

تاثیر میکوریزا، زئولیت و سوپر جاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاهچه
Agropyron elongatum در اراضی معدنکاوای شده (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد)

Effect of Mycorrhiza, Zeolite and Superabsorbent on Early Growth
and Seedling Establishment of *Agropyron elongatum* in Mining lands
(Case Study: Mashhad Shargh Cement Factory, Iran)

ریحانه عظیمی^{۱*}، غلامعلی حشمتی^۲، محمد فرزام^۳، مرتضی گلدانی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نگارنده مسئول)
۲. استاد گروه مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
۴. دانشیار گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۳۰

چکیده

عظیمی، ر.، حشمتی، غ.، فرزام، م.، گلدانی، م.، تاثیر میکوریزا، زئولیت و سوپر جاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاهچه *Agropyron elongatum* در اراضی معدنکاوای شده (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد)
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۲ - پایبند ۱۱۹ تابستان ۹۷: ۱-۲۰

یکی از منابع ایجاد آلودگی خاکها به فلزات سنگین فعالیت های معدنی انسان جهت استخراج فلزات است. مهم ترین مرحله در شرایط نامساعد محیطی اراضی معدنکاوای شده، استقرار اولیه گیاهچه است که به دلیل کمبود بارش، تبخیر و تعرق بالا، فقر عناصر غذایی خاک، بهم خوردن لایه های مختلف خاک و ناپایداری خاک در اراضی معدنکاوای شده مناطق خشک و نیمه خشک اغلب با شکست مواجه میشود. این تحقیق با هدف بررسی امکان بهبود استقرار اولیه و رشد گیاه مرتعی *Agropyron elongatum* در اراضی معدنکاوای شده آلوده به فلزات سنگین انجام شد. ابتدا در گلخانه گیاهچه ها از سینی کشت به گلدانهای کاغذی منتقل شدند و پس از گذشت دو ماه گلدانها در عرصه نیمه خشک اراضی کارخانه سیمان شرق مشهد با میکوریزا (*Glomus intraradices*)، زئولیت و سوپر جاذب به ترتیب به نسبت ۱، ۲ و ۴ درصد با خاک رویشگاه ترکیب و همراه با تیمار شاهد در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۹۵-۱۳۹۴ کشت شدند. گیاهچه ها پس از انتقال فقط در زمان کاشت آبیاری شدند. در این تحقیق درصد استقرار، ارتفاع گیاهان کاشته شده، درصد کلونیزاسیون میکوریزا با ریشه *A. elongatum* و برخی از خصوصیات مورفولوژیکی از جمله وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه اندازه گیری شد. تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپر جاذب موجب استقرار اولیه گیاهچه ها (به ترتیب ۴۶، ۴۶ و ۸ درصد) افزایش ارتفاع (۶۵، ۵۴ و ۴۸ درصد)، افزایش وزن خشک اندام هوایی (۶۸، ۷۳ و ۴۰ درصد) و وزن خشک کل گیاه (۵۶، ۵۲ و ۲۵ درصد) نسبت به تیمار شاهد شدند. همچنین تیمارهای زئولیت، میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ریشه (۳۸ و ۳۶ درصد) نسبت به تیمار شاهد شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای میکوریزا و زئولیت بیشترین تاثیر را بر بهبود استقرار اولیه و خصوصیات رشدی *A. elongatum* داشتند و میتوان جهت بهبود استقرار اولیه گیاهان بصورت نشاء کاری در اراضی آلوده به فلزات سنگین منطقه نیمه خشک معدنکاوای شده کارخانه سیمان شرق پیشنهاد کرد.

واژه های کلیدی: عرصه، فلزات سنگین، مراتع، نشاء کاری

مقدمه

اصلی آنها، سیلیکات های آلومینیوم است. این ترکیبات، دارای سطح وسیع و ویژگی های جذب مایع هستند که به موجب این خواص، در حذف یون های فلزات سنگین از طریق فرآیندهای تبادل یونی، جذب، ته نشینی سطحی و انحلال، به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند (Doula et al.; Mozgawa et al., 2005). زئولیت، به عنوان یک جاذب مؤثر، هم برای آنیون ها و هم برای کاتیون ها پیشنهاد شده (Kumpiene et al., 2008) و تا ۷۰ درصد وزنی خودشان آب جذب می کنند و بدون اینکه وضعیت خاک بهم بخورد یا مرطوب شود، رطوبت خاک را حفظ می کنند (Ruíz-Baltazar & Pérez, 2015). زئولیت ها به طور موثری سبب کاهش انتقال فلزات سنگین از خاک به گیاه می شود. زیرا تجمع این فلزات سنگین ممکن است باعث کاهش رشد گیاه و مسمومیت آن شود. به همین دلیل اضافه کردن زئولیت به خاک سبب کاهش مسمومیت و رشد بیشتر گیاهان می گردد (Akbar Nakhli et al., 2017). پلیمرهای سوپرجاذب که در کشاورزی استفاده می شوند شبکه پلیمری آبدوستی هستند که از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک کاهش شستشوی آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش تهویه خاک موجب رشد و نمو بهتر گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط معمولی و تنش می شوند (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009). هیدروژل عناصری نظیر نیترات ها، فسفات ها، پتاسیم، آهن، روی، و انواع ویتامین ها را در خود نگهداری نموده و

امروزه معادن یکی از ارکان مهم اقتصادی هر کشور محسوب می شوند که زندگی محدودی دارند و پس از استخراج سنگ معدن رها می شوند (Venkateswarlu et al., 2016). پس از رها کردن معادن خاک های آلوده به فلزات سنگین با فرسایش آبی و بادی به رودخانه و شهرهای اطراف آن ها منتقل می شود (Kim et al., 2011; Yenilmez et al., 2016). در صورت عدم بازسازی پوشش گیاهی مناطق معدن کاوی شده و تثبیت خاک های آلوده به فلزات سنگین می توانند موجب آلوده کردن هوا، آب، خاک و هم چنین آلودگی آب های زیرزمینی شده و بر محیط زیست اثر گذارند (Laurence 2011; Bacchetta et al., 2015). استقرار پوشش گیاهی اولیه، مهم ترین جنبه ی فرآیند احیا است (Azimi et al., 2014b; Azimi et al., 2016). در طول ۲۰ ساله گذشته، رویکردهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی متعدد به منظور دستیابی به احیای پوشش گیاهی مناطق آلوده به فلزات سنگین استفاده شده اند (Mahar et al., 2016; Wuana & Okieimen., 2011; Sheoran et al., 2011). گیاه مرتعی *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv. نسبت به خشکی و قلیائیت خاک مقاومت زیادی دارد. به دلیل خنثی بودن ساقه و برگ ها زیاد خوشخوراک نبوده و ارزش غذایی آن نیز کم است. این گونه یک گراس پایای فصل سرد بوده که در مراحل مختلف رشد به تنش خشکی مقاوم می باشد (Azimi et al., 2014c). زئولیت ها مواد معدنی بلوری، طبیعی یا مصنوعی هستند که مؤلفه ی

سوپرچاذب) افزایش داد، گام مهمی در احیاء اراضی خشک و نیمه خشک و صرفه جویی در هزینه های آبیاری اولیه می شود.

مواد و روش ها

در این آزمایش تأثیر تیمارهای میکوریزا (*Glomus intraradices*)، سوپرچاذب (A200) و زئولیت (*Clinoptilolite*) بر استقرار و تولید گونه مرتعی *Agropyron elongatum* در منطقه نیمه خشک اراضی معدن کاوی شده کارخانه سیمان شرق مشهد به عرض جغرافیایی "۲۹/۹۶' ۲۸' ۳۶° و طول جغرافیایی "۴۶/۹۹' ۴۴' ۵۹° بررسی شدند. منطقه مورد مطالعه با میانگین بارندگی ۲۲۵ میلی متر دارای اقلیم نیمه خشک است. بارش در فصل سرد سال با توزیع غیر نرمال است. بارش های سیل آسا، کوتاه مدت و رگباری قسمت عمده بارندگیهای سالیانه را تشکیل می دهد. این منطقه در ارتفاع ۱۱۲۰ تا ۱۱۳۰ متر از سطح دریا قرار دارد. طرح آزمایشی بر اساس بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار شامل تیمارهای اصلی میکوریزا، زئولیت، سوپرچاذب و شاهد در منطقه معدن کاوی شده کارخانه سیمان مشهد به مساحت ۷۲۰ متر مربع اجرا شد. قبل از کشت گیاهچه ها در منطقه مورد مطالعه برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، چهار نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه برداری انجام شد و با ارسال نمونه خاک به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد خصوصیات آن تعیین شد. در آزمایشگاه فلزات سنگین خاک، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی و بافت خاک اندازه گیری شد (جدول ۱).

از هدر رفتن آنها جلوگیری می کنند (Kabiri, Sharma & Sharma, 2013; Sharma, 2005). در آزمایشی که روی گیاه تاغ در بیرجند انجام شد، نتیجه گرفتند که افزودن هیدروژل به خاک سبب افزایش ارتفاع نهال، افزایش تولید ماده خشک ریشه آن می شود (Zangoeei Nasab et al., 2012). در تحقیق کاربرد مصرف ۰/۳ درصد پلیمر برای استفاده توسط وی توصیه می شود. از مواد اصلاحی دیگر می توان کودهای زیستی میکوریزا را نام برد که به استقرار اولیه گیاهان در شرایط سخت محیطی کمک می کند (Azimi et al., 2016; al., 2014a). احیای پوشش گیاهی زمین های معدن کاوی شده با استفاده از میکوریزا به عنوان ابزار مؤثر معرفی شده است (Kumar et al., 2010). در واقع احیای پوشش گیاهی با استفاده از میکوریزا (Sprocati et al., 2014). می تواند یکی از رویکردهای مناسب برای احیای پوشش گیاهی زمین های معدن کاری رها شده باشد. با این حال، مطالعات کامل و جامعی در این زمینه موجود نمی باشد. کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک عملکرد کمی و کیفی پوشش گیاهی و موفقیت استقرار گیاهچه های کشت شده در عرصه های منابع طبیعی را کاهش می دهد. همچنین به علت سطح بسیار بالای فلزات رشد گیاه محدود می شود و کمبود مواد آلی و محتویات ریز مغذی این خاک ها، استقرار گیاهان را با شکست مواجه می کند (Mench et al.; Ginocchio et al., 2004). بنابراین اگر به طریقی بتوان درصد موفقیت پروژه های نشاء کاری را با استفاده از تکنیک های نوین (زئولیت، میکوریزا و

جدول ۱- برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک عرصه معدن کاوی شده کارخانه سیمان شرق مشهد

Table 1. Some chemical and physical properties of soil of mined area around Mashhad Sharq cement factory

هدایت الکتریکی (دسی زمینس بر متر)	2.6	8.16	سیلی لومی	1.1	18.46	58	88.23	45	45.7	287.5	6.7	12
EC (dS.m ⁻¹)												
اسیدیته خاک												
pH												
بافت خاک												
Soil texture												
کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Cd (mg.kg ⁻¹)												
کبالت (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Co (mg.kg ⁻¹)												
نیکل (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Ni (mg.kg ⁻¹)												
روی (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Zn (mg.kg ⁻¹)												
مس (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Cu (mg.kg ⁻¹)												
کروم (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Cr (mg.kg ⁻¹)												
منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Mn (mg.kg ⁻¹)												
آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Ar (mg.kg ⁻¹)												
سرب (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Pb (mg.kg ⁻¹)												
محدوده مجاز فلزات سنگین در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)												
Allowable range of heavy metals in soil (mg.kg ⁻¹)												
(Raisi, 2013; Vodyanitskii, 2016)												

2007; Abedi Koupai & Mesforoush, 2009; Banedj Schafie, 2015) در چاله هایی که حدود دو کیلوگرم خاک گنجایش داشت اضافه شدند. خاک میکوریزایی از شرکت زیست فناورتوران تهیه شد. بر طبق کاتالوگ این شرکت، داخل هر گرم از خاک میکوریزایی حداقل ۵۰ عدد اسپور زنده وجود داشت. همچنین ماده تلقیح شامل خاک، اسپور، ریشه گیاهان، هیف های قارچ میکوریزا بود. ژئولیت از شرکت توسعه کشاورزی الوند سنگسر سمنان و پلیمر مورد استفاده از پژوهشگاه پلیمر ایران تهیه شد. کاشت گلدان ها در عرصه بر اساس طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در آخر اسفند ماه سال ۱۳۹۴ انجام و در اواخر تیرماه سال ۱۳۹۵، قبل از زرد شدن و ریزش برگ ها (زیرا زرد شدن و ریزش برگ ها، سبب کاهش کلونیزاسیون می گردد) ارتفاع و استقرار گیاهچه ها کشت شده ارزیابی و نمونه برداری انجام شد. آبیاری گیاهچه ها فقط یک بار در زمان کاشت انجام شد. بدین منظور از هر تیمار در هر بلوک دو پایه گیاهی بصورت تصادفی انتخاب و بصورت کامل از خاک خارج شدند. برای هر گیاهچه علاوه بر درصد استقرار، ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ، ریشه، ساقه و وزن خشک کل گیاه اندازه گیری شد. نمونه ها بصورت جداگانه در پاکت کاغذی قرار داده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون خشک گردید. وزن خشک ساقه، ریشه و برگ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری و ثبت شد (Azimi et al., 2013). درصد کلونیزه شدن ریشه *A. elongatum* با میکوریزا

مراحل تولید نشاء در گلخانه، انتقال آن ها به گلدان و کشت در عرصه بذر گونه مرتعی *A. elongatum* در سینی های کشت ۱۶۰ تایی در اواخر دی ماه سال ۱۳۹۴ در شرایط گلخانه کشت شد. پس از گذشت یک ماه نشاء ها به گلدان های کاغذی (ابعاد ۷×۹ سانتی متر) محتوی خاک منطقه معدن کاوی شده کارخانه سیمان مشهد با گنجایش حدود ۱۶۰ گرم خاک منتقل شدند. در این زمان برای بررسی درصد کلونیزه شدن ریشه *A. elongatum* (قبل از انتقال به عرصه) و مقایسه آن با زمان تلقیح در عرصه در چهار گلدان کاغذی به طور جداگانه نشاء ها با میکوریزا در گلخانه تلقیح و تا آخر اسفندماه در آنجا نگهداری و سپس درصد کلونیزه شدن آن با ریشه گیاهان اندازه گیری شد. زمانی که ارتفاع گیاهچه ها حدود سه الی پنج سانتی متر رسید گلدان ها به بیرون گلخانه منتقل و در آنجا نگهداری شدند. مقدار و نوع تیمارهای انتخاب شده بر مبنای توصیه شرکت های تهیه کننده، تجربیات قبلی و تحقیقات محققان دیگر انتخاب شد. در زمان انتقال گلدان های کاغذی به عرصه معدن کاوی شده (۲۹ اسفندماه) در تیمارهای جداگانه، گونه میکوریزا *Glomus intraradices* به نسبت یک به ده (به صورت لایه لایه به دو کیلوگرم خاک اضافه شد) (Azimi et al., 2014b; Azimi et al., 2016;) (Sharma & Sharma, 2013). تیمارهای ژئولیت به مقدار دو درصد (۴۰ گرم برای دو کیلوگرم خاک) (Bagherifam et al., 2014; Yari et al., 2013) و سوپرچادب ۰/۴ درصد (۸ گرم برای دو کیلوگرم خاک) (Al Humaid & Moftah, 2013)

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای زولیت، میکوریزا و سوپراآبсорبنت بر استقراری اولیه، خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام های گیاهی آگروپایرون

Table 2. Analysis of variance for the effects of mycorrhiza, zeolite and superabsorbent on morphological and organ growth characteristics of *Agropyron elongatum*

		میانگین مربعات					
		Mean squares					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک کل	ارتفاع	استقرار	
Sources of variation	Degrees of freedom	Root dry weight	Shoot dry weight	Total dry weight	Height	Establishment	
تکرار	3	0.1	0.06	0.03	3.42	0.15	
Replication							
تیمار	3	0.15*	0.47**	1.13**	131.78**	0.55**	
Treatment							
خطا	9	0.03	0.001	0.02	5.15	0.04	
Error							
ضریب تغییرات	-	30.46	44.93	31.10	35.86	53.88	
CV							

***, ** و * : به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۵ معنی داری

ns, * and ns: significant at the 0.01 and 0.05 probability levels and non-significant, respectively.

واریانس و مقایسه میانگین ها از نرم افزار آماری SPSS18 و Minitab16 استفاده شد. در مورد داده های درصدی تبدیل زاویه ای انجام شد. مقایسه میانگین ها به روش دانکن و در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد انجام شد.

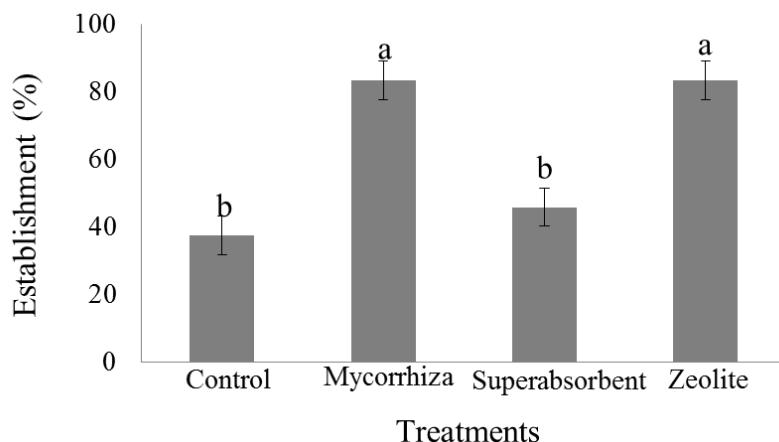
نتایج و بحث

بر اساس تحلیل واریانس انجام شده مشخص شد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب اثر معنی داری بر روی وزن خشک کل گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع و درصد استقرار گیاهچه مرتعی آگروپایرون در عرصه داشتند (جدول ۲).

درصد استقرار گیاهچه ها

اثر زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر استقرار اولیه گیاهچه های *A. elongatum* در اراضی معدن کاوی شده کارخانه سیمان معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسات میانگین تیمارهای مختلف زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب نشان داد که میکوریزا

در اواخر تیرماه (در مرحله برداشت گیاهان از عرصه) اندازه گیری شد. برای تعیین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهان با میکوریزا، قسمتی از ریشه تازه گیاهان (حدود ۰/۲ گرم) به صورت تصادفی انتخاب شده و پس از شستشوی کامل با آب به اندازه های یک سانتیمتری قطع و جهت رنگ آمیزی به داخل شیشه های حاوی محلول ۱۰ درصد KOH منتقل و به مدت ۶۰ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. در مرحله بعد ریشه ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول یک دهم مولار HCl قرار داده شدند. جهت رنگ آمیزی ریشه ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن (Phillips *et al.*, 1970) استفاده گردید. پس از رنگ آمیزی ریشه ها، برای تعیین میزان همزیستی قارچ میکوریز با ریشه ها از روش حیوانتی (Giovannetti *et al.*, 1980) استفاده شد. داده های آزمایش با استفاده از نرم افزار پایگاه اطلاعاتی Excel دسته بندی و شکل های مربوط تهیه شد. برای انجام آنالیز



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر درصد گیاهچه های زنده *A. elongatum*

Fig 5. Comparison of the average effect of zeolite, mycorrhiza and superabsorbent treatments on the percentage of alive *A. elongatum* seedlings

میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with similar letters do not differ significantly according to the Duncan multi-domain test at the 5% probability level.

به فلزات سنگین ایفاء می کنند. گیاهان دارای رابطه میکوریزا در حال رشد در نواحی آلوده به فلزات سنگین، نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی مقاوم تر هستند. هیف قارچی می تواند به خاکی دسترسی پیدا کند که خارج از دسترس ریشه های گیاه است، از اینرو جذب آب و مواد مغذی معدنی بواسطه افزایش محدوده جذبی در دسترس افزایش می یابد (Bano et al., 2013). در تحقیقی تلقیح گیاه شبدر که پوشش گیاهی مناسب جهت احیای پوشش اطراف معدن ذغال سنگ بود با میکوریزا خانواده گلوموس تلقیح کردند که میکوریزای آربوسکولار موجب تقویت رشد ریشه های گیاهان و تبدیل عناصر مغذی نامحلول به حالت قابل دسترس، افزایش جذب عناصر مغذی گیاهان و محتوای مواد آلی در این بسترها شد و به حاصلخیزی بسترهای پیچیده معدن ذغال سنگ برای احیای پوشش گیاهی معدن ذغال سنگ کمک کرد. همین امر موجب شد که این گیاهان از طریق تلقیح با میکوریزا برای احیای پوشش گیاهی معدن ذغال سنگ مناسب باشد (Li-ping et al., 2009). در تحقیقی در آلمان از زئولیت های طبیعی جهت حذف فلزات سنگین از آب معادن استفاده شد. زئولیت ها در کاهش آهن، سرب، کادمیوم و روی تاثیر به سزایی دارند (Wingenfelder et al., 2005). استفاده از زئولیت می تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد. در تحقیقی مشاهده شد که گیاه *Gerebera jamesonii* در بستر زئولیت و افزایش ده درصدی کلینوپتیلولیت به خاک مورد استفاده موجب افزایش محصول و استقرار

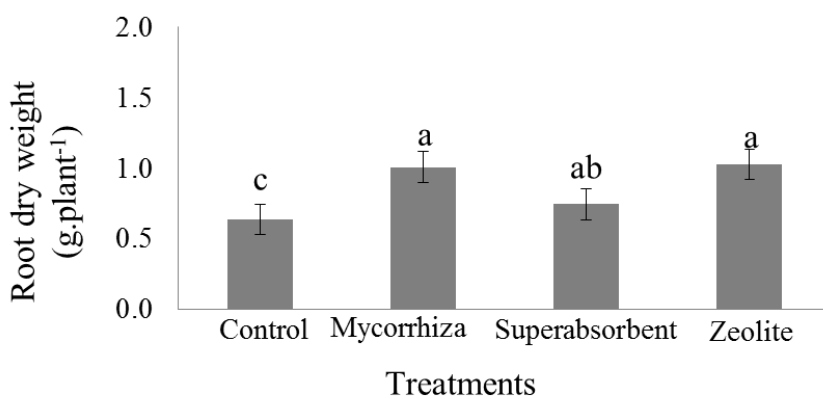
G.intraradices و زئولیت تأثیر بیشتری را نسبت به سایر تیمارها بر استقرار اولیه گیاهچه های *A. elongatum* در عرصه داشتند (شکل ۵). این تحقیق نشان داد که *A. elongatum* مناسب جهت احیای پوشش گیاهی منطقه معدن کاوی شده است. گراس ها برخلاف تصور محققین برای احیای پوشش گیاهی مناطق آلوده به فلزات سنگین و خاک های بی ثبات مناسب تر می باشد چون گراس ها روی خاکریز به سرعت رشد می کنند (Petrov et al., 2016). در برخی تحقیقات از گیاهان علفی مقاوم به خشکی و سریع الرشد برای احیای پوشش گیاهی خاک های با مواد مغذی کم و آلوده به فلزات سنگین استفاده شده است در تحقیقی احیاء پوشش گیاهی موفق روی باطله های معدنی سرب در غرب ایرلند با استفاده از گراس های مقاوم به شوری *Agrostis stolonifera* انجام شد (Wong et al. 2003; Brady et al. 1993). در میان تیمارهای مختلف درصد استقرار گونه های تلقیح شده با میکوریزا و زئولیت نسبت به تیمار سوپرچادب و شاهد بیشتر بود زیرا اکثر میکوریزاها مقاومت گیاه میزبان را افزایش می دهند (Jones et al., 1988). استفاده از میکوریزای مناسب به عنوان یک ماده تلقیحی در نواحی آلوده به فلزات سنگین می تواند اثرات فلزات سمی را کاهش دهد (Azimi et al. 2016; Bano et al. 2013). در تحقیقی میکوریزا به استقرار گونه های گندمی کمک کرده و موجب احیاء مناطق معدن کاوی شده بود (Noyd et al., 1996). روابط میکوریزایی آرباسکولار نقش مهمی در محافظت از گیاهان در محل های آلوده

استقرار و زنده‌مانی نهال‌های آتریپلکس کانسنس و بهبود صفات اندازه‌گیری شد Jafari (et al., 2012).

وزن خشک ریشه

اثر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک ریشه معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۲). تلقیح گیاهچه *A. elongatum* با میکوریزا *G. intraradices* و زئولیت باعث افزایش وزن خشک ریشه شدند، اما بین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. (شکل ۱).

گیاه در زمین‌های گلف ژاپن شد (Ercisli et al., 2003). در تحقیقی با عنوان مقایسه تأثیر کمپوست و هیدروژل بر استقرار ویژگی‌های رویشی سیاه‌تاغ نشان داد که سوپرجاذب موجب افزایش در ظهور نهال‌های سیاه‌تاغ و استقرار آنها و بهبود صفات اندازه‌گیری شده در مقایسه با شاهد گردیده است (Rafiee et al., 2009). در تحقیقی مشاهده شد که با استفاده از سوپرجاذب در منطقه خشک چه خشک رطوبت مورد نیاز گیاه آتریپلکس کانسنس تأمین شده و باعث استقرار و زنده‌مانی نهال‌ها شده است. در این تحقیق کاربرد سوپرجاذب اثرات مثبتی را در افزایش شاخص‌های مورفولوژیکی داشت. زیرا با نگهداشت رطوبت مناسب در خاک، جابجایی و توزیع اندازه حفرات و کاهش تبخیر فیزیکی بطور قابل ملاحظه‌ای میزان آب در دسترس گیاه را افزایش داده و باعث بهبود صفات مورد اندازه‌گیری شده است. استفاده از سوپرجاذب‌های بکار رفته در این تحقیق در مجموع موجب افزایش نگهداشت رطوبت،



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک ریشه *A. elongatum*

Fig 1. Effect of different treatments of zeolite, mycorrhiza and superabsorbent on root dry weight of *A. elongatum*

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with similar letters do not differ significantly according to the Duncan multi-domain test at the 5% probability level.

وزن خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج مشخص شد که اثرات زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر افزایش وزن اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسه میانگین های این تیمارها نشان داد که گیاهچه های تلقیح شده با میکوریزا گونه ی *G. intraradices* و زئولیت بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند (شکل ۲).

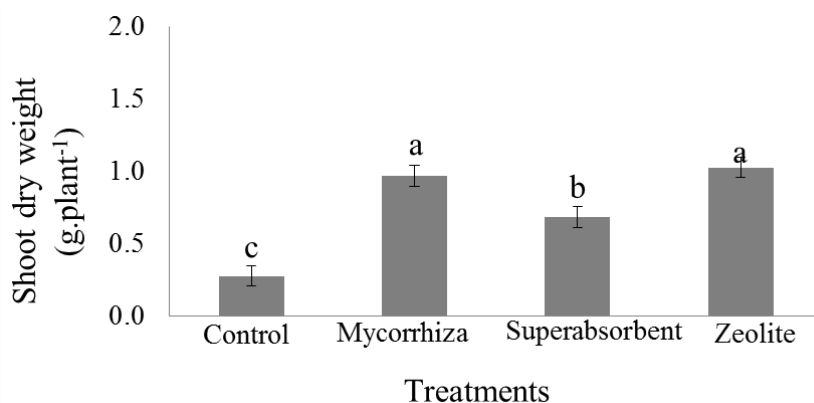
وزن خشک کل

با توجه به نتایج مشخص شد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب اثر معنی داری بر روی وزن خشک کل ($p \leq 0.01$) داشتند (جدول ۲). با توجه به مقایسات میانگین بین تیمارها مشخص شد که میکوریزا *G. intraradices* و زئولیت تأثیر بیشتری بر افزایش وزن خشک کل گیاه داشت (شکل ۳).

ارتفاع

توجه به نتایج مشخص شد که تیمارهای

زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب اثر معنی داری بر روی ارتفاع ($p \leq 0.01$) داشتند (جدول ۲). گیاهچه های تلقیح شده تحت تیمارهای مختلف زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (شکل ۴). نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام های گیاه مرتعی *A. elongatum* چند ساله تأثیر مطلوبی داشتند. این نتایج با نتایج تحقیقات گذشته که نشان داده است تلقیح میکوریزایی در افزایش صفات رویشی گیاهان نقش دارد مطابقت می کند (Bano et al., 2013; Neago et al., 2013). در تحقیقات محققان دیگر تلقیح میکوریزا به ویژه در خاک های آلوده مورد آزمایش قرار گرفته و مشاهدات، حاکی از بهبود رشد گیاه و جذب محدود فلزات سنگین نسبت به تیمار شاهد بوده است (Neago et al., 2012; Madejon et al., 2009, 2013). این رشد بیشتر گیاهان میکوریزایی

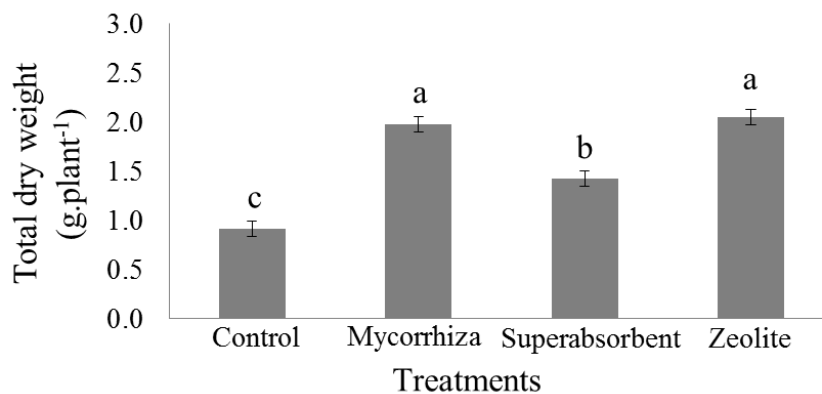


شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک اندام هوایی *A. elongatum*

Fig 2. Effect of different treatments of zeolite, mycorrhiza and superabsorbent on shoot dry weight of *A. elongatum*

میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with similar letters do not differ significantly according to the Duncan multi-domain test at the 5% probability level.

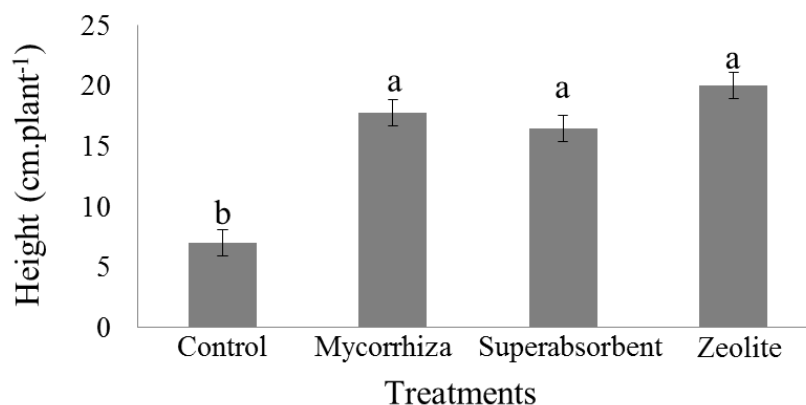


شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر وزن خشک کل *A. elongatum*

Fig 3. Effect of different treatments of zeolite, mycorrhiza and superabsorbent on total dry weight of *A. elongatum*

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with similar letters do not differ significantly according to the Duncan multi-domain test at the 5% probability level.



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف تیمارهای زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر ارتفاع *A. elongatum*

Fig 4. Effect of different treatments of zeolite, mycorrhiza and superabsorbent on height of *A. elongatum*

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with similar letters do not differ significantly according to the Duncan multi-domain test at the 5% probability level.

معدنی، بویژه فسفر اثبات شده است (Smith et al., 2008). گونه میکوریزایی که دارای توانایی زیادی در ایجاد همزیستی با گیاهان باشند، می‌توانند سبب افزایش تولید ماده خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان (Azimi et al., 2014b) و جذب بیشتر فسفر در آن‌ها شوند (Daei et al., 2009). در بررسی تأثیر تلقیح گیاه *Agrostis*

احتمالاً به این دلیل است که میسلیم میکوریزایی سطح وسیع‌تری برای جذب آب و مواد معدنی فراهم می‌کند، بنابراین می‌تواند حجم بیشتری از خاک را کاوش و مقدار آب بیشتری برای گیاهان فراهم کنند. همچنین این موضوع موجب جذب بیشتر مواد غذایی به گیاهان شوند که در تحقیقی نقش میکوریزا در کسب مواد مغذی

دسترس، افزایش جذب فسفر توسط گیاه و در نتیجه موجب افزایش بیوماس اندام زیرزمینی می شود. (Hu et al., 2013). در آزمایشی همزیستی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) با دو قارچ آربوسکولار، *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* بر جذب و انتقال سرب در گیاه بررسی کردند که همزیستی با قارچ *G. intraradices* سبب افزایش وزن خشک بخش هوایی و وزن خشک ریشه در مقایسه با بوته های غیرهمزیست گردید (Amanifar et al., 2010). این قارچ ها با تثبیت این عناصر و مواد آلاینده در شبکه ریشه ای خارج ریشه ای خود باعث غیرفعال شدن آن ها می شوند. بنابراین قارچ های همزیست ریشه می تواند کمک زیادی در احیای زیستی زمین های آلوده بنمایند. سازوکارهایی که این قارچ ها برای کاهش تنش فلزات سنگین برای گیاهان به کار می برند، شامل غیرپویایی فلزات سنگین در ریشه های خارج ریشه ای، بهبود تغذیه معدنی به ویژه فسفر برای گیاه که باعث تسریع رشد آن می گردد و تغییر pH اطراف ریشه می باشند (Gonzalez et al., 2005). بعضی از گونه های میکوریزا می توانند تنش فلزات سنگین را تحمل کنند که از میان آنها، *Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* مهمترین گونه های *Glomus* هستند (Sharma & Sharma, 2013) در این تحقیق تیمار ژئولیت موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع و وزن خشک کل گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. احتمالاً ژئولیت ها با تنظیم pH خاک، احتباس نیتروژن، جذب فلزات سنگین از طریق تبادل کاتیونی، جذب

capillaris با میکوریزا آربوسکولار در بستر به شدت آلوده و فقیر از لحاظ مواد مغذی منطقه معدن کاوی شده، بهبود تغذیه ی فسفر و کاهش انتقال عنصر سمّی به گیاهان و در نتیجه افزایش رشد گیاه را مشاهده کردند (Neagoe et al., 2009). تأثیر دو گونه میکوریزا بر گیاه *Mimosa pudica* L. در خاک هایی با آلودگی کادمیوم را بررسی کردند. آنها دریافتند که هر دو نوع میکوریزا باعث افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه و افزایش بیوماس اندام هوایی شد. همچنین گونه های میکوریزا موجب افزایش تجمع فسفر در ریشه گردید (Hu et al., 2014). گیاهان همزیست با میکوریزا مکانیسم های متنوعی برای سم زدایی فلزات سنگین دارند که شامل جداسازی فلزات توسط میسلیوم و گلومالین (پروتئین تولید شده توسط قارچ AM) (Joner et al., 2001) که باعث جذب کم فلزات توسط میکوریزا می شود. ریشه های گیاهان همزیست با میکوریزا ممکن است به دلیل سیستم ریشه ای بزرگتر، جذب آب و مواد غذایی بیشتر سبب افزایش مواد ترشحاتی بیشتر از ریشه گیاهان می شود. به همین دلیل تلقیح میکوریزا موجب افزایش فسفر در دسترس خاک بوسیله بالا بردن فعالیت فسفاتاز اسیدی باشد (Wong et al., 2007). در تحقیقی تأثیر دو نوع میکوریزا (*G. caledonum* و *G. mosseae*) را بر جذب و تثبیت کادمیوم در دو گیاه *Lolium perenne* و *Sedum alfredii Hance* بررسی نموده و دریافتند که هر دو نوع میکوریزا باعث افزایش میزان درصد کلونیزاسیون ریشه، فعالیت فسفاتاز اسیدی خاک، تجمع فسفر قابل

افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک کاهش شستشوی آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش تهویه خاک موجب رشد و نمو بهتر گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط معمولی و تنش می‌شوند. در توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش سطح جذب گیاه باشد که خود عاملی مهم در جذب عناصر می‌باشد. همچنین کاربرد پلیمر سوپر جاذب به دلیل تأمین آب مورد نیاز گیاه می‌تواند عاملی مهم در جهت افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش فلز سنگین باشد (Akhter et al., Orzeszyna et al., 2006). (2004).

درصد کلونیزه شدن ریشه

A. elongatum با تیمار میکوریزا

کلونیزه شدن ریشه گیاهچه *A. elongatum* با گونه میکوریزا *Glomus intraradices* معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳). زمان اندازه گیری کلونیزه شدن ریشه *A. elongatum* با

مواد مغذی در خاک، افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین فراهم نمودن مواد مغذی معدنی برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها (Ahmed et al., Akbar Nakhli et al., 2017) موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه آگروپایرون شده است. در تحقیقی کاربرد زئولیت موجب افزایش وزن خشک ساقه و ریشه گیاه ریحان (*Malva sylvestris*) نسبت به تیمار شاهد شد (Ahmadi Azar et al., 2015). در تحقیقی اثر هیدروژل را بر رشد و عملکرد گونه‌های صنوبر تحت تنش خشکی بررسی کرده و نشان دادند که هیدروژل قادر به افزایش آب در دسترس گیاه با تنظیم اسمزی و تجمع مولکول‌های کوچک کربوهیدرات بوده و رشد صنوبر را تحریک می‌کند (Zhi Bin et al., 2009). در تحقیقی مشاهده شد که پلیمر سوپر جاذب A200 موجب افزایش ارتفاع و عملکرد ذرت شد (Moazzen Ghasemi et al., 2009). پلیمرهای سوپر جاذب از طریق

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد کلونیزه شدن ریشه گیاهچه آگروپایرون با میکوریزا در محل کشت (گلخانه، عرصه)

Table 3. Analysis of variance for root colonization percentage of *Agropyron elongatum* with mycorrhiza at planting site (greenhouse, field)

میانگین مربعات		
Mean squares		
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلونیزاسیون
Sources of variation	Degrees of freedom	Colonization
تکرار	3	16.67 ^{ns}
Replication		
محل نمونه (گلخانه و عرصه)	1	272.22 ^{**}
Treatment		
خطا	3	16.67
Error		
ضرب تغییرات	-	11.36
CV		

** و ns: به ترتیب معنی دار در سطح 0/01 و عدم معنی داری

** and ns: significant at the 0.01 probability level and non-significant, respectively.

(Azimi et al., 2016).

نتیجه گیری

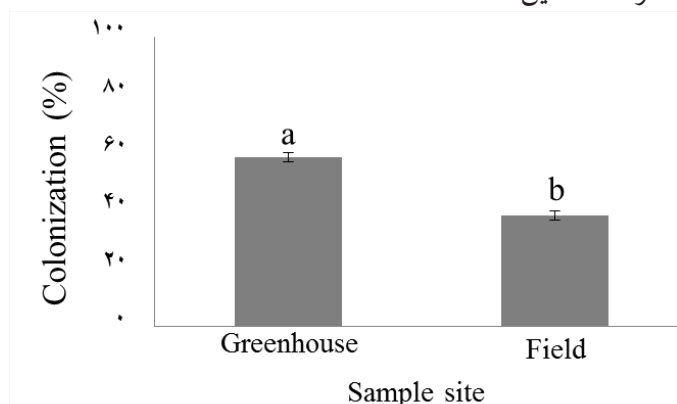
در این تحقیق تیمارهای زئولیت و میکوریزا اثر مثبت تری بر روی افزایش عملکرد و استقرار گیاه آگروپایرون نسبت به تیمار شاهد در اراضی معدن کاوی کارخانه سیمان شرق مشهد شد. لذا با توجه به وجود میلیون ها تن زئولیت در ایران، می توان با قیمت بسیار ارزان آن ها را تهیه و در کشاورزی و منابع طبیعی مورد استفاده قرار داد. این موضوع خصوصاً در عرصه های منابع طبیعی در مناطق خشک و نیمه خشک که میزان بارش و رطوبت خاک کم بوده و استقرار گیاهان به بارندگی وابسته است بسیار اهمیت داشته و می تواند مورد توجه محققان و دست اندرکاران اجرایی قرار گیرد. همچنین میکوریزا *G. intraradices* را نیز می توان به عنوان یک کود بیولوژیک جهت افزایش عملکرد، استقرار اولیه گیاه آگروپایرون و احیای پوشش گیاهی اراضی آلوده به فلزات سنگین منطقه معدن کاوی شده در کارخانه سیمان شرق مشهد پیشنهاد کرد.

تیمار میکوریزا در عرصه و گلخانه معنی دار ($p \leq 0.1$) بود (جدول ۳).

در مقایسه میانگین درصد کلونیزه شدن ریشه *A. elongatum* با تیمار میکوریزا *G. intraradices* در محل های کشت متفاوت مشاهده شد که درصد کلونیزاسیون در شرایط گلخانه به طور معنی داری بیشتر از درصد کلونیزه شدن ریشه این گیاهچه با میکوریزا در شرایط عرصه بود (شکل ۶).

به طور کلی در این تحقیق مشخص شد که *A. elongatum* قادر است با میکوریزا همزیستی برقرار کند. در تحقیقات دیگر نیز با وجود مقدار بالای فلزات سنگین خاک، افزایش همزیستی زوائد هیفی، هاگزایی و رویش هاگ در ریشه کلونیزه شده گیاهان با قارچ *G. intraradices* مشاهده شده است (Pawłowska et al., 1999). زوائد هیفی در گونه های *Glomus* همراه با افزایش مقدار فلز سنگین روی در گیاهان مشاهده شد (Weissenhorn et al., 1993). در تحقیقی گونه میکوریزا *G. intraradices* بالاترین درصد کلونیزاسیون با ریشه گیاه *Bromus kopetdaghensis* و مقاومت بالایی به شرایط خاک های آلوده به فلزات سنگین داشت

References



شکل ۶- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه *A. elongatum* در عرصه و گلخانه

Fig 6. Mean comparison of root colonization percentage of *A. elongatum* at field and greenhouse

- Abedi Koupai, J., and Mesforoush, M. 2009. Evaluation of Superabsorbent Polymer Application on Yield, Water and Fertilizer Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus*). *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 2(3): 100-111. (In Persian with English Summary)
- Ahmed, O. H., Sumalatha, G., and Nik Muhamad, A. M. 2010. Use of zeolite in maize (*Zea mays*) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(15): 2393-2401.
- Ahmadi Azar, F., Hasanloo, T., Imani, A., and Feiziasl V. 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). *Journal of Plant Researchers*, 28(3): 459-474. (In Persian with English Summary)
- Akbar Nakhli, S. A., Delkash, M., Ebrazi Bakhshayesh, B., and Kazemian H. 2017. Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: a Review on Water and Nutrient Retention. *Water Air Soil Pollution*, 228(464): 1- 34.
- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Marden, A., Ahmad, M. and Iqbal, M. M. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant soil Environment*, 50:463-469
- Al Humaid, A., and Moftah, A. E. 2007. Effects of hydrophilic polymer on the survival of Buttonwood seedlings grown under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 30(1), 53-66.
- Amanifar, S., Aliasgharzad N., Najafi, N., Oustan, Sh., and Bolandnazar, S. 2010. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Lead Phytoremediation by Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Water and Soil Science*, 22(1): 155-168. (In Persian with English Summary)
- Azimi, R., Jangju, M., Asghari, H. 2013. Effect of inoculation of mycorrhizal fungus on initial establishment and morphological characteristics of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in natural conditions. *Iranian Journal of Crop Research*, 11 (4): 666-676.
- Azimi, R., Jangju, M., Asghari, H. 2014a. Effect of inoculation of mycorrhizal fungus on seedling establishment and morphological characteristics of *Bromus kopetdaghensis* growth under field conditions. *Pasture and Watershed Journal*, 67 (4): 253-261.
- Azimi, R., Jankju, M., and Asghari, H. 2014b. Effect of mycorrhiza inoculation on seedlings establishment and morphological parameters of *Medicago sativa* L. under field conditions. *Journal of Agroecology*, 5(4): 424-432. (In Persian with English Summary)

- Azimi, R., Jankju, M., Feizi, H., Azimi, A. 2014c. Interaction of SiO₂ nanoparticles and seed prechilling on germination and early seedling growth of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* L.). *Polish Journal of Chemical Technology*, 16(3): 25-29.
- Azimi, R., Hossein Jafari, S., Kianian, M.K., Khaksarzade, V., Amini, A. 2016. Studying Arbuscular Mycorrhiza Symbiotic Effects on Establishment and Morphological Characteristics of *Bromus kopetdaghensis* on Cadmium Contaminated Soil. *Taiwan Water Conservancy*, 64(3): 82-91.
- Bacchetta, G., Cappai, G., Carucci, A., Tamburini, E. 2015. Use of native plants for the remediation of abandoned mine sites in Mediterranean semiarid environments. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94:326–333.
- Bagherifam, S., Lakziyan, A., Fotovat, A., Khorasani, R., Akbarzadeh, S., and Motedayen, A. 2014. Immobilization of arsenic in a calcareous soil using an iron, manganese and aluminum-modified zeolite. *Journal of Environmental Science and Technology*, 16(61): 39-54. (In Persian with English Summary).
- Banedj Schafie, S. 2015. Effect of a superabsorbent polymer on the growth of *Panicum antidotale* and nitrogen leaching. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(3): 595-605.
- Bano, S.A, and Ashfaq, D. 2013. Role of mycorrhiza to reduce heavy metal stress. *Natural Science*, 5(12): 16-20.
- Brady, E. 1993. *Revegetation and environmental management of lead-zinc mine tailings*. M. Phil. Thesis, Department of Environmental and Evolutionary Biology, University of Liverpool, Liverpool, U.K.
- Daei, G., Ardekani, M.R., Rejali, F., Teimuri, S., and Miransari, M. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Journal of Plant Physiology*, 166: 617-625.
- Doula, M.K., Elaiopoulos, K., Kavvadias, VA., and Mavraganis, V. 2012. Use of clinoptilolite to improve and protect soil quality from disposal of oil mills wastes. *Journal Hazard Mater*, 207–208:103–110.
- Ercisli, S., Esitken, A., Cangi, R., and Sahin, F. 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation. *Plant Growth Regulatio*, 4: 133-137.
- Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *Journal of New Phytologist*, 84: 489-500.
- Ginocchio, R., and Baker, A. J. 2004. Metallophytes in Latin America: a remarkable

- biological and genetic resource scarcely known and studied in the region. *Revisita Chilena de Historia Natural*, 77:185–194.
- Gonzalez-Chavez, M. C., Carrillo-Gonzalez, R., Wright, S. F., and Nichols, K. 2004. The role of glomalin, a protein produced by arbuscular mycorrhizal fungi in sequestering potentially toxic elements. *Environmental Pollution*, 130:317-323.
- Gonzalez-Guerrero, M., Azcon-Aguilar, C., Mooney, M., Valderas, A., McDiarmid, C.W., Eide, D.J., and Ferrol, N. 2005. Characterization of a *Glomus intraradices* gene encoding a putative Zn transporter of the cation diffusion facilitator family. *Fungal Genetics and Biology*, 42 (2):130-140.
- Hu, J., Wang, H., Wu, F., Wu, Sh., Cao, Zh., Lin, X., and Wong, M. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi influence the accumulation and partitioning of Cd and P in bashfulgrass (*Mimosa pudica* L.) grown on a moderately Cd-contaminated soil, *Applied Soil Ecology*, 73: 51-57.
- Jafari, M., Tavili, A., and Ali, M. 2012. Application of Superabsorbent on soil moisture retention and establishment of *Atriplex canescens* in arid area. *Renewable Natural Resources Research*, 3(2): 11-18.
- Jones, M.D., and Hutchinson, T.C. 1988. Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum* Effects on growth, photo- synthesis, respiration and transpiration. *New Phytologist*, 108, 451-459.
- Joner, E. J., and Leyval, C. 2001. Time course of heavy metal uptake in maize and clover as affected by root density and different mycorrhizal inoculation regimes. *Biology Fertilization Soils*, 33:351- 357.
- Kabiri, A. 2005. Superabsorbent, Introduction to Applied. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.
- Keiffer, C.H., and Ungar, I.A. 2002. Germination and establishment of halophytes on brine-affected soils. *Journal of Applied Ecology*, 39: 402–415.
- Kim, S.M., Suh, J., Oh, S., Son, J., Hyun, C. U., Park, H. D., Shin, S. H., and Choi, Y. 2016. Assessing and prioritizing environmental hazards associated with abandoned mines in Gangwon-do, South Korea: the Total Mine Hazards Index. *Environmental Earth Sciences*, 75:1–4
- Kumar, A., Raghuwanshi, R., and Upadhyay, R.S. 2010. Arbuscular mycorrhizal technology in reclamation and revegetation of coal mine spoils under various revegetation models. *Engineering*, 2: 683–689
- Kumpiene, J., Lagerkvist, A., and Maurice, C. 2008. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soils using amendments. *A Review Waste Management*, 28:215–

225.

- Laurence, D. 2011. Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 9:278–284
- 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: 1101–1106
- Madejón, E., Doronila, A.I., Madejón, P., Baker, A.J.M., and Woodrow, I.E. 2012. Biosolids, mycorrhizal fungi and eucalypts for phytostabilization of arsenical sulphidic mine tailings. *Agroforestry Systems*, 84:389–399.
- Mahar, A., Wang, P, Ali, A., Kumar Awasthi, M., Lahori, A., Wang, Q, Li, R., and Zhang, Z. 2016. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126:111–121.
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd edn. Academic, London.
- Mench, M., Lepp, N., Bert, V., Schwitzguebel, J.P., Gawronski, S.W., Schröder, P., and Vangronsveld, J. 2010. Successes and limitations of phytotechnologies at field scale: outcomes, assessment and outlook from COST Action 859. *Journal Soils Sediments*, 10:1039–1070.
- Moazzen Ghasemi, B., Akbari, G. H., Zohorian, M. J., and Nikniaee, A. B. 2009. An Evaluation of Growth and Yield of Forage Corn with Application of Different Levels of Super Absorbent Polymer (SUPERAB A200) and under Drought Stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(3): 1- 8.
- Mozgawa W., and Bajda T. 2005. Spectroscopic study of heavy metals sorption on clinoptilolite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 31:709–713.
- Neagoe, A., Merten, D., Iordache, V., and Buechel, G. 2009. The effect of bioremediation methods involving different degrees of soil disturbance on the export of metals by leaching and by plant uptake. *Chemie der Erde / Geochemistry*, 69:57–73.
- Neagoe, A., Iordache, V., Bergmann, H., Kothe, E. 2013. Patterns of effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plants grown in contaminated soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(2): 273- 286.
- Noyd, R.K., Peger, F.L., and Norland, M.R. 1996. Field responses to added organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi, and fertilizer in reclamation of torbonite iron ore tailing. *Plant Soil*, 179: 89 - 97.
- Orzeszyna, H., Garlikowski, D. and Pawlowski, A. 2006. Using of geocomposite with superabsorbent synthetic polymers as water retention element in vegetative latters. *Polish Academy of Sciences*, 20: 201-206.
- Pawlowska, T.E., Douds, D.D., and Charvat, I. 1999. *In vitro* propagation and life

- cycle of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus etunicatum*. *Mycological Research*, 103: 1549-1556.
- Petrov, P., Zheleva, E., and Ivanova, S. 2016. Restoration processes in ecosystems within the rehabilitated mining sites of *Dpminc Chelopech*. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(4): 1334–1344
- Phillips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasites and vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Journal of Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158–161.
- Rafiee, z. 2009. *Comparing effect of hydrogel and compost on establishment and growth properties of Haloxilon aphyllum and (case study: Yazd)*. M.s Dissertation, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ruíz-Baltazar, A., and Pérez, R. 2015. Kinetic Adsorption Study of Silver Nanoparticles on Natural Zeolite: Experimental and Theoretical Models. *Journal of Applied Sciences*, 5, 1869-1881.
- Sharma, A., and Sharma, A., 2013. Role of vesicular arbuscular mycorrhiza in the mycorrhiza in the mycoremediation of heavy toxic metals from soil. *International Journal of Life Science and Pharma Reviews (IJLPR)*, 2(3): 418-431.
- Smith S.E., and Read D.J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, London.
- Sprocati, A.R., Alisi, C., Pinto, V., Montereali, M.R., Marconi, P., Tasso, F., Turnau, K., De Giudici, G., Goralska, K., Bevilacqua, M., and Marini, F. 2014. Assessment of the applicability of a “toolbox” designed for microbially assisted phytoremediation: the case study at Ingurtosu mining site (Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 21:6939–6951
- Sheoran, V., Sheoran, A., and Poonia, P. 2011. Role of hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41: 168–214.
- Venkateswarlu, K., Nirola, R., Kuppusamy, S., Thavamani, P., Naidu, R., and Megharaj, M. 2016. Abandoned metalliferous mines: ecological impacts and potential approaches for reclamation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15:327–354
- Weissenhorn, I., Leyval, C., and Berthelin, J. 1993. Cd- tolerant arbuscular mycorrhizal (AM) fungi from heavy- metal polluted soils. *Plant Soil*, 157: 247-256.
- Wingenfelder, U., Hansen, C., Farrer, G., and Schulin, R. 2005. Removal of Heavy Metals from Mine Waters by Natural Zeolites. *Environmental Science*

- Technology, 39:4606-4613.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50: 775-780
- Wuana, R.A., and Okieimen, F.E. 2011. Heavy metals in contaminated soils: are view of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices Ecology*, 1-20.
- Yari, S., Khalighi-Sigaroodi, F., and Moradi, P. 2013. Effects of different levels of zeolite on plant growth and amount of gel production in *Aloe vera* L. under different irrigation. *Journal of Medicinal Plant*, 4(48): 72-81. (In Persian with English Summary)
- Yenilmez, F., Kuter, N., Emil, M. K., and Aksoy, A. 2011. Evaluation of pollution levels at an abandoned coal mine site in Turkey with the aid of GIS. *International Journal of Coal Geology*, 86:12-19.
- Zhi Bin, L., Keli, I., Xangning, J., and Poiie, A. 2009. Ectomycorrhizal fungus (*Paxillus involutus*) and hydrogels affect performance of *Populus eufratica* exposed to drouth stress. *Annals of Forest Science*, 66(1): 106-114.
- Zangooei Nasab, Sh., Imami, H., Astaraei, A. R., and Yari, A. R. 2012. The effects of Stockosorb hydrogel and irrigation on growth and establishment of *Saxaul* plant. The First National Conference on Farm Water Management, 1-9.

Effect of Mycorrhiza, Zeolite and Superabsorbent on Early Growth and Seedling Establishment of *Agropyron elongatum* in Mining lands (Case Study: Mashhad Shargh Cement Factory, Iran)

R. Azimi^{1*}, GH. Heshmati², M. Farzam³, M. Goldani⁴

1. Ph.D. Student of Rangeland Sciences, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran . (Corresponding author)
2. Professor, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad.
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Received: April 2018 Accepted: August 2018

Extended Abstract

Azimi, R., Heshmati, GH., Farzam, M., Goldani, M., Effect of Mycorrhiza, Zeolite and Superabsorbent on Early Growth and Seedling Establishment of *Agropyron elongatum* in Mining lands (Case Study: Mashhad Shargh Cement Factory, Iran)

Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 2, 2018 1-3: 1-20(in Persian)

Introduction: Heavy metals have become one of the sources of soil contamination as a result of human-induced mining for metal extraction. Early establishment of seedlings under the unfavorable environmental conditions of mined lands is a major stage that is often faced with failure. This is due to the shortage of precipitation, high evapotranspiration, poor soil nutrients, disturbed layers of soil and instability of soil in the mined lands of arid and semi-arid regions. Hence, facilitating early establishment of seedlings by employing new substances and technologies such as zeolite, superabsorbent and mycorrhiza can be considered an important step towards the restoration of degraded lands in the vicinity of mines in arid and semi-arid regions. Some materials that can be used to reclaim degraded mining lands include zeolites, superabsorbent or hydrogel and mycorrhizal bio-fertilizers. Initial establishment and production of plants should be studied under real conditions, which will make it possible to assess the feasibility of such substances for possible commercialization.

Materials and Methods: The effect of mycorrhiza (*Glomus intraradices*), superabsorbent (A200) and zeolite (Clinoptilolite) on the establishment and production of *Agropyron elongatum* species in the soils of the abandoned mines

Email address of the corresponding author: Reyhaneazimi36@yahoo.com

around Mashhad Shargh cement factory was studied in 2015-2017. The experiment was based on a randomized complete block design with four replications, consisting of four treatments (mycorrhiza, zeolite and superabsorbent). The measured traits included plant establishment percentage, plant height, mycorrhizal colonization on roots, aerial and root dry weight and total dry matter. Method of Giovannetti (Giovannetti *et al.*, 1980) was used to determine the rate of bacterial colonization on the plant roots. The data from the experiment were categorized using the Excel database software and the charts were drawn. Analysis of variance was performed by SPSS18 and Minitab16 statistical software.

Results & Discussion: Based on the results of variance analysis, the treatments such as zeolites, mycorrhiza and the superabsorbent had significant effect on total dry weight, shoot dry weight, root dry weight, plant height and *Agropyron elongatum* establishment percentage in the area. The application of mycorrhizae, zeolite and superabsorbent facilitated the primary establishment of plants by, respectively, 46, 46 and 8 percent. The plant height of the seedlings under zeolites, mycorrhiza and the superabsorbent treatments increased by 65, 54 and 48 percent compared with control, respectively. An increase of 40-73 percent was observed in the above-ground dry biomass of the seedlings subjected to the experimental treatments. The total dry matter biomass of *Agropyron elongatum* plant rose by 56, 52 and 25 percent in zeolites, mycorrhiza and superabsorbent treatments, respectively relative to control treatment. The Application of both the zeolite and mycorrhizae treatments respectively increased dry root weight by 38 and 36 percent relative to the superabsorbent and control treatments. The use of mycorrhiza increases plant resistance to environmental stresses, improves rate of photosynthesis, enhances plant growth and boosts yield and absorption of water and nutrients by plants (Wong *et al.*, 2007). Superabsorbent polymers can improve plant growth and contribute to yield increase under normal and stress conditions by increasing water-holding capacity of soil and decreasing nutrient loss through leaching. It is reported that the zeolites have a positive effect on improving morphological characteristics of *Malva sylvestris* (Ahmadi Azar *et al.*, 2015).

Conclusion: According to our results, *G. intraradices* mycorrhiza and zeolite can be recommended as effective and affordable treatments to increase yield and support the initial establishment of *Agropyron elongatum* plant. They can also aid in vegetation recovery of lands contaminated with heavy metals in the mining affected areas of Mashhad Shargh cement factory.

Keywords: Field, Heavy metals, Rangelands, Seedling transplantation.

References

- Ahmadi Azar, F., Hasanloo, T., Imani, A., and Feiziasl V. 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). *Journal of Plant Researchers*, 28(3): 459-474. (In Persian with English Summary)
- Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *Journal of New Phytologist*, 84: 489-500.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50: 775–780