محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار بر خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی گندم در یک خاک آلوده به سرب

صلاح الدین مرادی[۱]، لیلا جهانبان[۱*]

[۱] استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران، ایران

چکیده

سرب شایع‌ترین آلاینده فلزی سنگین در محیط زیست است. ریشه گیاه و ریزوسفر، زیستگاه مناسبی را برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم های خاک فراهم می نمایند. قارچ های میکوریز از ریزجانداران مهم بشمار می آیند که با ریشه بسیاری از گیاهان همزیستی دارند. با انجام یک آزمایش گلخانه ای تأثیر همزیستی با دو گونهٔ قارچ میکوریز فانلی فورمیس موسه و ریزوفاگوس ایرگیولاریس بر خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی گندم در خاک آلوده به سرب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل شامل سه سطح سرب (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب بر کیلوگرم خاک)، چهار سطح قارچ میکوریز شامل بدون قارچ (شاهد)، میکوریز فانلی فورمیس موسه، ریزوفاگوس ایرگیولاریس و تلفیق این دو نوع قارچ میکوریز با سه تکرار، انجام شد. برای ایجاد تیمارهای سرب از نمک نیترات سرب استفاده شد. نتایج نشان داد که تلقیح گندم با هر دو گونهٔ قارچ میکوریز، سبب بهبود خصوصیات اندازه گیری شده گردید. در سطوح بالای سرب، خصوصیات ریخت شناختی گیاه تلقیح شده با هر دو گونهٔ قارچی، به طور معنی داری در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی بهبود یافت.

کلمات کلیدی: اندام هوایی، سرب، گندم، میکوریز آربوسکولار.

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین در خاک های زیر کشت محصولات کشاورزی یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی در سطح جهانی است. بنا به گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست، سرب شایع ترین آلاینده فلزی سنگین در محیط زیست است. سرب یک عنصر غیر ضروری در فرایند های متابولیک است و حتی زمانی که به مقادیر کم در موجودات زنده جذب می شود، ممکن است سمی یا کشنده باشد. آلودگی سرب در محیط زیست گیاهی به علت اثرات بسیار مضری که بر روی فرایندهایی نظیر کاهش جوانه زنی بذر، اختلال در میتوز و جلوگیری از رشد ریشه و ساقه، کاهش فتوسنتز، کاهش سنتز DNA، و کاهش و یا مهار فعالیت های آنزیمی دارد، سمی شناخته شده است (مرادی و شیخی ۱۳۹۲).

ریشه گیاه و ریزوسفر، زیستگاه مناسبی را برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم های خاک فراهم می نمایند. قارچهای میکوریز از ریزجانداران مهم بشمار میایند که با ریشه بیش از ۹۷ درصد از گیاهان همزیستی دارند. استفاده از این قارچ ها علاوه بر بهبود وضعیت تغذیه ای گیاه میزبان، سبب افزایش طول ریشه ها شده و جذب آب نیز به میزان بیشتری صورت می پذیرد که این امر افزایش فتوسنتز، بیومس گیاهی و تولید دانه بیشتر را به همراه دارد. قارچ میکوریز آربسکولار می توانند توانایی گیاهان را برای سازگار شدن در مواجهه با تنش های غیر زنده ایجاد شده توسط کمبود عناصر غذایی، تنش های شوری، خشکی و فلزات سنگین افزایش دهند (Paudyal و همکاران ۲۰۰۷).

ریشه های میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی قادر به بدست آوردن عناصر غذایی بیشتری از خاکهای دارای کمبود عناصر غذایی هستند، زیرا هیف های ریشه گیاهان میکوریزایی حجم بیشتری از خاک را نسبت به ریشهٔ گیاهان غیرهمزیست دربرمی‌گیرند که همین امر سبب افزایش توان تولید گیاه و افزایش زیست‌توده ریشه و اندام های هوائی می گردد.

غلظت های بالای فلزات سنگین سبب اختلال در متابولیسم گیاه شده و آثار حاصل از آن بسته به نوع فلز سنگین، نوع گیاه و شرایط محیطی در هنگام وقوع تنش، متفاوت است. پر واضح است که سمیت فلزات سنگین وابسته به زیست فراهمی آنها است. در خاکهای آلوده به فلزات سنگین، حضور ریزجاندارانی مانند قارچهای میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر، میتواند قابلیت دسترسی و سمیت فلزات سنگین را برای گیاه تغییر دهد و نقش اکولوژیک و زیست محیطی قابل توجهی در تثبیت فلزات سنگین توسط گیاه در خاکهای آلوده به این فلزات با ایجاد کمپلکسهای نامحلول، ایفا کند و به نوبهٔ خود به بقای گیاهان میکوریزی کمک کند. فلزات سنگین به دلیل آثار بازدارنده ای که بر رشد و فعالیت گیاهان و ریزجانداران دارند، سیستم های همزیست را به طور منفی تحت تأثیر قرار می‌دهند. در خاکهایی با آلودگی شدید که محتوای فلزات آنها از حد تحمل گیاه فراتر است، امکان تیمار گیاهان با میکروب های ریزوسفر، ممکن است سبب افزایش بیوماس گیاه شود و بدین وسیله سبب تثبیت و بازسازی پوشش گیاهی و همچنین اصلاح خاک آلوده به فلزات

* ایمیل نویسنده مسئول: jahanban96@gmail.com

میشود (مرادی و همکاران ۱۳۹۰). Biro و Takacs (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که قارچ میکوریز نقش مهمی در حفاظت ریشه گیاهان در برابر فلزات سنگین دارد، اما کارایی حفاظت بر اساس نوع فلزات سنگین و گونه قارچ میکوریز متفاوت است. قارچ های میکوریز پس از برقراری همزیستی ترشحات ریشه ای گیاه میزبان را بصورت کمی و کیفی تغییر می دهند، بنابراین می توانند نقش مهمی در پالایش فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان داشته باشند. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر قارچ های میکوریز آربسکولار گونه های میکوریز فانلی فورمیس موسه[1] و ریزوفاگوس ایرگیولاریس[2] بر خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی گندم در یک خاک آلوده به سرب بود.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق خاکی شنی با مقادیر کم ماده آلی، فسفر و عناصر کم مصرف از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری انتخاب گردید. خاک مورد نظر پس از گذراندن از الک دو میلیمتری به مدت چهار ساعت در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار ۱/۵ بار استریل شده و به داخل گلدان های پنج کیلوگرمی انتقال یافت (امانی فر و همکاران ۱۳۹۰). سطوح غلظت سرب شامل صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب بر کیلوگرم خاک (به ترتیب Pb0، Pb1 و Pb2) در خاک استریل بود (An ۲۰۰۶). مقدار لازم از نمک نیترات سرب را در آب مقطر حل کرده و پس از گذرانیدن از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر تا رسیدن رطوبت خاک به حد رطوبت ظرفیت مزرعه به خاک اسپری شد و برای رسیدن به حالت تعادل، دو هفته در کیسه های پلاستیکی با حفظ رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد. همچنین جهت یکسان سازی اثر نیترات، با در نظر گرفتن بیشترین تیمار سرب، غلظت های برابر از نیترات با استفاده از نمک نیترات سدیم در همه تیمارها ایجاد شد (امانی فر و همکاران ۱۳۹۰). بذور گندم پس از ضدعفونی سطحی، جوانه دار شده و در هر گلدان ۵ بذر کشت گردید. ۲۰۰ گرم مایه تلقیح با خاک سطحی گلدان ها مخلوط گردید. سطوح میکوریز شامل شاهد (بدون تلقیح میکوریز؛ ۰)، میکوریز آربسکولار فانلی فورمیس موسه (M)، میکوریز آربسکولار ریزوفاگوس ایرگیولاریس (I) و تلفیق دو نوع میکوریز (M+I) بود. گلدان ها در گلخانه با نور طبیعی و درجه حرارت ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و طول روز ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت خاموشی در دانشگاه پیام نور مرکز مریوان واقع در استان کردستان کشت گردیدند. گلدان ها در گلخانه به مدت ۶۰ روز نگه داری شدند. با پایان یافتن دوره رشد گیاه، خاک های موجود در گلدان ها شسته شدند و گیاه بصورت کامل برداشت شد. سپس پارامترهای وزن تر، طول و حجم اندام هوایی به دقت اندازه گیری شد. نمونه های اندام هوایی در داخل پاکت های مخصوص گذاشته شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد (Islam و همکاران ۲۰۰۷) در آون قرار گرفت. پس از آن نمونه ها از آون خارج شده و وزن خشک آنها اندازه گیری شد. اطلاعات بدست آمده از این پژوهش، مطابق قالب آماری طرح (بلوک کاملاً تصادفی)، به کمک نرم افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح سرب در خصوصات ریخت شناختی اندام هوایی

شاخص های رشدی اندام هوایی گندم، به ویژه در سطوح بالای سرب، به طور معنی داری کاهش یافت که این امر حاکی از اثر منفی سرب در رشد اندام هوایی می باشد (جدول ۱). اثر سرب بر میزان بیوماس تر و خشک در قسمت های مختلف گیاه، تابع نوع گونه، ارقام گیاه، اندام گیاه و فرایند های متابولیک است (Islam و همکاران ۲۰۰۷). Kosobrukhov و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند که رشد و وزن تر و خشک ریشه و اندام های هوائی گیاهان تیمار شده با غلظت متفاوت از سرب، در مقایسه با گیاهان شاهد به شدت کاهش می یابد که این کاهش ممکن است به علت مهار رشد ریشه تحت غلظت های متفاوت سرب باشد. حجم اندام هوایی یک پارامتر مهم برای ارزیابی عملکرد فیزیولوژیکی اندام هوایی است. گزارش شده است که مورفولوژی اندام هوایی می تواند به طور مستقیم تحت تاثیر جذب آب، مواد معدنی و فلزات سنگین قرار گیرد (Marschner ۱۹۹۵). Kosobrukhov و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند که رشد و وزن تر و خشک ریشه و اندام های هوائی گیاهان تیمار شده با غلظت متفاوت از سرب، در مقایسه با گیاهان شاهد به شدت کاهش می یابد که این کاهش ممکن است به علت مهار رشد اندام هوایی تحت غلظت های متفاوت سرب باشد.

[1]- Funneliformis mosseae
[2]- Rhizophagus irregularis

جدول ۱. مقایسه میانگین خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی برای تیمارهای سرب

سطوح سرب	وزن تر (گرم در بوته)	وزن خشک (گرم در بوته)	طول (cm)	حجم (cm^3)
Pb_0	۵/۴۵a*	۱/۵۸a	۵۹a	۱۳a
Pb_1	۳/۴۸b	۱/۲۱b	۴۸b	۹b
Pb_2	۲/۳۸c	۰/۴c	۲۶c	۶c

* اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک می باشند، از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ تفاوت معنی داری ندارد.
سطوح سرب Pb0، Pb1 و Pb2 به ترتیب شامل صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب بر کیلوگرم خاک.

اثر قارچهای میکوریز در خصوصات ریخت شناختی اندام هوایی

نتایج این تحقیق نشان داد که همزیستی خوبی بین تمام تیمارهای قارچی استفاده شده با گیاه گندم بوجود آمد. نتایج جدول دو حاکی از آن است که کاربرد میکوریز سبب بهبود خصوصات ریخت شناختی اندام هوایی گیاه گندم شده است. تأثیر فلزات سنگین بر همزیستی میکوریزی و گیاه میزبان بسته به نوع فلز سنگین، غلظت و زمان در معرض قرارگیری گیاه متفاوت خواهد بود. وزن تر و خشک و طول و حجم اندام هوایی گیاه گندم در تیمارهای تلقیح شده چه در شرایط تنش سرب و چه در شرایط غیر تنش بیشتر از تیمارهای تلقیح نشده بود، لیکن در گیاهان تلقیح شده نیز در شرایط تنش سرب، وزن تر و خشک و طول و حجم اندام هوایی گندم نسبت به شرایط غیر تنش کاهش یافت که این خود در درجه اول بیانگر نقش منفی و مخرب سرب در خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی گیاه می باشد و از طرف دیگر بیانگر کارایی سیستم همزیستی میکوریز آربسکولار در افزایش وزن تر و خشک و طول و حجم اندام هوایی گیاه گندم در خاک می باشد. گیاهان میکوریزی به دلیل برخورداری از شرایط بهتر رشدی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی، میزان زیست توده بیشتری دارند. همانطور که در جدول دو نیز مشاهده می‌شود شاخص های رشدی گندم میکوریزی، به طور معنی داری بیش از گیاهان غیر میکوریزی است. مرادی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش دادند که کاربرد سطوح مختلف قارچ های میکوریز آربسکولار فانلی فورمیس موسه و ریزوفاگوس ایرگولاریس سبب افزایش وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه نخود شد. اثر مثبت قارچ های میکوریز در رشد گیاه و بهبود صفات ریخت شناختی مرتبط با رشد، ممکن است به دلیل اثر این میکروارگانیسم ها در بهبود جذب عناصر غذایی ضروری باشد. Ojha و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که قارچ های میکوریز آربسکولار سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه، زیست توده کل، طول ریشه، ارتفاع گیاه و میزان فسفر ریشه و اندام‌های هوایی می‌شوند.

جدول ۲. مقایسه میانگین خصوصیات ریخت شناختی اندام هوایی برای تیمارهای میکوریز

سطوح میکوریز	وزن تر (gr)	وزن خشک (gr)	طول (cm)	حجم (cm^3)
0	۳/۱۳c*	۰/۵c	۱۰/۶d	۳/۷d
M	۵/۵۳a	۱/۵a	۶۰/۲a	۱۱/۸a
I	۴/۱۸b	۱/۱۲b	۵۷/۳b	۷/۴b
M+I	۴/۱b	۱/۱۱b	۴۱/۳c	۶/۸c

* اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک می باشند، از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ تفاوت معنی داری ندارد.
سطوح میکوریز 0، M، I و M+I به ترتیب شامل شاهد، تلقیح با میکوریز آربسکولار *فانلی فورمیس موسه*، تلقیح با میکوریز آربسکولار ریزوفاگوس ایرگولاریس و تلقیح با دو نوع میکوریز (M+I).

اثر متقابل سطوح میکوریز و سرب در خصوصات ریخت شناختی اندام هوایی

در صفات اندازه گیری شده در اندام هوایی گندم در هر سه سطح سرب، اثر هر سه تیمار دارای میکوریز، بیشتر از اثر تیمار فاقد میکوریز بود. در وزن تر و خشک اندام هوایی در تمام تیمارهای دارای سرب، تیمارهای دارای انواع میکوریز همگی در یک کلاس آماری بودند. در مورد وزن خشک نیز در سطوح صفر و ۲۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک چنین بود اما در سطح ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک تیمار فانلی فورمیس موسه (M)،

بهتر از سایر تیمارهای میکوریزی بوده و تیمارهای میکوریز آربسکولار ریزوفاگوس ایرگولاریس (I) و تلفیق دو نوع میکوریز (M+I) تفاوت آماری معنی داری نداشتند.

در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی در شرایط تنش های محیطی، میزان تعادل متابولیت ها، میزان نشاسته نسبت به هیدرات های کربن محلول، فعالیت آنزیم های گلوتامین و گلوتامین سنتتاز، مقدار کل پروتئین، میزان فتوسنتز و مقدار کلروفیل بیشتر است. استفاده از قارچ های میکوریز آربسکولار سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه افزایش می یابد (مرادی و همکاران ۱۳۹۰).

جدول ۳. مقایسه میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی برای اثرات متقابل دو جانبه سطوح سرب و میکوریز

سطوح سرب	سطوح میکوریز	وزن تر (gr)	وزن خشک (gr)
Pb_0	0	۳/۱۸c*	۰/۷c
	M	۶/۷a	۲/۲۵a
	I	۶/۶۹a	۲/۲۲a
	M+I	۶/۶۴a	۱/۱۹a
Pb_1	0	۳/۱۳c	۰/۶c
	M	۵/۵۲b	۱/۱۴b
	I	۵/۴۲b	۱/۱b
	M+I	۵/۴۷b	۱/۱۳b
Pb_2	0	۰/۹d	۰/۱e
	M	۳/۳۸c	۰/۶c
	I	۳/۳۵c	۰/۴d
	M+I	۳/۳۲c	۰/۳d

* اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک می باشند، از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ تفاوت معنی داری ندارد.

سطوح سرب Pb0، Pb1 و Pb2 به ترتیب شامل صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب بر کیلوگرم خاک و سطوح میکوریز 0، M، I و M+I به ترتیب شامل شاهد (بدون تلقیح میکوریز)، تلقیح با میکوریز آربسکولار *فانلی فورمیس موسه*، تلقیح با میکوریز آربسکولار ریزوفاگوس ایرگولاریس و تلقیح با دو نوع میکوریز (M+I).

Al-Karaki و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه اثر میکوریز در گندم بیان کردند که قسمت عمده کاهش وزن ایجاد شده ناشی از تنش های محیطی از طریق برقراری همزیستی میکوریزی قابل جبران می باشد. مرادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نتایج مشابهی را در مورد کاربرد مشترک و منفرد میکوریز در صفات ریخت شناختی ریشه و اندام هوایی گیاه نخود بیان داشته اند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تاثیر گونه های مختلف قارچهای میکوریز آربسکولار به کار گرفته شده بر پارامترهای اندازه گیری شده متفاوت از یکدیگر می باشد. لیکن در بیشتر موارد تاثیر گونه میکوریز اربسکولار فانلی فورمیس موسه، بهتر از میکوریز اربسکولار ریزوفاگوس ایرگولاریس و تلفیق این دو نوع میکوریز بود.

منابع

امانی فر، س.، علی اصغرزاده، ن.، نجفی، ن.، اوستان، ش. و بلندنظر، ص. ۱۳۹۰. تأثیر قارچهای آربوسکولار بر ویژگی های رشد و گره بندی گیاه یونجه با باکتری سینوریزوبیوم ملیلوتی در یک خاک آلوده به سرب. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

مرادی، ص.، بشارتی، ح.، فیضی اصل، و. و اسمعیل پور، ا. ۱۳۹۰. بررسی اثرات متقابل دو جانبه سطوح رطوبتی، قارچ میکوریز و باکتری ریزوبیوم در برخی صفات مورفولوژیک ریشه نخود. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

مرادی، ص. و شیخی، جمال. ۱۳۹۲. تأثیر قارچهای میکوریز آربوسکولار بر خصوصیات مورفولوژیک ریشه چمن در یک خاک آلوده به سرب. مجموعه مقالات سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز، ایران.

Al-Karaki, G.N., Al-Radad, A. and Clark, RB. 1999. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorus level. Mycorrhiza, 9, 97-101.

An, Y.J. 2006. Biro, I. and Takacs, T. 2007. Effects of Glomus mossea strains of different origin on plant macro and micronutrient uptake in Cd polluted and unpolluted soils. Acta Agronomica Hungarica, 55, 1-10.

Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. Chemosphere, 62, 1359-1365.

Islam, E., Yang, X., Li, T., Liu, D., Jin, X. and Meng, F. 2007. Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. Journal of Hazardous Materials, 147, 806-816.

Kosobrukhov, A., Knyazeva, I. and Mudrik, V. 2004. Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: growth and photosynthesis. Plant Growth Regulation, 42, 145-151.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Ojha, S., Chakraborty, M.R., Dutta, S. and Chatterjee N.C. 2008. Influence of VAM on nutrient uptake and growth of Custard-apple. Asian Journal of Experimental Science, 22(3), 221-224.

Paudyal, S.P., Aryal, R.R., Chauhan, S.V.S. and Maheshwari, D.K. 2007. Effect of heavy metals on growth of Rhizobium strains and symbiotic efficiency of two species of tropical legumes. Scientific World, 5, 27-32.

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Health of Agricultural Products

The role of arbuscular mycorrhiza on morphological characteristics of wheat in a lead contaminated soil

Moradi[1], S., Jahanban[*1], L.

[1] Assistant Prof., Department of Agriculture, Payame Noor University, PO. BOX 19395-3697 Tehran, Iran

Abstract

According to the Environmental Protection Agency, lead is the most common metal contaminant in the environment. The roots of the plant and the rhizosphere provide a good habitat for the activity of many microorganisms in the soil. Mycorrhizal fungi are important microorganisms that coexist with the roots of many plants. By performing a greenhouse experiment, the effect of coexistence with two species of Mycorrhiza funneliformis mosseae and rhizophagus irregularis on the morphological characteristics of wheat shoot in lead contaminated soil was investigated. The experiment was conducted as a factorial based on three levels of lead (0, 200 and 400 mg lead per kilogram of soil), four levels of mycorrhizal fungi (without mycorrhiza or control), mycorrhiza funneliformis mosseae, rhizophagus irregularis, and combining these two types of mycorrhiza with three replicates. Lead nitrate was used for lead generation. The results showed that inoculation of wheat with both mycorrhizal fungi improved the measured characteristics. At higher levels of lead, the morphological characteristics of the inoculated plant with both fungal species were significantly improved compared to non-microbial plants.

Keywords: Aerial part, Arbuscular mycorrhiza, lead, wheat.

[*] Corresponding author, Email: jahanban96@gmail.com