

ارزیابی پتانسیل احیای پوشش گیاهی در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ (مطالعه موردی: معادن منطقه کارمزد سوادکوه، استان مازندران)

ناطق لشگری^۱، جمشید قربانی^{۲*}، سیدحسن زالی^۳، قربان وهاب‌زاده^۴

۱. کارشناس ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
Nateq_lashkari@yahoo.com

۲. دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

۳. مربی گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
H.zali@sanru.ac.ir

۴. استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

Gh.vahabzade@sanru.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱/۲۵

چکیده

باطله‌های زغال‌سنگ مهم‌ترین چالش محیط‌زیستی در مناطق معدن‌کاری شده به شمار می‌روند. حضور گونه‌های گیاهی در شروع احیای این مناطق اهمیت بسیاری دارد. در این تحقیق از ترکیب گیاهی، تنوع و غنای گونه‌ای و خصوصیات گروه‌های کارکردی برای ارزیابی پتانسیل احیای طبیعی باطله‌های زغال‌سنگ استفاده شد. مطالعه در باطله‌های زغال‌سنگ در ذخایر زغال‌سنگ البرز مرکزی در شهرستان سوادکوه در استان مازندران انجام شد. سه انباشت از باطله که از نظر وسعت و مدت زمان انباشت متفاوت بودند، انتخاب شدند. درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی در پلات یک متر مربعی برآورد شد. از ۴۳ گونه گیاهی ثبت‌شده، ۲۲ گونه منحصراً در باطله با وسعت و سن بیشتری رویش داشتند. شاخص‌های غنا و تنوع گیاهی در باطله جوان‌تر به طور معنی‌داری کمتر از سایر مناطق بودند و منطقه مرتعی اطراف بیشترین تنوع و غنا را دارا بوده است. تنوع و غنای گونه‌ای با افزایش سن متروک‌ماندن باطله‌ها افزایش یافت. استقرار اولیه تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی روی باطله‌ها نشان داد که پتانسیلی از گونه‌های بومی در منطقه وجود دارد که می‌تواند در احیای باطله‌های متروک زغال‌سنگ استفاده شود. باطله‌های زغال‌سنگ که مدت زمان طولانی‌تری متروک مانده‌اند از پتانسیل بیشتری برای احیا برخوردار بوده‌اند.

کلیدواژه

باطله زغال‌سنگ، توالی گیاهی، تنوع و غنای گونه‌ای، گونه‌های پیشگام.

۱. سرآغاز

را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به کاهش میزان خودپالایی این نظام‌ها منجر می‌شوند (چراغی و بلمکی، ۱۳۸۶). برخی از این آثار به شدت نامطلوب شامل انفجار، ایجاد فرورفتگی‌های وسیع، فرونشست زمین، فرسایش خاک، احتمال رویداد حرکات توده‌ای سنگی و خاکی، چشم‌انداز نامطلوب، آلودگی هوا، تولید باطله‌های معدنی، ایجاد لجن

استخراج معدن سهم شایان توجهی در تمدن جهان دارد، اما عملیات ناشی از آن در صورت نبود مدیریت صحیح، آثار منفی و زیانباری را در زیست‌بوم‌های طبیعی خواهد داشت (Cao, 2007). این آثار و پیامدها غالباً جبران‌ناپذیرند و تمامی عناصر زنده و غیرزنده اکوسیستم

Boruvka, et al., (2008)، کاربرد خاک سطحی طبیعی (Naeth and Wilkinson, 2013) و کود کمپوست (2012) اشاره کرد.

هدف کلی احیای اراضی معدنی، استقرار دائمی پوشش گیاهی و بهبود کیفیت خاک است تا بتواند افزایش کارکردهای بوم‌شناختی را در پی داشته باشد (Bradshaw, 1997). در گام نخست ضرورت دارد تا استقرار اولیه گیاهان پیشگام روی باطله‌ها و محدودیت‌های رشد گیاهان در آن بررسی شود. این اطلاعات می‌تواند پتانسیل احیای این اراضی را نیز مشخص کند. در ایران هرچند بهره‌برداران از معادن مکلف و متعهدند محدودۀ اکتشاف یا بهره‌برداری را در پایان عمر پروانه بهره‌برداری بازسازی و ترمیم کنند، اما در عمل و در تحقیقات چندان به این مسئله توجه نشده است. بررسی منابع نشان می‌دهد که فقط مطالعات اندکی در زمینه خصوصیات ژئوشیمی زغال‌سنگ و بررسی فلورستیک مناطق معدنی انجام شده است (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، عشقی ملایری و همکاران، ۱۳۹۲). هدف از این تحقیق بررسی و شناسایی پوشش گیاهی مستقر روی باطله‌های زغال‌سنگ و مقایسه ترکیب گیاهی و تنوع گونه‌ای این مناطق با مناطق مرتعی اطراف به منظور ارزیابی پتانسیل احیای طبیعی این مناطق است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

مطالعه در باطله‌های معدنی و مراتع اطراف معادن زغال‌سنگ در محدودۀ منطقه کارمزد واقع در البرز مرکزی در شهرستان سوادکوه استان مازندران انجام شد. معادن کارمزد در ۴۸ کیلومتری جنوب شهرستان قائم‌شهر و در فاصلۀ ۲۵ کیلومتری آلاشت و بین طول‌های جغرافیایی $38^{\circ} 57' 52''$ تا $52^{\circ} 58' 12''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 05' 57''$ تا $36^{\circ} 06' 53''$ شمالی واقع شده‌اند. میانگین بارندگی سالیانه طی دوره آماری ۱۰ ساله برگرفته از ایستگاه هواشناسی آلاشت $536/5$ میلی‌متر

و گل و لای در رودخانه‌ها، تغییر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، سمیت فلزات سنگین، از بین رفتن پوشش گیاهی، از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب کامل زیستگاه و اکوسیستم می‌شوند (Xia and Cai, 2002; Khalil, et al., 2013). در نتیجه استخراج معادن زغال‌سنگ، مناطق زیادی از زمین تخریب و اکوسیستم‌های موجود به وسیله باطله‌های معدنی نامطلوب (دامپ‌ها) اشغال می‌شوند (Singh, et al., 2002).

رویش مجدد گیاهان در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ به علت میزان زیاد فلزات سنگین، ظرفیت اندک نگهداری آب در باطله‌ها، اسیدی بودن محیط و وضعیت فقیر مواد غذایی دارای محدودیت است (Stewart and Daniels, 1992). احیای پوشش گیاهی و استقرار مجدد گیاهان در اراضی معدنی برای تثبیت منطقه و کاهش میزان آلودگی امری ضروری اما مشکل است (Wong, 2003). سه روش برای احیای رویشگاه تخریب‌یافته در اثر برداشت ذخایر معدنی وجود دارد (Hodacova and Prach, 2003; Prach and Hobbs, 2008). روش نخست خودترمیمی اکوسیستم بدون هرگونه مداخله انسان است که به‌منزله اقدام احیا در نظر گرفته می‌شود. غالباً خودترمیمی در رویشگاه‌هایی اتفاق می‌افتد که به دلایل مختلفی رها شده و متروک مانده‌اند. روش دوم استفاده از احیای فنی با کاشت گونه‌های هدف، همراه بهبود یا بازگرداندن شرایط رویشگاه که معمولاً شامل انتقال خاک‌های سطحی حاصلخیز به رویشگاه، کاشت مخلوط گندمیان علفی، نهال‌کاری یا کاشت درختان است. روش سوم، دستکاری در خودترمیمی اکوسیستم با استفاده از برخی روش‌های فنی به منظور دستیابی به جامعه گیاهی هدف است. از تکنیک‌های فنی احیا می‌توان به استفاده از میکوریزا (Li, Juwarkar and (ping, et al., 2009)، گیاه‌پالایی (Jambhulkar, 2008 Ram)، استفاده از خاکستر زغال‌سنگ (and Masto., 2010)، روش هیدروسیدینگ یا بذرکاری همراه مواد غذایی و مالچ حل‌شده در آب (Alday, et al.,

درصد تاج پوشش مربوط به هر گونه گیاهی ثبت شد (Martinez-Ruiz and Fernandez-Santos, 2005). پس از ثبت و شناسایی گونه‌های داخل پلات، طبقه‌بندی آن‌ها براساس طول عمر، فرم رویشی و فرم زیستی با استفاده از منابع گیاه‌شناسی و فلورهای معتبر صورت گرفت و نام علمی گونه‌ها براساس فرهنگ نام‌های گیاهان ایران مظفریان (۱۳۷۷) تنظیم شد.

۳.۲. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای نرم‌ال‌سازی داده‌های درصد تاج پوشش از تبدیل سینوس معکوس یعنی $ASIN(\sqrt{x/100})$ استفاده شد (Sokal and Rohlf, 1995). شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار PAST محاسبه شدند (مصدقی، ۱۳۸۴). به منظور بررسی اثر مناطق مختلف در شاخص‌های نام‌برده از آنالیز واریانس یک‌طرفه در نسخه ۱۸ نرم‌افزار SPSS استفاده شد و در صورت معنی‌داری میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند (مصدقی، ۱۳۷۷). برای مقایسه میانگین درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی حاضر در سه منطقه و گونه‌هایی که تنها بین دو منطقه مشترک بودند به ترتیب از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون t دو دامنه استفاده شد. گروه‌های گیاهی نیز در آنالیز واریانس یک‌طرفه مقایسه شدند.

۳. نتایج

۳.۱. فلور منطقه

در نمونه‌گیری پوشش گیاهی مناطق تحت بررسی تعداد ۴۳ گونه گیاهی از ۴۱ جنس و ۲۰ تیره گیاهی شناسایی شدند (جدول ۱). تیره گندمیان (Poaceae) با ۹ گونه، تیره آفتابگردان (Asteraceae) با ۸ گونه و تیره نعنائیان (Lamiaceae) با ۵ گونه بیشترین فراوانی را از نظر تعداد گونه دارا بودند. فرم زیستی گونه‌ها نشان داد که همی‌کریپتوفیت‌ها با ۱۶ گونه و تروفیت‌ها با ۱۴ گونه فراوان‌ترین اشکال رستنی منطقه را تشکیل دادند (جدول ۱).

است. میانگین دمای سالیانه ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل و حداکثر دما به ترتیب مربوط به ماه‌های دی و مرداد با میزان ۱/۷ و ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد است. این منطقه دارای حداقل و حداکثر ارتفاع ۶۰۰ و ۱۴۱۰ متر از سطح دریا و متوسط شیب ۲۴/۵ درجه است. از نظر اقلیمی براساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم مرطوب سرد قرار می‌گیرد. از نظر زمین‌شناسی این مناطق در سری میانی کارمزد با سن لیاس قرار دارند که شامل تناوبی از ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه، کنگلومرای ریزدانه، ماسه‌سنگ‌های ریزدانه خاکستری همراه لایه‌های شیل و آرژیلیت است (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸).

۳.۲. روش ارزیابی پوشش گیاهی

مقدار و مدت زمان متروک ماندن باطله‌ها در احیای آن اهمیت دارد (Trnkova, et al., 2010; Rehounkova and Prach, 2010) لذا براساس بررسی‌های میدانی سه انباشت باطله متروک انتخاب شد که از لحاظ اندازه و مدت زمان انباشت متفاوت بودند. انباشت باطله ۱ دارای حجم زیادی از مواد باطله است که مدت زمان متروک ماندن آن به بیش از دو دهه می‌رسد. این باطله‌ها طی زمان روی هم انباشت و تسطیح شده‌اند. باطله ۲ نیز همزمان با باطله ۱ متروک شده است، اما مقدار باطله آن بسیار کمتر از باطله ۱ است و تنها در منطقه رها شده و روی هم تسطیح نشده‌اند. باطله ۳ از نظر سنی نسبت به باطله ۱ و ۲ جوان‌تر است و حدود بیش از یک دهه متروک شده است. برای نمونه‌گیری از پوشش گیاهی در باطله‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۴، ۴ و ۱ ترانسکت و در مناطق مرتعی نیز ۴ ترانسکت به صورت تصادفی مستقر شد. روی هر ترانسکت با فاصله منظم پلات‌های ۱ متر مربعی و در بعضی نقاط به واسطه حضور گونه‌های درختچه‌ای پلات‌های ۴ متر مربعی مستقر شدند (Alday, et al., 2011). در مجموع در مناطق مرتعی ۲۴ پلات و در باطله‌های زغال‌سنگ ۱۱۴ پلات نمونه‌گیری شدند. تفاوت در تعداد نمونه‌ها به علت وسعت هر یک از مناطق مورد مطالعه بوده است. در هر یک از پلات‌ها

جدول ۱. میانگین درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی رویش‌یافته در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ و مراتع اطراف در شهرستان سوادکوه، استان مازندران. گونه‌های با درصد تاج پوشش کمتر از ۰/۰۱ درصد با علامت + نشان داده شده‌اند. علائم اختصاری عبارت‌اند از: Th (تروفیت)، He (همی کریپتوفیت)، Ch (کامفیت)، Ph (فانروفیت)، Ge (ژئوفیت)، P (چندساله)، B (دوساله)، A (یک‌ساله)

نام علمی گونه‌ها	فرم زیستی	فرم رویشی	طول عمر	محیط باطله ۱	محیط باطله ۲	محیط باطله ۳	محیط مرتع
<i>Aegilops crassa</i> Boiss.	Th	Grass	A	+	-	-	+
<i>Bromus briziformis</i> Fisch. & C. A. Mey.	Th	Grass	A	+	۰/۰۴	-	۰/۱۷
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	He	Grass	P	۰/۰۸	-	-	+
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Th	Grass	A	۱/۳۱	۰/۰۶	-	۰/۴
<i>Lolium perenne</i> L.	He	Grass	P	۰/۰۱	-	-	-
<i>Melica persica</i> Kunth	He	Grass	P	-	۲/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۸
<i>Phalaris minor</i> Retz.	Th	Grass	A	+	-	-	-
<i>Phleum pratense</i> L.	He	Grass	P	+	-	-	-
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link.	Th	Grass	A	۰/۰۲	-	-	-
<i>Allium</i> sp.	Ge	Forb	P	-	+	-	۰/۰۸
<i>Alyssum linifolium</i> Steph. Ex Willd.	Th	Forb	A	+	۰/۰۴	-	۰/۰۴
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Th	Forb	A	+	-	-	-
<i>Artemisia annua</i> L.	Th	Forb	A	+	-	-	-
<i>Centaurea</i> sp.	Th	Forb	A	-	۰/۰۹	-	۰/۱۲
<i>Chelidonium majus</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	Th	Forb	A	+	-	-	-
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Eremostachys macrophylla</i> Montbr.	He	Forb	P	-	-	-	+
<i>Erigeron acer</i> L.	He	Forb	B	+	-	-	-
<i>Eryngium campestre</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	۰/۰۱
<i>Euphorbia Boissieriana</i> (Woron.)	Ch	Forb	P	۰/۰۴	-	-	-
<i>Galium verum</i> L.	He	Forb	P	۰/۰۲	-	-	-
<i>Glaucium fimbriigerum</i> Boiss.	Th	Forb	A	۱/۲۸	۱/۷۵	-	-
<i>Lepidium draba</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Marrubium vulgare</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Th	Forb	A	۰/۳۳	-	۰/۰۱	+
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Ge	Forb	P	+	-	-	-
<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	Th	Forb	A	۰/۱۱	+	۰/۲۷	-
<i>Reseda lutea</i> L.	He	Forb	P	+	-	-	-
<i>Rumex acetosella</i> L.	He	Forb	P	+	۰/۰۲	-	۰/۰۱
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	He	Forb	B	+	-	-	-
<i>Stachys laxa</i> Boiss. & Buhse	Ch	Forb	P	-	۰/۰۳	+	۵/۹۱
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Th	Forb	A	+	-	-	-
<i>Artemisia absinthium</i> L.	Ch	Bush	P	۰/۴۱	-	-	-
<i>Capparis spinosa</i> L.	Ch	Bush	P	۰/۳۶	۰/۴۵	-	-
<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit	Ch	Bush	B	۱/۱	۲/۰۵	-	۲۲/۷۳
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	Ch	Bush	P	-	-	۳/۷۹	-
<i>Rubus persicu</i> Boiss.	Ph	Bush	P	۰/۰۲	-	-	-
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	Ch	Bush	P	-	-	-	۰/۰۲
<i>Colutea persica</i> Boiss.	Ph	Shrub	P	+	۰/۵۱	-	۰/۱۱
<i>Berberis vulgaris</i> L.	Ph	Shrub	P	-	-	-	۲/۹۷
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Ph	Shrub	P	۰/۰۵	-	-	-

در هر چهار منطقه حضور داشته باشد (جدول ۱). گونه‌های *Artemisiascoparia* *Alyssum linifolium* *Hordeum* *Colutea persica* *Bromus briziformis* و *Rumex acetosella* در همه مناطق به جز باطله زغال‌سنگ ۳ پراکنده بودند. همچنین، گونه‌های *Melicapersica* و *Stachys laxa* در باطله زغال‌سنگ ۱ و گونه *Rapistrumrugosum* در منطقه مرتعی یافت نشدند (جدول ۱). در منطقه مرتعی گونه *Artemisia scoparia* با بیشترین درصد تاج پوشش گونه غالب این منطقه به شمار می‌رود و بعد از آن گونه‌های *Stachys laxa* و *Berberis vulgaris* دارای بیشترین درصد تاج پوشش بودند. در بین باطله‌های زغال‌سنگ گونه *Kochia prostrata* بیشترین درصد تاج پوشش را در باطله زغال‌سنگ ۳ به خود اختصاص داد. در باطله زغال‌سنگ ۲ گونه‌های *Artemisia Glaucium fimbriigerum* و *Melica persica scoparia* به ترتیب بیشترین درصد تاج پوشش را داشتند و در باطله زغال‌سنگ ۱ گونه‌های *Glaucium* *Hordeum vulgare* *fimbriigerum* و *Artemisia scoparia* به ترتیب بیشترین درصد تاج پوشش را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

همچنین، ژئوفیت‌ها با ۲ گونه کمترین فراوانی تعداد گونه را داشتند. از نظر طول عمر، ۶۰/۴۶ درصد گونه‌های موجود در منطقه را گونه‌های چندساله، ۳۲/۵۶ درصد را گونه‌های یک‌ساله و ۶/۹۸ درصد را گونه‌های دوساله تشکیل داده‌اند. پهن‌برگان علفی با ۲۵ گونه و درختچه‌ها با ۳ گونه به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد گونه را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

در پلات‌های برداشت‌شده از باطله زغال‌سنگ ۱، ۳۵ گونه یافت شد که ۲۲ گونه آن منحصر به این منطقه بوده است (جدول‌های ۱ و ۲). ۱۳ گونه در باطله زغال‌سنگ ۲ حضور داشت. از ۵ گونه حاضر در باطله زغال‌سنگ ۳، یک گونه منحصراً در این منطقه وجود داشت و ۳ گونه از ۱۷ گونه رویش‌یافته در منطقه مرتعی صرفاً متعلق به این منطقه بود (جدول ۱). بیشترین تعداد گونه‌های یک‌ساله، دوساله و چندساله متعلق به باطله زغال‌سنگ ۱ و کمترین آن مربوط به باطله زغال‌سنگ ۳ است (جدول‌های ۱ و ۲). حداکثر تعداد گونه مشترک در باطله‌ها و مرتع اطراف ۱۰ گونه بوده است.

نتایج نشان داد که گونه گیاهی مشاهده نشد که بتواند

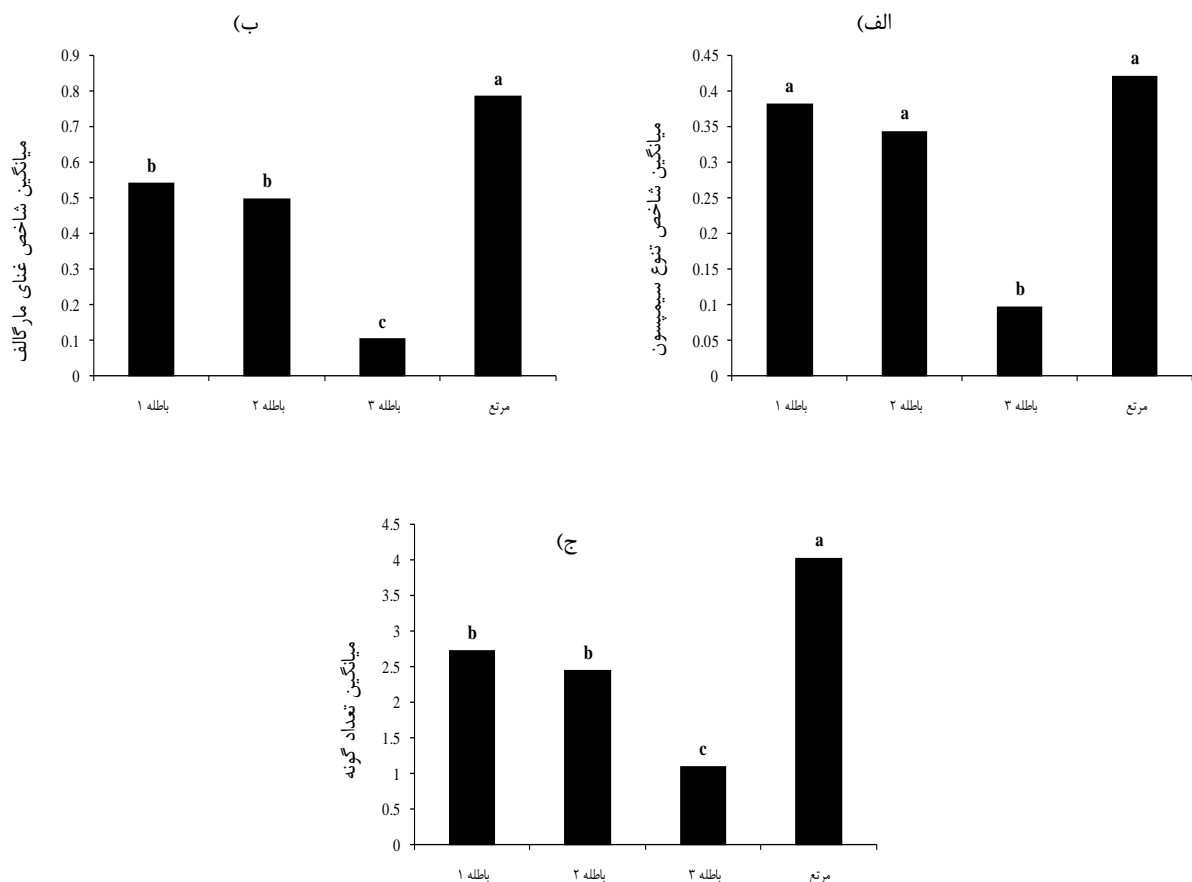
جدول ۲. برخی ویژگی‌های خلاصه‌شده از نمونه‌گیری پوشش گیاهی در باطله‌های زغال‌سنگ و مراتع اطراف

مرتع	باطله ۳	باطله ۲	باطله ۱	
۱۷	۵	۱۳	۳۵	تعداد گونه
۳	۱	۰	۲۲	تعداد گونه خاص
۶	۲	۶	۱۳	تعداد گونه‌های یک‌ساله
۱	۰	۱	۳	تعداد گونه‌های دوساله
۱۰	۳	۶	۱۹	تعداد گونه‌های چندساله
-	۳	۱۰	۱۰	تعداد گونه مشترک باطله‌ها با مرتع
-	۳	۱۱	۱۰	تعداد گونه مشترک بین باطله‌ها
۲۴	۱۸	۲۴	۷۲	تعداد پلات

۲.۳. تنوع و غنای گونه‌ای در باطله‌های زغال‌سنگ و مراتع اطراف

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که مناطق مختلف در شاخص تنوع سیمپسون، شاخص غنای مارگالف و تعداد گونه اثر معنی‌دار دارند. میانگین شاخص تنوع سیمپسون در باطله ۳ به طور معنی‌داری کمتر از سایر مناطق بود (شکل ۱، الف). منطقه مرتعی دارای بیشترین میانگین تنوع سیمپسون بوده، اما با باطله‌های ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری نداشته است. منطقه مرتعی بیشترین و

باطله ۳ کمترین میانگین غنای گونه‌ای مارگالف را دارا بوده است که از این حیث با باطله‌های ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۱، ب). از نظر تعداد گونه منطقه مرتعی اختلاف معنی‌داری با سایر مناطق داشته است و بیشترین تعداد گونه در واحد سطح پلات را دارد. همچنین، بین باطله‌های ۱ و ۲ از نظر تعداد گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱، ج).



شکل ۱. مقایسه میانگین شاخص‌های (الف) تنوع سیمپسون ($F=8/58^{***}$)، (ب) غنای مارگالف ($F=9/82^{***}$) و (ج) تعداد گونه ($F=13/39^{***}$) در پوشش گیاهی مناطق مرتعی و باطله‌های زغال‌سنگ در شهرستان سوادکوه، استان مازندران (اختلاف معنی‌داری بین مناطق با حروف a, b, c نشان داده شده است).

در باطله‌های زغال‌سنگ نسبت به مراتع اطراف از درصد تاج پوشش بیشتری برخوردار بودند (جدول ۳).

۲.۳.۳. گونه‌های گیاهی حاضر در دو منطقه

با توجه به نتایج آزمون t (جدول ۴)، از هفت گونه مشترک در پوشش گیاهی دو منطقه تنها برای گونه‌های *Allium sp.* و *Calamagrostis epigejos* مقدار آماره t معنی‌دار شد. درصد تاج پوشش گونه *Allium sp.* در منطقه مرتعی به طور معنی‌داری بیشتر از باطله زغال‌سنگ ۲ بوده است (جدول ۴). برای گونه *Calamagrostis epigejos* باطله زغال‌سنگ ۱ در مقایسه با مرتع اطراف میزان تاج پوشش بیشتری را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

۳.۳. مقایسه کمیت گونه‌های گیاهی در باطله‌های زغال‌سنگ و مراتع اطراف

۱.۳.۳. گونه‌های گیاهی حاضر در بیش از دو منطقه

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه برای ۱۰ گونه گیاهی که در پوشش گیاهی سه منطقه حضور داشتند نشان داد که فقط گونه‌های *Bromus briziformis*، *Artemisia scoparia*، *Stachys laxa* و *Melica persica*، *Hordeum vulgare* پاسخ معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین درصد تاج پوشش گونه‌ها با استفاده از روش دانکن نشان داد که درصد تاج پوشش گونه‌های *Artemisia scoparia*، *Bromus briziformis* و *Stachys laxa* به طور معنی‌داری در منطقه مرتعی از باطله‌های زغال‌سنگ بیشتر بوده است (جدول ۳). گونه *Melica persica* و *Hordeum vulgare*

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس گونه‌های گیاهی حاضر در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ و مراتع اطراف واقع در شهرستان سوادکوه، استان مازندران

گونه‌های گیاهی	باطله ۱	باطله ۲	باطله ۳	مرتع	درجه آزادی	مقدار F	مقدار p
<i>Alyssum linifolium</i>	+	۰/۰۴	-	۰/۰۴	۲	۲/۲۲	۰/۱۱
<i>Artemisia scoparia</i>	^b ۱/۱	^b ۲/۰۵	-	^a ۲۲/۷۳	۲	۳۴/۰۸	< ۰/۰۰۱
<i>Bromus briziformis</i>	^c +	^b ۰/۰۴	-	^a ۰/۱۷	۲	۱۰/۸۱	< ۰/۰۰۱
<i>Colutea persica</i>	+	۰/۵۱	-	۰/۱۱	۲	۲/۳۸	۰/۰۹۷
<i>Hordeum vulgare</i>	^a ۱/۳۱	^b ۰/۰۶	-	^{ab} ۰/۰۴	۲	۶/۰۳	۰/۰۰۳
<i>Melica persica</i>	-	^a ۲/۰۲	^b ۰/۰۳	^b ۰/۰۸	۲	۷/۰۸	۰/۰۰۲
<i>Polygonum aviculare</i>	۰/۳۳	-	۰/۰۱	+	۲	۲/۵۵	۰/۰۸
<i>Rapistrum rugosum</i>	۰/۱۱	+	۰/۲۷	-	۲	۲/۱۰	۰/۱۲
<i>Rumex acetosella</i>	+	۰/۰۲	-	۰/۰۱	۲	۰/۲۱	۰/۸۰
<i>Stachys laxa</i>	-	^b ۰/۰۳	^b +	^a ۵/۹۱	۲	۲۱/۲۲	< ۰/۰۰۱

جدول ۴. نتایج آزمون t برای گونه‌های گیاهی مشترک در پوشش گیاهی دو منطقه

گونه‌های گیاهی	باطله ۱	باطله ۲	باطله ۳	مرتع	مقدار t	مقدار p
<i>Aegilops crassa</i>	+	-	-	+	-۰/۲۶	۰/۸۰
<i>Allium sp.</i>	-	+	-	۰/۰۸	-۲/۳۳	۰/۰۲
<i>Calamagrostis epigejos</i>	۰/۰۸	-	-	+	۲/۴۲	۰/۰۱
<i>Capparis spinosa</i>	۰/۳۶	۰/۴۵	-	-	-۰/۱۶	۰/۸۷
<i>Centaurea sp.</i>	-	۰/۰۹	-	۰/۱۲	-۰/۲۹	۰/۷۷
<i>Eryngium campestre</i>	+	-	-	۰/۰۱	-۰/۴۲	۰/۶۷
<i>Glaucium fimbriigerum</i>	۱/۲۸	۱/۷۵	-	-	-۰/۴۶	۰/۶۵

۴.۳. مقایسه کمیت گروه‌های گیاهی در باطله‌های زغال‌سنگ و مراتع اطراف

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که همه گروه‌های کارکردی به جز ژئوفیت‌ها پاسخ معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تروفیت‌ها (یک‌ساله‌ها) نشان داد که بیشترین درصد تاج پوشش این گیاهان در باطله زغال‌سنگ ۱ و ۲ و کمترین آن در باطله زغال‌سنگ ۳ بوده است (جدول ۵). همی کریپتوفیت‌ها به طور معنی‌داری روی باطله‌های زغال‌سنگ ۲ و ۱ از درصد تاج پوشش بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵). کامفیت‌ها و فانروفیت‌ها به طور معنی‌داری درصد تاج پوشش بیشتری در منطقه مرتعی نسبت به باطله‌های زغال‌سنگ داشتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین چندساله‌ها نشان داد که منطقه مرتعی دارای بیشترین درصد پوشش این گیاهان

بوده است. کمترین درصد پوشش چندساله‌ها مربوط به باطله زغال‌سنگ ۳ بوده است (جدول ۵). مقایسه میانگین گونه‌های دوساله به علت غالبیت گونه *Artemisia scoparia* مشابه مقایسه میانگین این گونه بوده است (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین برای پهن‌برگان علفی و گندمیان نشان داد که منطقه مرتعی اختلاف معنی‌داری با باطله‌های زغال‌سنگ ۱ و ۲ نداشته است (جدول ۵). در فرم رویشی درختچه‌ای منطقه مرتعی بیشترین میانگین پوشش را داشته است که با باطله‌های زغال‌سنگ ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۵). مقایسه میانگین گیاهان بوته‌ای و نتایج مقایسه میانگین فرم زیستی کامفیت مشابه بوده است (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج آنالیز واریانس مربوط به گروه‌های کارکردی گیاهی در مناطق مرتعی و باطله‌های زغال‌سنگ در شهرستان سوادکوه، استان مازندران

مقدار p	مقدار F	درجه آزادی	مرتع	باطله ۳	باطله ۲	باطله ۱	گروه‌های کارکردی
۰/۰۰۱ <	۱۳/۴۹	۳	۱/۷۰ ^{bc}	۰/۴۱ ^c	۳/۷۷ ^b	۸/۵۳ ^a	یکساله
۰/۰۰۱ <	۳۲/۴۱	۲	۲۲/۷۳ ^a	-	۲/۰۵ ^b	۱/۳۶ ^b	دوساله
۰/۰۰۴	۴/۵۶	۳	۱۹/۰۸ ^a	۴/۱۱ ^b	۸/۰۱ ^b	۵/۵۳ ^b	چندساله
۰/۰۰۱ <	۶/۵۵	۳	۸/۶۰ ^a	۰/۵۲ ^c	۳/۳۶ ^b	۷/۱۱ ^{ab}	پهن‌برگان علفی
۰/۰۰۱	۶/۱۳	۳	۱/۳۶ ^a	۰/۰۳ ^b	۳/۳۵ ^a	۲/۲۲ ^a	گندمیان
۰/۰۰۱ <	۹/۳۱	۳	۲۳/۳۰ ^a	۳/۷۹ ^b	۳/۷۷ ^b	۵/۲۵ ^b	بوته
۰/۰۰۱	۶/۹۵	۲	۴/۱۸ ^a	-	۰/۵۱ ^b	۰/۱ ^b	درختچه
۰/۰۰۱ <	۱۳/۴۹	۳	۱/۷۰ ^{bc}	۰/۴۱ ^c	۳/۷۷ ^b	۸/۵۳ ^a	تروفیت
۰/۰۰۵	۴/۵۵	۳	۰/۳۴ ^{bc}	۰/۰۳ ^c	۲/۳۶ ^a	۰/۸۵ ^{ab}	همی کریپتوفیت
۰/۰۰۱ <	۲۰/۸۷	۳	۳۵/۳۴ ^a	۳/۸۶ ^b	۴/۱۰ ^b	۵/۲۷ ^b	کامفیت
۰/۰۰۵	۵/۵۹	۲	۴/۱۸ ^a	-	۰/۵۱ ^b	۰/۱۷ ^b	فانروفیت
۰/۳۲	۱/۱۲	۲	۰/۰۹	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	ژئوفیت

روی باطله‌ها دارای اهمیت زیادی است. این گیاهان قادرند به احیای پوشش گیاهی در این مناطق کمک کنند (Prach, et al., 2001). وجود منابع بذر و پتانسیل تشکیل کلونی در

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در رویشگاه‌هایی مانند مناطق معدنی متروکه که دچار آسیب‌های زیاد شده‌اند، شناسایی گونه‌های گیاهی روییده

Cirsium arvense توانایی رویش در زیستگاه‌های مختلف را دارد. ۹۰ درصد بذره‌های این گیاه در فصل رویش بعدی جوانه می‌زنند و بانک بذر بسیار بادوام دارد، به طوری که اگر در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک قرار گیرند حتی تا بیش از ۲۰ سال می‌توانند زنده بمانند (Knudson, et al., 2012). در باطله‌های معدنی فلزات جذب شده در اندام هوایی گیاهان جمع می‌شوند. از آنجا که ممکن است آبشویی، چرای دام و تجزیه لاشبرگ این گیاهان برای انسان و موجودات زنده خطرهایی را همراه داشته باشد، لذا در تکنیک‌های گیاه‌پالایی برداشت اندام هوایی این گیاهان و انتقال آن‌ها به محل ایمن تر پیشنهاد می‌شود.

در مجموع تعداد ۱۴ گونه در سه باطله زغال‌سنگ با منطقه مرتعی اطراف مشترک بودند که مستندات علمی در خصوص تحمل برخی از این گیاهان در باطله‌های معدنی وجود دارد. Roubickova و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی‌های خود دریافتند که کلنیزاسیون زیاد و پتانسیل بقای گونه *Calamagrostis epigejos* در باطله‌های زغال‌سنگ در نتیجه تحمل آن به شرایط نامساعد و قدرت رقابت این گونه است. این گیاه دارای ریزوم‌های قدرتمندی است که می‌تواند تا چندین متر گسترش یابد. همچنین، به غلظت‌های زیاد عناصر مس، سرب، کادمیوم و بور مقاوم است (Lehmann and Rebele, 2004). گونه *Rumex acetosella* پتانسیل زیادی در تجمع مواد معدنی دارد (Gaweda, 2009). یکی از مکانیسم‌های مقاومتی آن توانایی تثبیت فلزات سنگین از طریق ریشه است. این گیاه تحمل زیادی به آهن، کروم، نیکل و به خصوص سرب و کادمیوم دارد (Gaweda, 2009). این گونه دارای توانایی تشکیل کلنی زیاد در مناطق تخریب شده است (Franzese and Ghermandi, 2014). گونه *Eryngium campestre* مناسب خاک‌های شنی و لومی است و در خاک‌های با فقر غذایی هم رشد می‌کند. در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیایی قابلیت رشد دارد و به رطوبت خاک حساس نیست (Calvino, et al., 2008).

رویش این گونه‌ها در باطله‌های معدنی تعیین‌کننده است (Zobel, et al., 1998). در این تحقیق در گام نخست به احیای اراضی معدنی متروکه که همان شناسایی گونه‌های گیاهی پیشگام است، پرداخته شده است. از مجموع ۴۳ گونه گیاهی ثبت شده در پوشش گیاهی مناطق مرتعی و باطله‌های زغال‌سنگ، ۳۵ گونه در باطله ۱، ۱۷ گونه در مرتع، ۱۳ گونه در باطله ۲ و ۵ گونه در باطله ۳ حضور داشتند. تعداد گونه بیشتر در باطله ۱ حتی نسبت به منطقه مرتعی به واسطه حضور ۲۲ گونه گیاهی است که به طور انحصاری فقط در باطله ۱ رویش داشته‌اند. از این ۲۲ گونه تنها ۶ گونه یک‌ساله و مابقی چندساله بوده‌اند. به نظر می‌رسد بذر این گونه‌ها از مناطق مجاور به باطله ۱ رسیده که به واسطه مجاورت بخشی از این باطله‌ها با رودخانه و رطوبت مناسب توانسته‌اند کلونی تشکیل دهند. این گونه‌ها مهم‌ترین پیشگامان در تسخیر این عرصه بوده‌اند که در برخی مطالعات دیگر در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ هم مشاهده شدند که می‌توان به *Phleum pratense*، *Lolium perenne* اشاره کرد (Moreno-de las Heras, et al., 2008; Alday, et al., 2011). این گیاهان پیشگام که غلظت بالای فلزات را تحمل می‌کنند، ممکن است شرایط خاکی را بهبود بخشند یا اسیدیته خاک را اصلاح کنند (Rodriguez, et al., 2007). Salt و Pichtel در سال ۱۹۹۸ گزارش دادند که گونه *Lolium perenne* برای رویش مجدد در باطله‌های دارای فلزات سنگین مناسب است و مقادیر بالای فلزات را جذب می‌کند. این گیاه فلزات را در خاک تثبیت می‌کند و خطر انتقال آن‌ها را کاهش می‌دهد و به هر دو خاک اسیدی و قلیایی مقاوم است (اوشیب نتاج و همکاران، ۱۳۹۰). این گیاه می‌تواند حد وسیعی از تنش‌های زیست‌محیطی را تحمل کند (Kane, 2011). گونه *Phleum pratense* دارای نیاز غذایی کم و مقاوم به فقر غذایی است و در باطله‌های زغال‌سنگ که با کمبود مواد غذایی مواجه‌اند، لاشبرگ آن تأثیر زیادی در تقویت خاک دارد (Durall, et al., 1985). گونه

قادر به رقابت با آن نیستند (Orlovsky, et al., 2011). همچنین، دارای آستانه تحمل زیادی است و با زیستگاه‌ها و دماهای مختلف سازگار شده است (Acar and Dursun, 2011). این گیاه از فرسایش جلوگیری می‌کند و می‌تواند در خاک‌های با مواد غذایی کم استقرار یابد (Acar and Dursun, 2011).

در خصوص غالبیت خانواده آفتابگردان و گندمیان در منطقه باید گفت که در خاک‌های محتوی فلزات سنگین، تشکیل کلنی گیاهان به توسعه جوامع گیاهی تحمل‌کننده فلزات مثل گندمیان و آفتابگردان منجر می‌شود. این تیره‌ها می‌توانند به راحتی رشد کنند و مواد آلی که تولید می‌کنند به کاهش سمیت منجر می‌شوند (Bradshaw, 1997). مطالعات بسیاری غالبیت گونه‌های گندمیان و آفتابگردان را در باطله‌های معدنی زغال‌سنگ تأیید کردند (Singh, 2011). بنابراین، حضور گونه‌های این دو تیره با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناختی خاص آن‌ها بوده است. نتایج این مطالعات نشان داد حضور همی‌کریپتوفیت‌ها و بعد از آن تروفیت‌ها در باطله‌های زغال‌سنگ نسبت به مناطق مرتعی بیشتر بوده است. همی‌کریپتوفیت‌ها در احیای باطله‌های معدنی مهم‌اند. این گیاهان ریشه‌های بلندی دارند که آن‌ها را قادر می‌کند آب را طی خشکی تابستان از اعماق جذب کنند. همچنین، این گیاهان قادرند مواد غذایی را از بستر در بافت‌های خود جمع و ماده آلی تولید کنند که بیشتر سبب بهبود کیفیت خاک می‌شود (Bradshaw, 1997). حضور تروفیت‌ها به علت شرایط گرم و خشک بستر، تخریب زیاد و شرایط نامطلوب محیط‌زیستی است که از سوی محققان دیگر اثبات شده است (Singh, 2011).

براساس نتایج این تحقیق مشخص شد که بیشترین میزان تنوع و غنای گونه‌ای در مناطق مرتعی و کمترین مقدار آن در باطله ۳ است. بالایا بودن میزان تنوع و غنای گونه‌ای در مناطق مرتعی مورد انتظار بوده است. Baig در سال ۱۹۹۲ گزارش داد که تعداد گونه‌های گیاهی در باطله‌های زغال‌سنگ به سن باطله، منطقه معدنی، رطوبت و

جمع‌آوری اطلاعات در خصوص گونه‌های غالب در باطله‌ها نشان داد که گونه *Artemisia scoparia* که هم در مناطق مرتعی و هم در باطله‌های زغال‌سنگ جزو گونه‌های غالب به شمار می‌آید مقاومت زیادی به شوری، دماهای بالا و شدت نور زیاد دارد (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۶؛ Li, et al., 2012). این گیاه دامنه اکولوژیکی وسیعی دارد و قادر است تحت شرایط متوسط تخریب، رشد و تکثیر کند (Zhang, et al., 2002). همچنین، دارای بانک بذر بادوام است و شاید به همین دلیل است که سازگاری خوبی با مناطق تخریب‌شده دارد (Li, et al., 2012). گونه *Hordeum vulgare* در باطله زغال‌سنگ ۱ از گونه‌های غالب است. توانایی ریشه‌های این گیاه در جذب مقادیر زیاد کادمیوم و مقاومت بالای آن در برابر پاتوژن‌های مختلف از مهم‌ترین ویژگی‌های این گیاه است (Puertas-Mejia, et al., 2010). دامنه سازگاری نسبتاً وسیع گونه *Melica persica* آن را به یکی از گیاهان مهم مرتعی به‌ویژه در امر حفاظت خاک تبدیل کرده است. این گیاه قابلیت رشد تا شیب ۹۰ درصد را دارد. خاک‌های دارای بافت لوم سنگریزه‌ای، لوم سیلت سنگریزه‌ای و شنی لومی با اسیدیته بالا (۷-۸) و هدایت الکتریکی ۰/۵-۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر را ترجیح می‌دهد. بذرها این گیاه توانایی زنده‌مانی در طولانی‌مدت را دارند (ظریف کتابی و همکاران، ۱۳۸۹). این گیاه با توجه به سطح تاج پوشش نسبتاً زیاد و ریشه افشان، متراکم و گسترده نقش مهمی در جلوگیری از فرسایش خاک و تثبیت دامنه‌های ناپایدار معدنی دارد. نفوذ ریشه‌ها در لابه‌لای تخته‌سنگ‌ها و شکاف صخره‌ها امکان استقرار این گیاه را در شیب‌های تند امکان‌پذیر می‌کند و همزیستی خوبی با قارچ‌های میکوریز دارد. کوچک و سبک بودن بذرها آن موجب انتقال آسان از طریق باد به نقاط دوردست می‌شود (ظریف کتابی و همکاران، ۱۳۸۹). در باطله زغال‌سنگ ۳ با شوری نسبتاً زیاد، گونه شورپسند *Kochia prostrata* غالب شده است. این گیاه در مناطق شور می‌تواند رشد کند که گیاهان دیگر

که قادرند روی باطله‌های زغال‌سنگ رویش یابند شناسایی شوند. برخی از گیاهان به دلیل غالب‌بودن و داشتن ویژگی‌های مقاومتی و سازگاری با این مناطق به‌منزله گونه‌های پیشگام معرفی شدند که می‌توان به *Calamagrostis*, *Kochia prostrata*, *Artemisiacoparia*, *Phleum*, *Melica persica*, *Lolium perenne*, *epigejos*, *Glaucium*, *Rumex*, *acetosella*, *pratense*, *Rapistrum*, *Berberis vulgaris*, *fimbrilligerum* و *rugosum* اشاره کرد. از آنجا که گونه‌های بالا ممکن است دارای توانایی جذب آلاینده‌ها و فلزات سنگین متفاوتی باشند، لذا کشت مخلوط این گونه‌ها توصیه شده تا استقرار پایتر پوشش گیاهی، تثبیت دامنه و کاهش آلودگی فلزات را همراه داشته باشد. استفاده از روش هیدروسیدینگ در کشت گونه‌ها و به کارگیری میکوریزها سبب استقرار موفق و سریع‌تر گونه‌ها می‌شود. از دیگر یافته‌های کاربردی این تحقیق این است که توالی پوشش گیاهی روی باطله‌ها با لحاظ‌کردن سن باطله‌ها بررسی شد به طوری که سن باطله‌ها در ترکیب گونه‌ای استقرار یافته روی آن‌ها مؤثر بوده است. باطله زغال‌سنگ با سن بیشتر دارای تعداد گونه‌های گیاهی بیشتر بوده است و بسیاری از گونه‌ها منحصراً روی این باطله‌ها رویش یافتند. بنابراین، در احیای باطله‌های متروک زغال‌سنگ باید متناسب با مدت زمان متروک ماندن به معرفی گونه‌های گیاهی برای احیای پوشش گیاهی اقدام کرد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر و مواد غذایی مربوط می‌شود. Cornwell در سال ۱۹۷۱ بیان کرد که غنای گونه‌ها در باطله‌های زغال‌سنگ بیشتر در خصوص اسیدیته باطله نسبت به سن است. ارتباط بین غنای گونه‌ای، سن باطله و منطقه معدنی احتمالاً به بهبود وضعیت رطوبت و مواد غذایی باطله طی زمان مربوط است (Baig, 1992). Hazarika و همکاران (۲۰۰۶) نیز اظهار داشتند تنوع گونه‌های گیاهی با افزایش سن باطله افزایش، اما غالبیت گونه‌های گیاهی کاهش می‌یابد. همان‌طور که در مطالعات ما مشخص شد، با کاهش سن انباشت‌های باطله، تنوع و غنای گونه‌ای کاهش یافت، به طوری که باطله ۳ کمترین میزان تنوع و غنا را به خود اختصاص داد. لذا یافته‌های ما هم‌سو با نتایج مطالعات قبلی است. با توجه به اینکه حدود ۱۵ سال از متروک شدن باطله ۳ می‌گذرد، پوشش گیاهی فرصت کافی برای اشغال و تشکیل کلنی در این منطقه نداشته است. از طرفی با توجه به مطالعات ژئوشیمی قلی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) مشخص شد که در این منطقه غلظت سولفات زیاد است و با افزایش سولفات، میزان pH و غلظت بیکربنات کاهش و کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، فسفات و غالب کاتیون‌ها و فلزات سنگین افزایش می‌یابند. در نتیجه دارای شرایط محیط‌زیستی ضعیف و شوری زیاد است که موجب شکل‌گیری پوشش گیاهی خاص از جمله *Kochia prostrata* شده است.

انجام این تحقیق موجب شد تا برخی گونه‌های گیاهی

منابع

- آذرینوند، ح.، قربانی، م. و جنیدی جعفری، ح. ۱۳۸۶. «بررسی اثر کلرور سدیم بر جوانه‌زنی دو گونه مرتعی *Artemisiavulgaris* و *Artemisia scoparia*»، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال چهاردهم، شماره ۳، صص ۳۵۲-۳۵۸.
- اوشیب نتاج، م.، شکرچی، ح.، کشاورزی، م. و اکبرزاده، م. ۱۳۹۰. «مطالعه آت اکولوژی گونه مرتعی *Lolium perenne* L. در استان مازندران»، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال هجدهم، شماره ۱، صص ۹۰-۱۰۶.
- چراغی، م. و بلمکی، ب. ۱۳۸۶. «بررسی اثرات زیست محیطی معدن سرب و روی آهنگران بر منطقه حفاظت شده «لشگرد» استان همدان»، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، سال نهم، شماره ۳، صص ۱۷۵-۱۸۳.

- ظریف کتابی، ح.، شاهمرادی، ا.، دشتی، م.، پاریاب، ا.، حسینی بمرود، غ. و زارع‌کیا، ص. ۱۳۸۹. «آت اکولوژی گونه *Melica persica* Kunth. در منطقه خراسان»، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال هفدهم، شماره ۳، صص ۴۲۱-۴۳۰.
- عشقی ملایری، ب.، عسگری نعمتیان، م.، کاظمینی، ف. و دهشیری، م. م. ۱۳۹۲. «مطالعه فلورستیک و تعیین شکل‌های زیستی گیاهان معدن آهن گالالی»، فصلنامه زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال پنجم، شماره ۱۵، صص ۴۵-۵۸.
- قلی‌پور، م.، مظاهری، س. ا.، رقیمی، م. و شمعیان، غ. ۱۳۸۸. «بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی زغال‌سنگ‌های حوزه زغالی کارمزد»، البرز مرکزی، استان مازندران، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هفدهم، شماره ۴، صص ۶۷۰-۶۵۵.
- قلی‌پور، م.، مظاهری، س. ا.، رقیمی، م. و شمعیان، غ. ۱۳۸۹. «نقش زهاب اسیدی معدن در تشکیل کانی‌های زیست‌محیطی در معادن زغال‌سنگ کارمزد»، البرز مرکزی، استان مازندران، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هجدهم، شماره ۳، صص ۴۴۷-۴۶۲.
- قلی‌پور، م.، خواجه، م.، معلم، م.، علی‌پور، م.، میرزاعلی، ا. و بیک‌نژاد، د. ۱۳۹۰. «مطالعه کانی‌شناسی زیست‌محیطی و هیدروژئوشیمی در باطله‌های کارخانه زغال‌شویی زیرآب»، استان مازندران، علوم محیطی، سال هشتم، شماره ۳، صص ۲۱-۳۴.
- مصدیقی، م. ۱۳۷۷. روش‌های آماری در تحقیقات علوم کشاورزی و منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
- مصدیقی، م. ۱۳۸۴. بوم‌شناسی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.
- مظفریان، و. ۱۳۷۷. فرهنگ نام‌های گیاهان ایران، چاپ دوم، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران.
- Acar, R., and Dursun, S. 2011. Some features and important of forage kochia (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) in natural areas of Konya. International Journal of Sustainable Water and Environmental Systems, 3: pp. 65-68.
- Alday, J.G., Marrs, R.H., and Martinez-Ruiz, C. 2008. Hydroseeded and native species on coal reclamation in Mediterranean environments: short-term species responses. 6th European Conference on Ecological Restoration, September 8-12, Ghent, Belgium.
- Alday, J.G., Marrs, R.H., and Martinez-Ruiz, C. 2011. Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: The influence of soil and environmental factors. Applied Vegetation Science, 14: pp. 84-94.
- Baig, M.N. 1992. Natural revegetation of coal mine spoils in the Rocky Mountains of Alberta and its significance for species selection in land restoration. Mountain Research and Development, 12: pp. 285-300.
- Boruvka, L., Kozak, J., Muhlhanselova, M., Donatova, H., Nikodem, A., Nemecek, K., and Drabek, O. 2012. Effect of covering with natural topsoil as a reclamation measure on brown-coal mining dumpsites. Journal of Geochemical Exploration, 113: pp. 118-123.
- Bradshaw, A. 1997. Restoration of mined land-using natural processes. Ecological Engineering, 8: pp. 255-269.
- Calvino, C.I., Martinez, S.G., and Downie, S.R. 2008. The evolutionary history of Eryngium: rapid radiations, long distance dispersals and hybridizations. Molecular Phylogenetics and Evolution, 46: pp. 1129-1150.
- Cao, X. 2007. Regulating mine land reclamation in developing countries: the case of China. Land Use Policy, 24: pp. 472-483.
- Cornwell, S.M. 1971. Anthracite mining spoils in Pennsylvania 1. Spoil classification and plant cover studies. Journal of Applied Ecology, 8: pp. 401-409.
- Durall, D.M., Parsons, W.F.J., and Parkinson, D. 1985. Decomposition of timothy (*Phleum pratense*) litter on a reclaimed surface coal mine in Alberta, Canada. Canadian Journal of Botany, 63: pp. 1586-1594.
- Franzese, J., and Ghermandi, L. 2014. Early competition between the exotic herb *Rumex acetosella* and two native tussock grasses with different palatability and water stress tolerance. Journal of Arid Environments, 106: pp. 58-62.
- Gaweda, M. 2009. Heavy metal content in common sorrel plants (*Rumex acetosella* L.) obtained from natural sites in

- Malopolska Province. Polish Journal of Environmental Studies, 18: pp. 213-218.
- Hazarika, P., Talukdar, N.C., and Singh, Y.P. 2006. Natural colonization of plant species on coal mine spoils at tikak colliery, Assam. Tropical Ecology, 47: pp. 37-46.
- Hodacova, D., and Prach, K. 2003. Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous revegetation. Restoration Ecology, 11: pp. 1-7.
- Juwarkar, A.A., and Jambhulkar, H.P. 2008. Phytoremediation of coal mine spoil dump through integrated biotechnological approach. Bioresource Technology, 99: pp. 4732-4741.
- Kane, K.H. 2011. Effects of endophyte infection on drought stress tolerance of *Lolium perenne* accessions from the Mediterranean region. Environmental and Experimental Botany, 71: pp. 337-344.
- Khalil, A., Hanich, L., Bannari, A., Zouhri, L., Pourret, O., and Hakkou, R. 2013. Assessment of soil contamination around an abandoned mine in semi-arid environment using geochemistry and geostatistics: Pre-work of geochemical process modeling with numerical models. Journal of Geochemical Exploration, 125: pp. 117-129.
- Knudson, J., Meiman, P., Brown, C., Beck, G., Paschke, M., and Redente, E. 2012. Canada Thistle (*Cirsium arvense*) response to clipping and seeding of competitive grasses. American Journal of Plant Sciences, 3: pp. 1252-1259.
- Lehmann, C., and Rebele, F. 2004. Evaluation of heavy metal tolerance in *Calamagrostis epigejos* and *Elymus repens* revealed copper tolerance in a copper smelter population of *C. epigejos*. Environmental and Experimental Botany, 51: pp. 199-213.
- Li, X., Jiang, D., Zhou, Q., and Oshida, T. 2012. Comparison of seed germination of four Artemisia species (Asteraceae) in north eastern inner Mongolia, China. Journal of Arid Land, 4: pp. 36-42.
- Li-ping, W., Kui-mei, Q., Shi-long, H., and Bo, F. 2009. Fertilizing reclamation of arbuscular mycorrhizal fungi on coal mine complex substrate. Procedia Earth and Planetary Science, 1: pp. 1101-1106.
- Martinez-Ruiz, C., and Fernandez-Santos, B. 2005. Natural revegetation on topsoiled mining-spoils according to the exposure. Acta Oecologica, 28: pp. 231-238.
- Moreno-de las Heras, M., Nicolau, J.M., and Espigares, T. 2008. Vegetation succession in reclaimed coal-mining slopes in a Mediterranean-dry environment. Ecological Engineering, 34: pp. 168-178.
- Naeth, M.A., and Wilkinson, S.R. 2013. Can we build better compost? Use of waste drywall to enhance plant growth on reclamation sites. Journal of Environmental Management, 129: pp. 503-509.
- Orlovsky, N.S., Japakova, U.N., Shulgina, I. and Volis, S. 2011. Comparative study of seed germination and growth of *Kochia prostrata* and *Kochia scoparia* under salinity. Journal of Arid Environments, 75: pp. 532-537.
- Pichtel, J., and Salt, C.A. 1998. Vegetative growth and trace metal accumulation on metalliferous waste. Journal of Environmental Quality, 27: pp. 618-624.
- Prach, K., and Hobbs, R.J. 2008. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. Restoration Ecology, 16: pp. 363-366.
- Prach, K., Pysek, P., and Bastl, M. 2001. Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: A pattern across seres. Applied Vegetation Science, 4: pp. 83-88.
- Puertas-Mejia, M.A., Ruiz-Diez, B., and Fernandez-Pascual, M. 2010. Effect of cadmium ion excess over cell structure and Functioning of *Zea mays* and *Hordeum vulgare*. Biochemical Systematics and Ecology. 38: pp. 285-291.
- Ram, L.C., and Mastro, R.E. 2010. An appraisal of the potential use of fly ash for reclaiming coal mine spoil. Journal of Environmental Management, 91: pp. 603- 617.
- Rehounkova, K., and Prach, K. 2010. Spontaneous succession in gravel-sand pits: a potential for restoration. Restoration Ecology, 16: pp. 305-312.
- Rodriguez, N., Amils, R., Jimenez-Ballesta, R., Rufo, L., and De La Fuente, V. 2007. Heavy metal content in *Erica andevalensis*: an endemic plant from the extreme acidic environment of Tinto River and its soils. Arid Land Research and Management, 21: pp. 51-67.
- Roubickova, A., Mudrak, O., and Frouz, J. 2012. The effect of belowground herbivory by wireworms (Coleoptera: Elateridae) on performance of *Calamagrostis epigejos* (L) Roth in post-mining sites. European Journal of Soil Biology, 50: pp. 51-55.

- Singh, A. 2011. Vascular flora on coal mine spoils of Singrauli coalfield, India. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3: pp. 309-318.
- Singh, A.N., Raghubanshi, A.S., and Singh, J.S. 2002. Plantations as a tool for mine spoil restoration. *Current Science*, 82: pp. 1436-1441.
- Sokal, R.R., and Rohlf, F.J. 1995. *Biometry*. W.H. Freeman and company., New York, USA.
- Stewart, B.R, and Daniels, W.L. 1992. Physical and chemical properties of coal refuse from Southwest Virginia. *Journal of Environmental Quality*, 21: pp. 635-642.
- Trnkova, R., Rehounkova, K., and Prach, K. 2010. Spontaneous succession of vegetation on acidic bedrock in quarries in the Czech Republic. *Preslia*, 82: pp. 333-343.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50: pp. 775-780.
- Xia, H.P., and Cai, X.A. 2002. Ecological restoration technologies for mined lands: a review. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13: pp. 1471-1477.
- Zhang, B.T., Wang, D.L., and Yang, Y.F. 2002. Study on the biological characteristics and biomass dynamics of *Artemisia scoparia*. *Grassland of China*, 24: pp. 13-17.
- Zobel, M., van der Maarel, E., and Dupre, C. 1998. Species pool: the concept, its determination and significance for community restoration. *Applied Vegetation Science*, 1: pp. 55-66.