مقادیر بیشتری از عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم را دارا بود، غنای گونه‌ای بیشتری نیز داشت (۳۵ و ۳۶) که با نتایج بدست آمده برای تراکم بیشتر گونه‌های گیاهی در امتداد محورهای عناصر غذایی و تعداد بیشتر گونه‌ها در دامنه‌های شاهد معدن مس سونگون نیز مطابقت دارد. همچنین بویسون[3] و همکاران (۲۰۱۶)، با انجام آنالیز PCA در تعیین عوامل محیطی تفکیک کننده جوامع گیاهی در منطقه دارای ذخایر کبالت و مس در جنوب شرقی کنگو، گزارش کردند که عناصر غذایی خاک همچون پتاسیم، کربن و نیتروژن، عوامل مهم‌تری نسبت به مقادیر مس، کبالت و اسیدیته در تعیین تراکم گونه‌های مورد مطالعه بودند که با نتایج بدست آمده برای تراکم بیشتر گونه‌ها در امتداد محور عناصر غذایی معدن سونگون مطابقت دارد.

تمرکز عناصر فلزی (Co، Cd، Zn، Fe، Cu، Pb، As، Mo) در یک امتداد با مقادیر درصد شن، بیانگر عدم جذب سطحی عناصر فلزی توسط ذرات درشت دانه است (۲۵). در مطالعه فاکون[4] و همکاران (۲۰۰۷)، پوشش گیاهی متفاوتی در محدوده فعالیت معدن مس و مناطق شاهد مجاور مشاهده شد که خصوصیات خاک شامل عناصر فلزی Cu، Co، Mn و همچنین pH، اصلی‌ترین عوامل

[1]- Hou
[2]- Katanga
[3]- Boisson
[4]- Faucon

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

تعیین‌کننده پراکنش پوشش گیاهی در باطله‌ها و مقادیر روی، آهن، کلسیم، منیزیم و مواد آلی، مهم‌ترین عوامل در مناطق تحت تاثیر ریزگردهای سنگ‌شکن و کارخانه ذوب بودند (۱۱). در تحقیق دیگر انجام شده در اطراف شرکت سرب و روی زنجان، گزارش شد که فعالیت شرکت سرب و روی در افزایش مقادیر سرب و روی خاک در نواحی نزدیک به فعالیت کارخانه، موثر بوده است (۲۸). این یافته‌ها با نتایج بدست آمده در رابطه با معدن مس سونگون نیز مطابقت دارد و اجتماعات گیاهی متعلق به مناطق نزدیک پیت معدن در یک امتداد با محورهای عناصر فلزی قرار داشتند.

با مطالعه خصوصیات اکولوژیک گیاهان فلزدوست، ارتباط گونه‌های گیاهی طی فرآیند توالی و تحت تاثیر عوامل محیطی می‌توان مهم‌ترین گیاهان کاندید در احیاء مناطق آلوده و تخریب شده معدنی را شناسایی نمود (۱۵و ۲۳). وایتینگ[1] و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشته‌اند که از بین گونه‌های گیاهی که برای رشد در شرایط دشوار محیطی انتخاب می‌شوند، گندمیان و لگوم‌ها مطلوب‌ترین گزینه‌ها برای ایجاد پوشش گیاهی بر روی باطله‌های معدنی هستند؛ زیرا توانایی بالایی در تحمل کمبود مواد مغذی دارند و دارای خصوصیت رشد سریع هستند. با توجه به نتایج این تحقیق، حضور گونه‌های گراس و لگوم در امتداد محورهای عناصر فلزی، پتانسیل مطلوبی برای احیای اراضی معدن مس سونگون به‌شمار می‌آید. لیو[2] و همکاران (۲۰۱۲) کمبود مواد غذایی خاک بخصوص نیتروژن را نیز عامل اصلی محدود کننده در راستای استقرار پوشش گیاهی بر روی باطله‌های معدنی عنوان و اظهار داشتند که مقدار نیتروژن در باطله‌های دارای گونه‌های پیشگام و پوشش زنده مثل جلبک و خزه بیشتر بود. در باطله‌های معدن مس سونگون نیز کمبود مواد غذایی خاک و ماده آلی مشهود بود و حضور گونه‌های *Trifolium fragiferum*، *Onobrychis altissima*، *Onobrychis bungei* و *Medicago coronate* در فلور گونه‌های پیشگام دامپ باطله و دامپ اکسید که متعلق به خانواده Fabaceae هستند، اهمیت دارد؛ زیرا این گونه‌ها می‌توانند در راستای بهبود شرایط مواد غذایی خاک از طریق تثبیت نیتروژن و جبران کمبودهای غذایی خاک در این مناطق اثرگذار باشند و بعلاوه به دلیل داشتن زیست‌توده قابل توجه و مقاومت در برابر فلزات سنگین، برای اهداف ایجاد پوشش گیاهی و گیاه‌پالایی نیز مورد استفاده قرار گیرند (۲۷ و ۳۷).

شناسایی و حفظ تنوع زیستی در زیستگاه‌های غنی از مقادیر بالای فلزات سنگین همچون مناطق صنعتی و معدن‌کاری شده، اهمیت دارد (۲۲). در این تحقیق، اجتماعات گیاهی غالب در محدوده فعالیت معدن مس سونگون شناسایی شد. نتایج نشان داد که این اجتماعات در امتداد یک گرادیانی از خصوصیات خاک از آلودگی کم تا آلودگی زیاد پراکنده شده‌اند. تنوعی از گونه‌های گیاهی در این گرادیان آلودگی حضور دارند که برخی از آنها نظیر *Trifolium fragiferum*، *Onobrychis altissima*، *Onobrychis bungei*، *Melilotus officinalis*، *Medicago coronate*، *Medicago lupulina* و *Medicago minima* از خانواده لگوم و همچنین *Bromus tomentellus* و *Melica persica* به‌عنوان گونه‌های غالب از خانواده گندمیان دارای اهمیت فراوان هستند. بیشتر این گیاهان علاوه بر رشد سریع، سیستم ریشه افشان و تولید بیوماس زیاد، دارای قابلیت تثبیت نیتروژن هستند که در رفع محدودیت مربوط به کمبود مواد مغذی خاک می‌توانند نقش موثری داشته باشند.

سپاسگزاری:

از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و شرکت ملی صنایع مس ایران در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

[1]- Whiting

[2]- Liu

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

References

1. Abraham, M.R. & T.B. Susan., 2017. Water contamination with heavy metals and trace elements from Kilembe copper mine and tailing sites in Western Uganda; implications for domestic water quality. Chemosphere, 169: 281-287.
2. Aghazadeh, M. & Z. Badrzadeh., 2015. Geology and U-Pb age dating of intrusive bodies in Sungun deposit. Petrology, 6 (22): 1-24. (In Persian)
3. Ahmadi, F., S. Rastgar & R. Ahmadi, 2017. Investigating the impacts of mining activities on livelihood condition of ranchers (Case study: rangelands of Dehgolan city - Kurdistan). Rangeland, 11(3): 365-377. (In Persian)
4. Batty, L.C., 2005. The potential importance of mine sites for biodiversity. Mine Water and the Environment, 24: 101-103.
5. Boisson, S., A. Monty, J. Lebrun, M. Seleck & G. Mahy, 2016. Edaphic niches of metallophytes from southeastern Democratic Republic of Congo: Implications for post-mining restoration. Journal for Nature Conservation, 33: 18–24.
6. Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, 43: 434-438.
7. Bradshaw, A.D., 2000. The use of natural processes in reclamation advantages and difficulties. Landscape and Urban Planning, 51: 89–100.
8. Chipeng, F., C. Hermans, G. Colinet, M.P. Faucon, M. Ngongo Luhembwe, P. Meerts & N. Verbruggen, 2010. Copper Tolerance in the Cuprophyte Haumaniastrum Katangense (S. Moore) P.A. Duvign. & Plancke. Plant Soil, 328: 235–245.
9. Colwell, J.D., 1963. The estimation of the phosphorus fertilizer requirements of wheat in southern New South Wales by soil analysis. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 3: 190-198.
10. Csavina, J., J. Field, M. Taylor, S. Gao, A. Landazuri, E. Betterton & A. Eduardo Saez, 2012. A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. Science of the Total Environment, 433: 58–73.
11. Dalvand, M., A. Hamidian, M. Zare chahuoki, S.A.A. Mirjalili & E. Esmaeilzadeh, 2014. Investigating the Effects of Cu, Pb, Zn and Mn Concentrations in Artemisia spp. Above Ground Biomass in the Rangelands of Darreh Zereshk Copper Mine - Taft. Rangeland, 8(3): 219-229. (In Persian)
12. Dudka, S. & D.C. Adriano, 1997. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. Journal of Environmental Quality, 26: 590–602.
13. Eshghi Malayeri, B., M. Asgari Nematian, F. Kazemeini & M.M. Dehshiri, 2013. A study of the flora and determination of life forms of plants in Galali iron mine. Journal of Plant Biology 5(15): 45-58. (In Persian)
14. Faucon, M.P., M. Ngoy Shutcha & P. Meerts, 2007. Revisiting copper and cobalt concentrations in supposed hyperaccumulators from SC Africa: influence of washingand metal concentrations in soil. Plant Soil, 301: 29–36.
15. Gastauer, M., J.R. Silva, C.F.C. Junior, S.J. Ramos, P.W.M. Souza Filho, A. Eduardo Furtini Neto & J.O. Siqueira, 2018. Mine land rehabilitation: Modern ecological approaches for more sustainable mining. Journal of Cleaner Production, 172(20): 1409-1422.
16. Ghorbani, J., 2015. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Press, Iran, 318p. (In Persian)
17. Ghose, M.K., 2005. Soil conservation for rehabilitation and revegetation of mine-degraded land. TIDEE – TERI Information Digest on Energy and Environment, 4(2): 137-150.
18. Ginocchio, R., L.M. De La Fuente, P. Sanchez, E. Bustamante, Y. Silva, P. Urrestarazu & P. Rodriguez, 2009. Soil Acidification as a Confounding Factor on Metal Phtotoxicity in Soils Spiked With Copper Rich Mine Wastes. Environmental Toxicology and Chemistry, 28(10): 2069–2081.
19. Godefroid, S., A. Van de Vyver, W. Massengo Kalenga, G. Handjila Minengo, C. Rose, M. Ngongo Luhembwe & G. Mahy, 2013. Germination capacity and seed storage behaviour of threatened metallophytes from the Katanga copper belt (DR Congo): implications for ex situ conservation. Plant Ecology and Evolution, 146(2): 183–192.
20. Hou, X., Sh. Liu, F. Cheng, X. Su, Sh. Dong & Sh. Zhao, 2019. 'Variability of environmental factors and the effects on vegetation diversity with different restoration years in a large open-pit Phosphorite Mine. Ecological Engineering, 127: 245–53.
21. Ilunga, E., M. Seleck, G. Colinet, M.P. Faucon, P. Meerts & G. Mahy, 2013. Small-Scale Diversity of Plant Communities and Distribution of Species Niches on a Copper Rock Outcrop in Upper Katanga, D.R. Congo. Plant Ecology and Evolution, 146: 173– 182.
22. Jahantab, E., M. Jafari, B. Motasharezadeh, A. Tavili & N. Zargham, 2017. Evaluating tolerance of plants species to heavy metals in oil polluted region (Case study: Pazanan Gachsaran). Rangeland, 10(4): 409-425. (In Persian)
23. Jochimsen, M.E., 2001. Vegetation development and species assemblages in a long-term reclamation project on mine spoil. Ecological Engineering, 17: 187–198.
24. Juwarkar, A.A., P.R. Santosh Kumar Yadav, P.K. Thawale, S.K. Singh & T. Chakrabarti, 'Developmental Strategies for Sustainable Ecosystem on Mine Spoil Dumps: A Case of Study', Environmental Monitoring and Assessment, 157 (2009), 471–481.
25. Li, Ch., M. Sun, Ch. Song, P. Tao, Y. Yin & M. Shao, 2017. Assessment of heavy metal contamination in the sediments of the Shuangtaizi Estuary using multivariate statistical techniques. Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 26: 45-58.
26. Liu, W., Y. Song, B. Wang, J. Li & W. Shu, 2012. Nitrogen fixation in biotic crusts and vascular plant communities on a copper mine tailings, European Journal of Soil Biology, 50: 15–20.
27. Ma, J.F., 2005. Plant Root Responses to Three Abundant Soil Minerals: Silicon, Aluminum and Iron, Critical Reviews in Plant Sciences, 24(4): 267-281.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]

28. Moameri, M., M. Jafari, A. Tavili, B. Motasharezadeh & M.A. Zarechahuoki, 2015. Assessing rangeland plants potential for phytoremediation of contaminated soil with Lead and Zinc (Case study: Rangelands located around National Iranian Lead & Zinc Factory-Zanjan). Rangeland, 9(1): 29-42. (In Persian)
29. Monami, N., A. Rashtian, A.A. Karimian & H. Azimzadeh, 2017. Effects of Buxite mining on the structural vegetation parameters in Steppe rangelands of SadrAbad-Yazd. Rangeland, 11(1): 116-124. (In Persian)
30. Nelson, R.E., 1982. "Carbonate and Gypsum,". Agronomy Journal, 9: 181-197.
31. Oliazadeh, M., V. Aghazadeh, M. Nooparast & M. Torabi, 2004. Investigation of effective parameters on Sungon copper oxide ore masses leaching. Journal of the College of Engineering, 38(5): 657-665. (In Persian)
32. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular No. 939.
33. Perlatti, F., X. Luis, F. Macias & T. Osorio, 2015. Geochemical speciation and dynamic of copper in tropical semi-arid soils exposed to metal-bearing mine wastes. Science of the Total Environment, 500: 91–102.
34. Randelovic, D., V. Cvetkovic, N. Mihailovic & S. Jovanovic, 2014. Relation between edaphic factors and vegetation development on copper mine wastes: a case study from Bor (Serbia, SE Europe). Environmental Management, 53: 800-812.
35. Saad, L., I. Parmentier, G. Colinet, F. Malaisse, M.P. Faucon, P. Meerts & G. Mahy 2012. Investigating the vegetation–soil relationships on the copper–cobalt rock outcrops of Katanga (D.R. Congo), an essential step in a biodiversity conservation plan. Restoration Ecology, 20(3): 405-415.
36. Seleck, M., J. Bizoux, & G. Colinet 2013. Chemical soil factors influencing plant assemblages along copper-cobalt gradients: implications for conservation and restoration. Plant soil, 373(1): 455-469.
37. Shen, R., J.F. Ma, M. Kyo & T. Iwashita, 2002. Compartmentation of aluminium in leaves of an Al-accumulator, Fagopyrum esculentum Moench. Planta, 215: 394–398.
38. Shutcha, M.N, M. Faucon, C. Kamengwa, G. Colinet, G. Mahy, M. Ngongo, M. Visser & P. Meerts, 2015. Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa (Katanga, DR Congo). Ecological Engineering, 82: 81–90.
39. Soizig, L.S., S. Maxime, L. Julie, B. Sylvain, H. Guylain & F. Michel, 2016. Comparison of translocation methods to conserve metallophyte communities in the Katangan Copperbelt, DRC. Environmental Science and Pollution Research, 23(14): 13681-13692.
40. Udachin, V., B.J. Williamson, O.W. Purvis, B. Spiro, W. Dubbin, S. Brooks, B. Coste, R.J. Herrington & I. Mikgailova, 2003. Environmental impacts of active smelter operations and abandoned mines in Karabash, Ural mountains of Russia. Sustainable Development, 11: 133-142.
41. Walkley, A. & C.A. Black, 1934. An examination of degradation method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-35.
42. Whiting, S.N., R.D. Reeves & A.J.M. Baker, 2002. Mining, metallophytes and land reclamation. Mine Environment Management, 10: 11-16.
43. Whiting, S.N., R.D. Reeves, D. Richards, M.S. Johnson, J.A. Cooke, F. Malaisse & A.J.M. Baker, 2004. Research priorities for conservation of metallophyte biodiversity and their potential for restoration and site remediation. Restoration Ecology, 12(1): 106-116.
44. Wu, L., 1990. Colonization and establishment of plants in contaminated sites: 269-284. In: Shaw, A.J. (Ed.), Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press, Boca Raton, USA, 268p.
45. Yang, Z., L. Wenping, L. Xiaoqin & H. Jianghui, 2019. 'Quantitative Analysis of the Relationship between Vegetation and Groundwater Buried Depth : A Case Study of a Coal Mine District in Western China. Ecological Indicators, 102: 770-782.
46. Zhang, Y., J. Yang, H. Wu, C. Shi & C. Zhang, 2014. Dynamic changes in soil and vegetation during varying ecological-recovery conditions of abandoned mines in Beijing. Ecological Engineering, 73: 676-683.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-02-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.4.11.8]