**محور مقاله: آلودگی زیست‌بوم، سلامت انسان و زیست‌پالایی.**

# اثر قارچ میکوریز آربوسکولار بر پارامترهای رشد گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) تحت تنش سرب

الهام یگانه[1*]، الهه وطن خواه[2]، زهره طغرانگار[2]، ستاره امانی فر[3]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زیست شناسی دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

[2] استادیار گروه زیست شناسی دانشکده علوم ، دانشگاه زنجان

[3] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

## چکیده

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AM) اثر مثبتی بر رشد و تغذیه گیاهان دارند و توانایی سازگاری آن‌ها برای مقابله با انواع تنش‌ها را افزایش می‌دهند. به منظور بررسی اثر کلونیزاسیون قارچ *Funneliformis mosseae* بر رشد گیاه شیرین بیان تحت تنش سرب، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو سطح قارچ (تلقیح شده و بدون تلقیح) و چهار سطح مختلف سرب (بدون سرب (Pb0)، ۱۵۰(Pb150)، ۳۰۰ (Pb300) و ۴۵۰ (Pb450) میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. گیاهان تلقیح شده و بدون تلقیح به مدت ۳ ماه در معرض غلظت‌های مختلف سرب قرار گرفتند. نتایج نشان داد تغییرات پارامترهای رشد در سطوح مختلف سرب به جز وزن تر بخش هوایی و ریشه و سطح برگ در سطح Pb150 همچنین سطح برگ در سطح Pb300، نسبت به شاهد بدون سرب (Pb0) معنی‌دار نبود. در این تحقیق، وزن تر و خشک بخش هوایی، طول بخش هوایی و سطح برگ در گیاهان میکوریزی در تمام سطوح سرب به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود درحالیکه نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در گیاهان غیرمیکوریزی بیشتر بود. نتایج نشان می‌دهد که همزیستی گیاه شیرین بیان با قارچ میکوریزا می‌تواند باعث بهبود شاخص‌های رشدی آن تحت سطوح مختلف سرب گردد.

**کلمات کلیدی**: تلقیح با قارچ، زیست توده، فلزات سنگین

## مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان تحت تاثیر تنش‌های زیستی و غیر زیستی محدود می‌شود. تنش فلزات سنگین یکی از مشکلات جدی زیست محیطی در جهان و ایران است. فلزات سنگین گروهی از عناصر هستند که وزن مولکولی بالاتر از ۵ $g\ cm^{-3}$ دارند. برخی از این فلزات (Co, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn, Cu) ریزمغذی‌های ضروری برای رشد گیاه هستند که در واکنش‌های اکسایش-کاهش، انتقال الکترون و سایر فرآیندهای متابولیک مهم گیاه نقش دارند، ولی در غلظت‌های بالا جایگزین فلزات ضروری در رنگدانه‌ها و آنزیم‌ها می‌شوند و با محدود کردن فعالیت آن‌ها برای گیاه سمیت ایجاد می‌کنند. در واقع زمانی که غلظت این فلزات در محیط زیست و نیز در بافت‌های گیاهان بالاتر از حد کفایت گیاه باشد باعث تغییرات فیزیولوژیک و کاهش توان رشد و عملکرد گیاه شده و گاهی حتی باعث از بین رفتن گیاه می‌شود. برخی دیگر نیز فلزاتی غیر ضروری (Pb, Cd, Cr, Hg,...) بوده و برای گیاهان بسیار سمی هستند (Michalak, 2006، مهدویان و همکاران، ۱۳۹۴) این آلاینده‌ها از طریق فعالیت‌های شهری، عملیات کشاورزی و صنعتی وارد محیط می‌شوند (Clemens, 2001). فلزات سنگین فرآیندهای فیزیولوژیک از جمله تنفس، فتوسنتز، طویل شدن سلول، روابط آبی گیاه، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه را مهارمی‌کنند (Zomoza و همکاران ۲۰۰۲). سرب یکی از عناصر واسطه درجدول تناوبی با عدد اتمی ۸۲ و نماد شیمیایی Pb ، سمی‌ترین فلز سنگین است که اغلب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در اثر سمیت آن مشاهده شده است. فتوسنتز یکی ازحساس‌ترین فرآیندهای متابولیکی نسبت به سمیت سرب است و مطالعات متعددی، بازدارندگی فتوسنتز در گیاهان مختلف رشد یافته تحت تنش سرب را گزارش کرده است. سمیت سرب، تنش اکسیداتیو را از طریق تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال‌های سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و هیدروژن پراکسید القا می‌کند (Reddy و همکاران ۲۰۰۵). برقراری رابطه همزیستی با ریزجانداران خاکزی از جمله راهکارهایی است که

* ایمیل نویسنده مسئول: e.yeganeh.t@gmail.com

موجب تعدیل سمیت ایجاد شده توسط فلزات سنگین برای گیاه می‌شود. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AM) پس از همزیست شدن بر برخی جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه اثر گذاشته و موجب بهبود رشد و روابط آب در گیاه، افزایش جذب فسفر و سایر عناصر غذایی، بهبود کیفیت خاک، افزایش مقاومت در مقابل عوامل بیماریزا و نیز کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله تنش فلزات سنگین می‌شوند. تلقیح ریشه‌های گیاه میزبان با قارچ‌های AM، بر بیان چندین ژن کدکننده پروتئین‌هایی که در تحمل و یا سمیت‌زدایی فلزات سنگین درگیر هستند موثر بوده است. هم‌چنین گزارش شده است که گلومالین (گلیکوپروتئین نامحلول) که توسط هیف‌های قارچ‌های AM تولید می‌شود توانایی اتصال به فلزات سنگین را از خود نشان می‌دهد. بنابراین قارچ‌های AM به عنوان یک فیلتر زیستی برای فلزات سنگین در غلظت‌های بالا عمل می‌کنند و آن‌ها را از گیاهان دور می‌نمایند (Edelstein and Ben-Hur, 2017).گیاه شیرین بیان یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی با نام علمی *Glycyrrhiza glabra* L. از تیره بقولات Fabaceae گیاهی علفی و پایا است که دارای ارتفاعی درحدود ۱/۸-۱/۲ متر بوده و سیستم ریشه‌ای وسیعی در خاک دارد. این گیاه با تولید تری ترپن گلیسیریزین در ریشه‌های خود، ازدیرباز توجه پژوهشگران را به خود معطوف داشته است. Liu و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که قارچ‌های AM نقش مهمی در افزایش رشد و نمو گیاهان شیرین بیان داشته و هم‌چنین موجب بهبود محتوای متابولیت ثانوی و بازده ترکیبات دارویی از ریشه این گیاه شده است. در این مطالعه با توجه به فراگیرشدن آلودگی‌های زیست محیطی و هم‌چنین ارزش دارویی گیاه شیرین بیان درکشورهای در حال توسعه، پارامترهای رشد این گیاه در شرایط بدون تنش و تحت تنش سرب و در حضور قارچ AM بررسی شد.

**مواد و روش‌ها**

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه زیست شناسی دانشگاه زنجان در طی سال های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اول شامل تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* (AM) و بدون تلقیح (NM) و فاکتور دوم شامل تنش فلز سنگین سرب در چهار سطح بدون سرب (Pb0)، ۱۵۰ (Pb1)، ۳۰۰ (Pb2) و ۴۵۰ (Pb3) میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. بذرهای گیاه شیرین بیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. باتوجه به این که بذرهای شیرین بیان دارای پوسته سختی هستند به منظور غلبه بر مشکل جوانه‌زنی، بذرها به مدت ۲۰ دقیقه در اسید سولفوریک ۱۰۰ درصد، سه بار شستشو با آب مقطر و ۱۵ دقیقه در هیپوکلریت سدیم ۳ درصد قرار گرفتند. نیمی از بذرها در خاک حاوی مایه تلقیح خاکی اتوکلاو شده در سینی نشاء کاشته شدند. نیمی دیگر از بذرها در خاک حاوی مایه تلقیح خاکی قارچ در سینی نشاء کاشته شدند (شکل ۱الف) و در شرایط کنترل شده به مدت دو ماه با آب مقطر آبیاری شدند. جهت تیمار تنش سرب از محلول نیترات سرب $Pb(NO_3)_2$ با غلظت‌های ۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک استفاده شد و سطح نیتروژن همه تیمارها با افزودن نیترات آمونیوم یکسان گردید. بعد از آلوده کردن نمونه‌های خاک از طریق اسپری نمودن آن‌ها با مقادیر مختلف نیترات سرب و نیترات آمونیوم حل شده در آب مقطر، به منظور به تعادل رسیدن آن‌ها، کلیه نمونه‌های خاک به مدت دو ماه با دوره‌های تر و خشک شدن در دمای محیط خوابانیده شدند. کشت نشاءهای شیرین بیان که نیمی میکوریزی و نیمی دیگر غیر میکوریزی بودند داخل گلدان‌هایی که حاوی خاک با مقادیر مختلفی از نمک نیترات سرب بودند انجام شد. بعد از کاشت، گلدان‌ها در قفسه‌های اتاقک رشد با دوره‌ی نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی و دمای حدود ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها به مدت سه ماه با آب مقطر به میزان ۸۰٪ ظرفیت زراعی خاک برای همه گلدان‌ها انجام شد (شکل ۱ب). پس از ۳ ماه گیاهان برداشت و پارامترهای رشد اندازه‌گیری شد.

ب الف

شکل ۱. مراحل آماده سازی گیاه شیرین بیان تحت تنش سرب. (الف) بذرهای شیرین بیان جوانه‌زده تلقیح شده با AM در سینی نشا و (ب) گیاهان تحت تنش سرب پس از ۳ ماه.

**اندازه‌گیری پارامترهای رشد**

بلافاصله بعد از خارج کردن گیاه از گلدان طول کلی گیاه ، طول اندام هوایی، طول اندام زیرزمینی با خط کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و هم‌چنین وزن تر هر یک از اندام‌های هوایی و زیرزمینی با استفاده از ترازو با دقت سه رقم اندازه‌گیری شدند. برای هر تیمار، ۴ تکرار محاسبه و میانگین بر اساس واحد گرم در گلدان گزارش شد. جهت تعیین وزن خشک، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آون ۷۰ درجه قرار گرفتند و سپس مجددا توزین شدند.

برای اندازه گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، هر گلدان به عنوان یک تکرار و هر گیاه به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد. از هر گیاه دو برگ تهیه و از هر برگ ۳ دیسک با قطر ۱ سانتی‌متر تهیه شد و با ترازو وزن گردید (FW). سپس دیسک‌ها در ظروف پتری حاوی آب مقطر به مدت ۵-۴ ساعت غوطه‌ور گردیدند. دیسک‌ها پس از این مدت از پتری خارج شده و با استفاده از کاغذ صافی خشک و دوباره وزن شدند تا وزن حالت تورژسانس کامل (TW) به‌دست آید. برای محاسبه وزن خشک (DW) دیسک‌ها درون فویل آلومینیومی پیچیده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد انکوباتور قرار داده شدند و سپس وزن گردیدند. محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Weatherley, 1950).

$$RWC\ (\%) = [(FW-DW)/\ (TW-DW)] \times 100$$

اندازه گیری سطح برگ با استفاده از کاغذ شطرنجی با شمارش مربعات کوچک برحسب میلی متر مربع انجام شد.

رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و تجزیه آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۱۷و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

**نتایج و بحث**

مطالعه میکروسکوپی حاکی از کلونیزاسیون موثر ریشه‌ها با قارچ در تیمارهای میکوریزی بود. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف سرب و تلقیح با قارچ *F. mosseae* بر پارامترهای رشد در جدول ۱ گزارش شده است. وزن تر و خشک بخش هوایی در سطوح مختلف سرب، تغییر معنی-داری را نسبت به شاهد سرب نشان نداد. اما تلقیح با قارچ *F. mosseae* موجب افزایش وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه نسبت به گیاهان شاهد (غیرمیکوریزی) گردید. هم‌چنین وزن تر و خشک ریشه در غلظت‌های مختلف سرب نسبت به شاهد سرب هم در گیاهان میکوریزی و هم غیرمیکوریزی بیشتر بود. تنش سرب، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی را هم در گیاهان میکوریزی و هم غیرمیکوریزی افزایش داد. به طور کلی این نسبت در گیاهان غیرمیکوریزی نسبت به گیاهان میکوریزی بیشتر بود. بنابراین می‌توان گفت همزیستی با قارچ، باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی شده است. افزایش زیست توده گیاه شیرین بیان تلقیح شده با قارچ در شرایط درون شیشه گزارش شده (Yadav و همکاران، ۲۰۱۳؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۴) که مطابق با نتایج این پژوهش می‌باشد. قارچ‌های میکوریزی نقش عمده‌ای در افزایش انحلال‌پذیری فسفر و نیز جذب

P، N، Ca، S، K، Mg، Mn و Cl توسط گیاهان دارند (Vestberg و Estaun، ۱۹۹۴) که ممکن است به این علت باشد که هیف‌های گسترش یافته قارچ در خارج از ناحیه تخلیه از مواد غذایی می‌تواند جذب عناصر غیر متحرک مانند فسفر را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین هیف‌های قارچی، فسفات را از محدوده وسیعی در اطراف ریشه به داخل سلول‌های پوست ریشه انتقال می‌دهند. همچنین قارچ‌ها مواد محرک رشد مانند موادی شبیه ایندول استیک اسید، سیتوکینین‌ها و ژیبرلین را تولید می‌کنند (Kaushish و همکاران، ۲۰۱۱).

طول بخش هوایی به طور معنی‌داری تحت تنش سرب قرار نگرفت اما در گیاهان میکوریزی در همه سطوح سرب نسبت به غیرمیکوریزی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. سطح برگ گیاهان غیرمیکوریزی در سطوح مختلف سرب نسبت به شاهد سرب کاهش نشان داد که تنها در سطح Pb300 معنی‌دار بود اما سطح برگ گیاهان میکوریزی در سطوح Pb150 و Pb300 نسبت به شاهد سرب افزایش معنی‌داری را نشان داد و بیشترین میزان سطح برگ در گیاهان میکوریزی در سطح Pb150 مشاهده شد. تغییرات RWC در سطوح مختلف سرب در گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی نسبت به شاهد سرب معنی‌دار نبود. همچنین RWC در گیاهان غیرمیکوریزی نسبت به گیاهان میکوریزی بیشتر بود که تنها در سطح Pb150 معنی‌دار بود. افزایش سطح برگ در گیاهان تلقیح شده ممکن است بخاطر افزایش جذب فسفر باشد که منجر به افزایش فرایندهای فتوسنتزی تعیین کننده رشد و نمو می‌گردد (Schemidt و همکاران، ۲۰۱۰).

در این پژوهش، تلقیح با قارچ میکوریزی، وزن تر و خشک، طول بخش هوایی و هم‌چنین سطح برگ را به‌طور معنی‌داری در سطوح مختلف سرب افزایش داد. گزارش شده قارچ‌های میکوریزی می‌توانند غلظت فلزات سنگین را تغییر دهند و منجر به افزایش تحمل گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلف گردند. مکانیسم‌های مطرح شده در این رابطه عبارتند از: اتصال فلزات به دیواره سلول‌های قارچی و به دنبال آن انباشتگی در واکوئول، جداسازی فلزات با رسوب در آپوپلاسم ریشه یا کمپلکس فلزات با متالوتیونین‌ها و یا فیتوکلاتین‌های سنتز شده توسط قارچ یا گیاه، هم‌چنین اسیدهای آلی، آمینواسیدها و چاپرون‌های ویژه فلز و نیز کلاته شدن فلز توسط ترکیبات قارچی مانند گلومالین (Fusconi و Berta، ۲۰۱۲).

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف سرب و تلقیح با قارچ *F. mosseae* بر پارامترهای رشد گیاه شیرین بیان

| قارچ | تنش سرب | $FW_S$ (g pot$^{-1}$) | $FW_R$ (g pot$^{-1}$) | $DW_S$ (g pot$^{-1}$) | $DW_R$ (g pot$^{-1}$) | $L_S$ (cm) | LA (mm$^2$) | RWC (%) | RDW/SDW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NM | Pb0 | ۰/۲۱۴$^{c}$ | ۰/۱۶۸$^{b}$ | ۰/۰۰۱$^{c}$ | ۰/۰۸۱$^{ab}$ | ۱۸/۰۲۹$^{b}$ | ۳۱۰/۵$^{c}$ | ۶۴/۹۱$^{a}$ | ۰/۹۷۰$^{a}$ |
| | Pb150 | ۰/۲۱۶$^{c}$ | ۰/۲۷۰$^{a}$ | ۰/۱۰۱$^{c}$ | ۰/۱۴۰$^{a}$ | ۱۵/۸۰۰$^{b}$ | ۲۷۸/۲$^{cd}$ | ۶۲/۷۲$^{a}$ | ۱/۴۷۹a |
| | Pb300 | ۰/۲۱۲$^{c}$ | ۰/۱۸۱$^{b}$ | ۰/۰۹۶$^{c}$ | ۰/۰۸۲$^{ab}$ | ۱۷/۹۲۲$^{b}$ | ۲۰۶/۲$^{d}$ | ۵۴/۴۲$^{abc}$ | ۰/۹۶۸abc |
| | Pb450 | ۰/۲۱۴$^{c}$ | ۰/۲۲۵$^{ab}$ | ۰/۱۱۲$^{bc}$ | ۰/۱۵۶$^{a}$ | ۱۶/۸۶۰$^{b}$ | ۲۴۷/۰$^{cd}$ | ۵۷/۳۷$^{ab}$ | ۱/۴۳۱a |
| AM | Pb0 | ۰/۳۸۲$^{b}$ | ۰/۲۰۴$^{ab}$ | ۰/۱۳۴$^{abc}$ | ۰/۰۶۴$^{b}$ | ۲۳/۱۲۰$^{a}$ | ۴۲۲/۲$^{b}$ | ۵۶/۳۷$^{ab}$ | ۰/۴۵۹ab |
| | Pb150 | ۰/۴۶۷$^{a}$ | ۰/۲۲۶$^{ab}$ | ۰/۱۸۰$^{a}$ | ۰/۰۸۱$^{ab}$ | ۲۵/۴۹۱$^{a}$ | ۶۴۸/۲$^{a}$ | ۴۳/۵۵$^{c}$ | ۰/۴۴۶bc |
| | Pb300 | ۰/۳۹۱$^{b}$ | ۰/۱۹۸$^{ab}$ | ۰/۱۵۸$^{ab}$ | ۰/۰۸۶$^{ab}$ | ۲۲/۶۲۵$^{a}$ | ۵۹۲/۵$^{a}$ | ۴۴/۹۷$^{bc}$ | ۰/۵۷۰bc |
| | Pb450 | ۰/۳۹۸$^{ab}$ | ۰/۲۷۰$^{a}$ | ۰/۱۵۵$^{ab}$ | ۰/۱۱۰$^{a}$ | ۲۲/۱۱۹$^{a}$ | ۴۴۲/۵$^{b}$ | ۶۰/۶۳$^{a}$ | ۰/۷۱۰ab |

**AM** و **NM** به‌ترتیب عبارتند از تلقیح شده با قارچ و بدون تلقیح با قارچ. **$FW_S$** : وزن تر اندام هوایی، **$FW_R$:** وزن تر ریشه، **$DW_S$** : وزن خشک اندام هوایی، **$DW_R$** : وزن خشک ریشه، **$L_S$** : طول اندام هوایی، **LA** : سطح برگ ، **RWC** : محتوی نسبی آب برگ. **RDW/SDW** نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (**آزمون دانکن، $p\leq$۰/۰۵**)

در این پژوهش پارامترهای رشد گیاهان تلقیح شده با قارچ و بدون تلقیح، تغییرات معنی‌داری را در سطوح مختلف سرب نشان ندادند و نسبت به تنش سرب مقاومت نشان دادند. تاکنون گزارشی مبنی بر آستانه تحمل گیاه شیرین بیان نسبت به سطوح مختلف سرب ارایه نشده است اما تحمل این گیاه نسبت به فلز کادمیوم بررسی شده است و به عنوان یک گیاه بیش از حد انباشته کننده کادمیوم معرفی شده که می تواند در جهت پاکسازی محیط‌های آلوده به کادمیوم به‌کار رود (سرمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

## نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد سطوح مختلف سرب، پارامترهای رشد گیاه شیرین بیان را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار نداد. هم‌چنین تلقیح با قارچ، پارامترهای رشدی بخش هوایی را بیشتر از ریشه تحت تاثیر قرارداد. بنابراین پیشنهاد می‌شود کشت این گیاه به عنوان گیاه علوفه‌ای در خاک‌های آلوده به سرب و هم‌چنین نقش آن در گیاه پالایی مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. هم‌چنین قارچ‌های میکوریزی می‌توانند برای افزایش زیست توده بخش هوایی در گیاه شیرین بیان به کار برده شوند.

## منابع

سرمدی، م.، ایرانی، م. و برنارد، ف. ۱۳۹۰. بررسی تحمل و تجمع کادمیوم در گیاهچه های شیرین بیان. مجله علوم محیطی، ۸(۳): ۶۹-۸۰.

Michalak, A. (2006) Phenolic compound and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress.Polish Journal of Environmental 15:523-530

Clemens, S. (2001) Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta 212:475-486

Zornoza, P.V. Estebane, F., Pascual, R. and Carpena, R. (2002) Cadmium- stress in nodulated white lupin: Strategies to avoid toxicity. Plant physiology and Biochemistry 40:1003-1009

Reddy, A.M., Kumar, S.G., Jyonthsnakumari, G., Thimmanaik, S. and Sudhakav, C. 2005. Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (Macrotyloma uniflorum(Lam.) Verdc.) and bengalgram (Cicer arietinum L.). Chemosphere 60:97-104

Edelstein and Ben-Hur M. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in Horticultural crops. Sci. Hort (in press). 2017. Liu H, Tan Y, Nell M, Zitter-Eglseer K, Wawscrah Ch, Kopp B, Wang Sh. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization of *Glycyrrhiza glabra* roots enhances plant biomass, phosphorus uptake and concentration of root secondary metabolites. journal of Arid Land (2014);6(2):186–19.

Weatherley P, 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. New Phytologist 49: 81-97.

Vestberg M, Estaun V (1994) Micropropagated plants, an oppor tunity to positively manage mycorrhizal activities. In: Gianinazzi S, Schu¨epp H (eds) Impact of AMF on sustainable agriculture and natural ecosystem. Birkhauser Verlag, Basel, pp 217–225

Kaushih S, Kumar A, Aggarwal A (2011) Influence of hosts and substrates on mass multiplication of Glomus mosseae. Afr J Agric Res 6:2971–2977

Schemidt B, Domonkos M, Sumalan R, Biro B (2010) Suppression of arbuscular mycorrhiza's development by high concentration of phosphorus at Tagetes patula L. Res J Agric Sci 42:156–162

Fusconi, A. and Berta, G. 2012. Environmental stress and role of arbuscular mycorrhizal symbiosis. In: Ahmad, P. and Prasad, M.N.V., Abiotic stress responses in plants. Springer, Pp: 197-214.

**Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation**

# Effect of arbuscular mycorrhizal fungus on growth parameters of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) under lead stress

Yeganeh[*1], E., Vatankhah[2], E., Toghranegar, Z.[2] Amanifar, S. [3]

[1] M. Sc. Student, Biology Department, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Iran
[2] Associate Prof., Biology Department, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Iran
[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

**Abstract**

Arbuscular mycorrhizal fungi (AM) have a positive effect on plant growth and nutrition, as well as increase the host plant's ability for coping with different types of stress. To assess the effect of *Funneliformis mosseae* inoculation on *Glycyrrhiza glabra* L. growth under Pb stress conditions, an experiment was conducted in a factorial randomized complete design with combination of two factors, fungi (inoculated and non- inoculated) and soil Pb levels (0, 150, 300 and 450 mg/Kg soil) with four replicates. Mycorrhizal and non-mycorrhizal plants were exposed to different concentrations of Pb for 3 months. The results showed that the changes of growth parameters at different Pb levels were not significant with the exception of shoot and root fresh weights and leaf area at Pb150 level also leaf area at Pb300 level in comparison with control (Pb0). In this study, shoot fresh and dry weights, shoot length and leaf area in inoculated plants were higher than non- inoculated plants under different Pb levels while root/shoot dry weight ratio was higher in non- inoculated plants. Overall, our results showed that inoculation of liquorice with mycorrhizal fungus could improve growth parameters under Pb stress condition.

**Keywords**: Inoculation with fungus, Biomass, heavy metals

[*] Corresponding author, Email: e.yeganeh.t@gmail.com