

تأثیر باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی بر جذب و افزایش

تحمل به آرسنیک در گیاه لوبیا

امیر لکزیان*^۱ - اکرم حلاج نیا^۲ - مهدی نصیری محلاتی^۳ - فهیمه نیک بین^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۶

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۹

چکیده

آلودگی خاک‌ها به آرسنیک، به یک مسئله جهانی تبدیل شده است. بقولات دلیل توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن برای اصلاح مناطق آلوده استفاده می‌شوند. در این مطالعه تأثیر تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی در جذب و افزایش تحمل گیاه به آرسنیک مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایشی با آرایش فاکتوریل با دو سطح تلقیح و بدون تلقیح و پنج سطح آرسنیک (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بصورت کشت در شن در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد تلقیح لوبیا با باکتری همزیست آن تأثیر معنی داری بر وزن خشک اندام‌های هوایی داشت ولی تأثیر تلقیح بر وزن خشک ریشه و ارتفاع گیاه معنی دار نبود. وزن خشک اندام‌های هوایی لوبیا با افزایش غلظت آرسنیک کاهش معنی داری را نشان داد و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمارهای ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار آرسنیک مشاهده شد. پاسخ ریشه و ارتفاع گیاه به غلظت‌های مختلف آرسنیک مشابه وزن خشک اندام‌های هوایی بود. کمترین تعداد گره در تیمار ۵ میکرومولار آرسنیک مشاهده شد و تیمارهای دیگر تأثیری بر تعداد گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه‌های لوبیا نداشتند. همچنین تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی موجب افزایش معنی دار میزان آرسنیک جذب شده در اندام‌های هوایی گیاه شد. با افزایش غلظت آرسنیک در محیط کشت غلظت آن در اندام‌های هوایی افزایش پیدا کرد. کمترین تعداد گره و بیشترین غلظت آرسنیک در ریشه در تیمار ۵ میکرومولار آرسنیک مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، کشت در شن، گره زایی، تلقیح

مقدمه

تهویه مناسب می‌تواند جذب ذرات خاک شود (۳). فرآیند معدنی شدن و فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها تحرک آرسنیک را در محیط افزایش می‌دهد. امروزه فعالیت‌های انسان نگرانی‌های زیادی را برای آلودگی آب، خاک و محصولات کشاورزی به آرسنیک در بسیاری از نقاط دنیا ایجاد کرده است (۶). درک صحیح و دقیق این موضوع که آرسنیک چگونه می‌تواند بر فرایندهای بیوشیمیایی خاک تأثیر بگذارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از مهمترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم با بقولات است که در اکوسیستم‌های کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی دارای اهمیت زیادی است. امروزه توجه محققان به استفاده از بقولات و میکروارگانیسم‌های همزیست آنها برای اصلاح زیستی اراضی آلوده به فلزات سنگین و همچنین دیگر آلاینده‌های آلی معطوف شده است (۴). از آنجائی که همزیستی بقولات با باکتری‌های ریزوبیوم امکان رشد گیاهان را بدون عرضه کودهای نیتروژن فراهم می‌کند لذا رابطه همزیستی از نظر اصلاح اراضی آلوده دارای چند مزیت است. اولاً میکروارگانیسم‌ها می‌توانند بر

آرسنیک عنصری شبه فلزی است که بعنوان جزء فعال در بسیاری از آفت کش‌ها بکار می‌رود. این عنصر برای گیاه ضروری نیست و زمانی که در محلول خاک قرار گیرد بسهولت جذب ریشه گیاه می‌شود (۱). بنابراین با تجمع آرسنیک در بافت‌های گیاهی علائم سمیت در گیاهان ظاهر می‌شود. این عنصر سمی در بسیاری از ضایعات حاصل از فعالیت‌های انسان و همچنین در برخی مناطق ژئوشیمیایی خاص وجود دارد. استفاده مکرر از کودهای شیمیایی و آفت کش‌ها یکی از منابع اصلی ورود این عنصر به خاک است. آرسنات فرم معدنی غالب عنصر آرسنیک است که در خاک‌هایی با

۱- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) - نویسنده مسئول: (Email: alakzian@yahoo.com)
۲- به ترتیب کارشناس ارشد و کارشناس گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۱۷ درجه سانتی گراد در گلخانه نگهداری شدند و در طی دوره آزمایش طی چند مرحله با محلول غذایی فاقد نیتروژن آبیاری شدند. بمنظور تهیه غلظت‌های مختلف آرسنیک از نمک Na_2HAsO_4 استفاده شد. غلظت‌های آرسنیک در طی دو مرحله در روزهای ۱۰ و ۱۴ روز پس از زمان ظهور گیاهچه‌ها به گلدان‌ها به همراه آب آبیاری اضافه شدند. تلقیح گیاهان در تیمارهای تلقیح دو بار در روزهای ۱۱ و ۱۵ روز پس از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان‌های حاوی شن و با ۲ میلی لیتر از سوسپانسیون باکتری با جمعیت 10^{10} در هر میلی لیتر انجام شد. گیاهان ۴۰ روز بعد از تلقیح نهایی برداشت گردیدند. بعد از برداشت ابتدا ریشه‌ها کاملاً با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس طول اندام‌های هوایی اندازه گیری شد. ریشه و اندام‌های هوایی هر یک از گیاهان در پاکتهای کاغذی جداگانه قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه گره‌های ریشه ابتدا جدا و تعداد آنها شمارش و سپس توزین شدند. ریشه‌ها به همراه گره‌ها و اندام‌های هوایی در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و توزین شدند. جهت تعیین غلظت آرسنیک در بافت‌های گیاهی، اندام‌های هوایی و ریشه‌ها بطور جداگانه آسیاب و از الک ۰/۵ میلی متری عبور داده شدند. وزن مشخصی از نمونه‌های آسیاب شده با استفاده از اسید نیتریک و اسید پرکلریک هضم و سپس مقدار آرسنیک در نمونه‌های هضم شده با استفاده از کوره گرافیتی مدل Shimadzu-GFA-4A اندازه گیری شد.

نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC آنالیز و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردیدند و سطح معنی داری در کلیه مقایسه‌ها با توجه به جداول آنالیز واریانس (جدول ۱) ۰/۰۱ در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تلقیح بر وزن خشک ریشه تأثیر معنی دار نداشت. ارتفاع گیاه نیز در غلظت‌های مختلف آرسنیک از نظر آماری تحت تأثیر تلقیح باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی قرار نگرفتند و با تیمارهای تلقیح نشده تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۱). میانگین وزن خشک ریشه در تیمارهای تلقیح شده لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی؛ ۰/۳۸ گرم و در تیمار تلقیح نشده ۰/۳۷ گرم بود. ارتفاع گیاه در تیمار تلقیح نشده ۱۸/۸ و در تیمارهای تلقیح شده ۲۰/۲ سانتیمتر بود. تلقیح تأثیر معنی داری بر وزن خشک اندام‌های هوایی داشت (شکل ۱).

ریچمن (۱۰) گزارش کرد که وزن خشک اندام‌های هوایی گیاهان سوبای تلقیح شده با باکتری بردی ریزوبیوم (باکتری همزیست سوبا) ۳۸٪ بیشتر از گیاهان تلقیح شده بود. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های ریچمن مطابقت دارد هرچند که میزان افزایش وزن خشک در لوبیا به اندازه گیاه سوبا نبود. احتمالاً این تفاوت به زمان جمع آوری نمونه‌ها و بیوماس متفاوت سوبا و لوبیا

روی حلالیت و زیست فراهمی فلزات و حرکت آنها در خاک بسیار تأثیر گذار باشند. ثانیاً بقولات به راحتی در اراضی غیر حاصلخیز مستقر می‌شوند و بهمین خاطر در مطالعات و تحقیقات گیاه پالایی مورد توجه قرار گرفته اند. ثالثاً محققان به این نتیجه رسیده اند که در تجزیه آلاینده‌ها ترکیب دو روش گیاه پالایی^۱ و افزودن مواد زیستی^۲ در مقایسه با بکارگیری هر کدام از روشها مفیدتر بوده است (۹). به همین دلایل توجه بسیاری از محققان به همزیستی بقولات و باکتری‌های ریزوبیوم برای رفع آلودگیهای زیست محیطی جلب شده است. بنابراین اولین سوالی که در این باره مطرح می‌شود این است که همزیستی بقولات که برای گیاه پالایی استفاده می‌شوند چگونه تحت تأثیر آلاینده قرار می‌گیرد؟ آیا تلقیح بقولات یا همزیستی با گونه‌هایی که قادر به تشکیل گره و تثبیت نیتروژن هستند در افزایش تحمل گیاه به آلاینده تأثیر دارد؟ در ایران هیچگونه اطلاعاتی در این رابطه گزارش نشده است. شاید بتوان گفت که گزارش ریچمن (۱۰) تنها گزارش مربوط به تأثیر آرسنیک بر روی گیاه سوبا بوده است. در این تحقیق تأثیر تلقیح گیاه لوبیا با باکتری همزیست آن *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* و نقش آن در جذب آرسنیک در غلظت‌های مختلف به صورت کشت در شن^۳ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی در جذب آرسنیک، یک آزمایش با آرایش فاکتوریل شامل دو سطح تلقیح (گیاهان بدون تلقیح و گیاهان تلقیح شده با باکتری همزیست) و پنج سطح آرسنیک (غلظت صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵، و ۱۰ میکرو مولار) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه تحقیقاتی به صورت کشت در شن انجام گردید. بذور لوبیا قرمز رقم ناز با استفاده از محلول ۳ درصد هیپو کلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی و سپس بذور شش مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند تا هیپو کلریت سدیم باقیمانده کاملاً از سطوح بذور خارج شود. سپس بذور به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر سترون خیسانده شدند و پس از آن بذرها به گلدان‌هایی با قطر ۱۱ و ارتفاع ۸/۵ سانتیمتر حاوی ۶۰۰ گرم شن استریل منتقل گردیدند. در ابتدا سه بذر در هر گلدان قرار داده شد ولی بعد از جوانه زدن و خروج گیاهچه فقط یک گیاه باقی گذاشته شد. باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی از مرکز تحقیقات خاک و آب تهران تهیه و قبل از شروع آزمایش امکان تشکیل گره و ایجاد همزیستی با لوبیا رقم مورد نظر در یک آزمایش جداگانه تأیید شد. گیاهان در شرایط طول روز ۱۴ ساعت و دمای ۲۵ درجه و طول شب ۱۰ ساعت و دمای

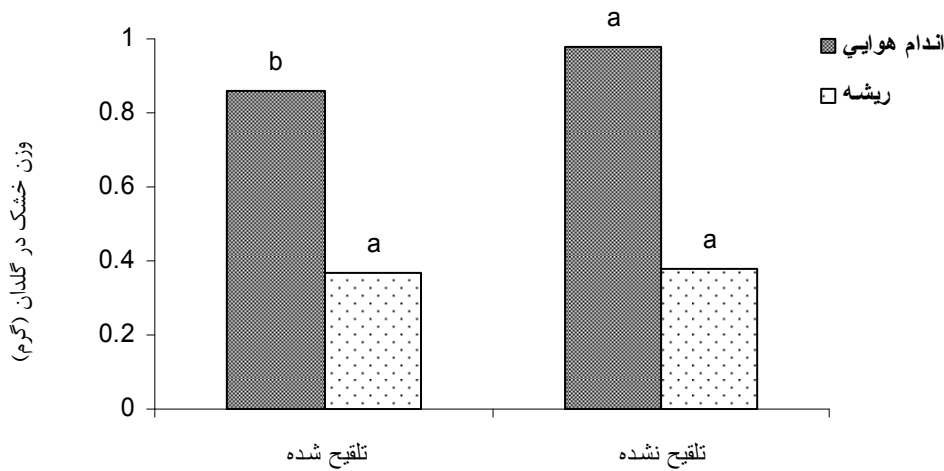
- 1- Phytoremediation
- 2- Bioaugmentation
- 3- Sand culture

مربوط می‌شود.

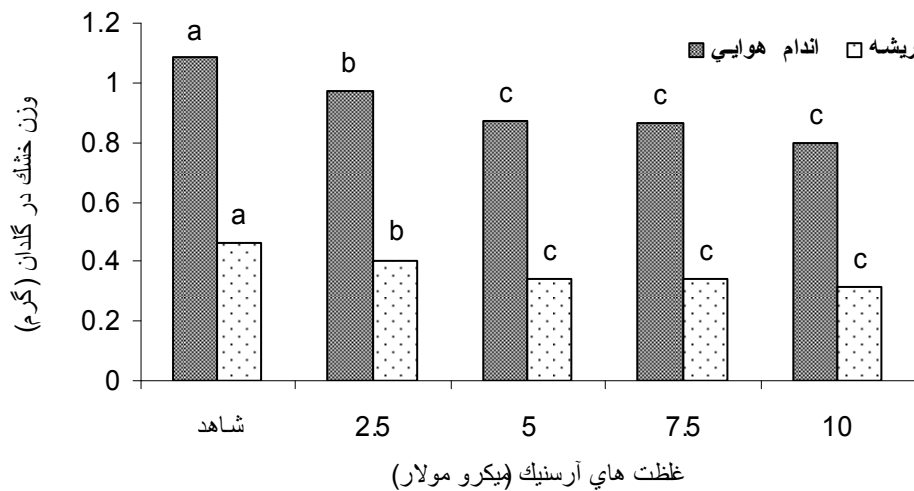
(جدول ۱) - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در لوبیا

غلظت آرسنیک $mg.pot^{-1}$		غلظت آرسنیک $mg.kg^{-1}$		طول اندام هوایی (cm)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	درجه آزادی	منابع تغییر
ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی					
۰/۰۰۳ns	۰/۴۴**	۰/۰۳ns	۰/۳۲۲**	۱۴/۷**	۰/۰۰۰ns	۰/۱۰۲**	۱	تلقیح
۱/۳۰۹**	۰/۵۱**	۱۰/۹**	۰/۷۹۵**	۱۵۵/۴**	۰/۰۲۰**	۰/۰۷۷**	۴	آرسنیک
۰/۱۸۲**	۰/۰۵**	۰/۳۴**	۰/۰۲۵**	۳/۳ns	۰/۰۱۰**	۰/۰۲۲**	۴	اثرمتقابل
۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۱/۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۲۰	خطا
					تعداد گره	وزن مرطوب گره		
					۵۱۸/۵**	۰/۰۲۷**	۴	غلظت‌های آرسنیک
					۸/۵۵۰	۰/۰۰۱	۱۰	خطا

** معنی داری در سطح ۰/۰۱



(شکل ۱) - میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه لوبیا در تیمارهای تلقیح شده و بدون تلقیح



(شکل ۲) - میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه لوبیا در غلظت‌های مختلف آرسنیک

هیچکدام دارای گره نبودند که این نتایج گویای حفظ شرایط سترون در کل آزمایش و عدم آلودگی‌های شرایط محیطی در هنگام آزمایش در شرایط گلخانه بوده است.

تأثیر غلظت‌های مختلف آرسنیک بر روی تعداد و وزن گره‌های ایجاد شده بر روی ریشه لوبیا نشان داد که با افزایش غلظت آرسنیک هم تعداد گره و هم وزن گره تا غلظت ۵ میکرومولار در لیتر کاهش یافت. اگر چه این کاهش فقط در تیمار ۵ میکرو مولار بر لیتر از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۳). تعداد گره و وزن گره در تیمارهای ۷/۵ و ۱۰ میکرو مولار آرسنیک با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند. کاراسکو (۴) در مطالعه تأثیر همزیستی باکتری سینوریزوبیوم با گیاه یونجه در جذب آرسنیک گزارش کرد که حضور آرسنیک موجب کاهش تعداد گره‌ها شد ولی آرسنیک بر روی فعالیت نیتروژناز (آنزیم درگیر در فرآیند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن) تأثیری نداشت. در مطالعه‌ای که توسط پاجیلو و همکاران (۹) بر روی تأثیر آرسنیک بر روی فرایند همزیستی انجام شده بود ۲۵ درصد کاهش در تعداد گره‌ها در غلظت ۳۵ میکرومولار آرسنات سدیم گزارش شد. آنها همچنین گزارش کردند که میزان آلودگی ریزوبیومی^۱ ۹۰ درصد کاهش داشته است که این کاهش را ناشی از صدمه ریشه‌ها و نکروزه و کاهش سطح مناسب برای نفوذ باکتری‌ها دانسته اند.

تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فائزولی بر میزان جذب آرسنیک در اندام‌های هوایی تأثیر معنی دار داشت. میانگین میزان آرسنیک در تیمارهای تلقیح نشده و تلقیح شده به ترتیب از ۰/۳۱ و ۰/۵۲ میکروگرم بر گرم بود (شکل ۴). بنابراین به نظر می‌رسد که تلقیح می‌تواند بر جذب بیشتر آرسنیک تأثیر داشته باشد. علاوه بر این افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمارهای تلقیح شده (شکل ۱) به همراه افزایش غلظت آرسنیک در این اندام‌ها می‌تواند از نظر گیاه پالایی مورد توجه قرار گیرد (۸).

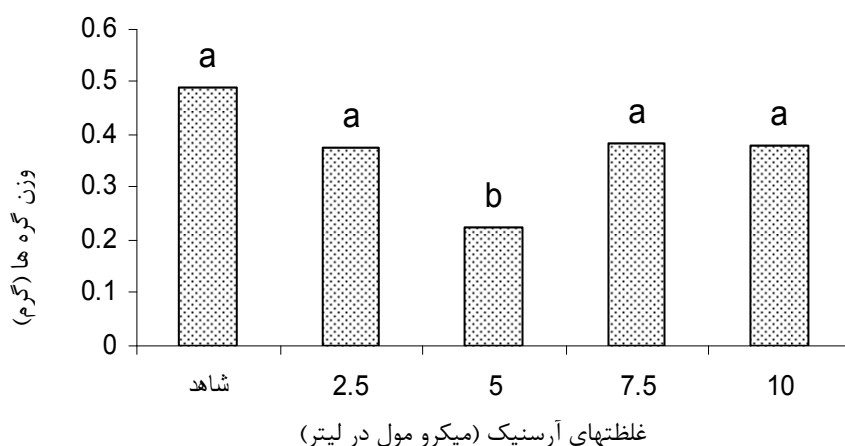
اخیراً همزیستی لگوم - ریزوبیوم به عنوان یک ابزار جالب توجه در زیست پالایی پیشنهاد شده است. دلایل این پیشنهاد به نقش موثر میکروارگانیسم‌ها در حلالیت، زیست فراهمی و تحرک عناصر و همچنین به توان تطبیقی بالای بقولات به شرایط مختلف و نامساعد و استفاده از رابطه مفید همزیستی بعنوان یک سیستم ارزشمند در حاصلخیزی خاک مربوط می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی ریشه‌ها نشان داد که تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فائزولی تأثیر معنی دار بر غلظت آرسنیک در ریشه نداشت و میانگین غلظت آرسنیک در تیمارهای تلقیح شده و بدون تلقیح به ترتیب ۲/۳۵ و ۲/۲۹ بود. میزان تجمع آرسنیک در ریشه به طور متوسط ۵/۶ برابر تجمع آن در اندام‌های هوایی بود. در مطالعه ریچمن (۱۰) مقدار تجمع آرسنیک در ریشه‌های سویا ۱۰۰ برابر آن در اندام‌های هوایی بود.

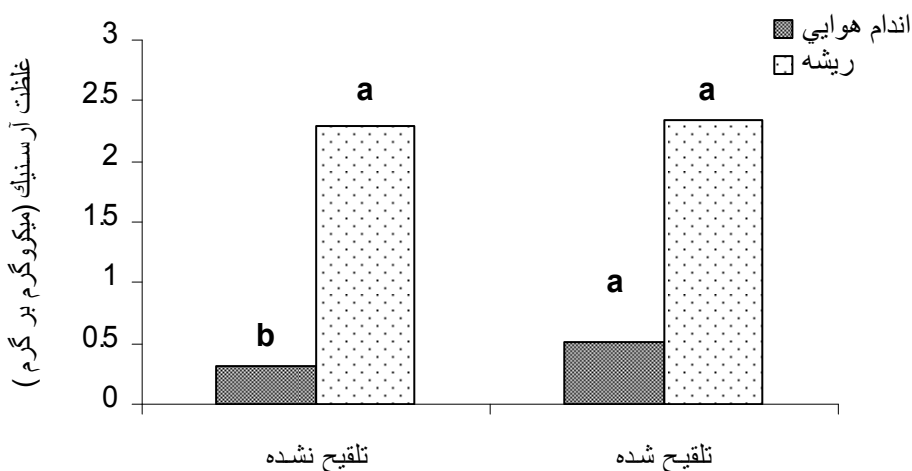
نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف آرسنیک بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی، ریشه و ارتفاع گیاه لوبیا نشان داد که اختلاف معنی داری در بین تیمارهای آزمایش وجود دارد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد بدون آرسنیک مشاهده شد (شکل ۲) سپس با افزایش غلظت آرسنیک وزن خشک اندام هوایی تا غلظت ۵ میکرو مولار آرسنیک کاهش یافت. اگر چه تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی لوبیا در غلظت‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار آرسنیک تفاوت معنی داری با هم نداشتند اما وزن خشک اندام‌های هوایی در این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار ۲/۵ میکرو مولار آرسنیک کاهش معنی داری را نشان دادند.

کاهش وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان سویای تلقیح شده با بردی ریزوبیوم ژاپنیکوم در غلظت‌های مختلف آرسنیک توسط ریچمن (۱۰) نیز گزارش شده است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که عکس العمل رشدی گیاهان به غلظت‌های مختلف آرسنیک متفاوت است. اگر چه در مطالعه حاضر کاهش وزن اندام‌های هوایی از غلظت ۲/۵ میکرو مولار آرسنیک شروع شد (شکل ۲)، در تحقیقی که توسط استوا و همکاران (۱۱) انجام شد کاهش رشد در گیاه لوبیا در غلظت ۶۷ میکرو مولار آرسنیک گزارش شده است. در مطالعه بارلو و همکاران (۲) حتی در غلظت ۶۷ میکرومولار آرسنیک هم کاهش رشد در گیاه گوجه فرنگی دیده نشد. بجز تفاوت رفتاری ناشی از گونه گیاهی یکی از دلایلی که ریچمن (۱۰) در پاسخ‌های متفاوت گیاهان حتی در بین گونه‌ها در مطالعات مختلف ذکر کرده است غلظت‌های مختلف محلول غذایی مورد استفاده بوده است. بویژه غلظت‌های بالای فسفر در محلول غذایی می‌تواند جذب آرسنیک توسط گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. از این جهت شرایط کشت نیز کاملاً می‌تواند بر مقدار جذب آرسنیک توسط گیاه موثر باشد. جذب غلظت‌های بالای آرسنیک توسط گیاه عمدتاً در شرایط کشت آبی دیده می‌شود که آرسنیک به سهولت در اختیار گیاه قرار می‌گیرد در حالی که کشت در شن می‌تواند روی جذب آرسنیک توسط گیاه تأثیرگذار باشد. تغییرات وزن خشک ریشه لوبیا و ارتفاع آن در غلظت‌های مختلف آرسنیک مشابه تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی بود. بیشترین وزن خشک ریشه و ارتفاع گیاه در تیمار شاهد و کمترین آنها در تیمارهای ۵ میکرو مولار آرسنیک و غلظت‌های بالاتر مشاهده شد.

نتایج حاصل از تأثیر تلقیح بر گیاه لوبیا نشان داد که گیاهان تلقیح شده همگی دارای گره بودند. نتایج مطالعه‌ای که بر روی خصوصیات همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم جدا شده از مناطق معدن پیریت در اسپانیا انجام شد، نشان داد که تنوع ژنتیکی بسیار زیادی در بین جدایه‌های ریزوبیوم از نقطه نظر خصوصیات همزیستی وجود دارد و حتی در شرایط آلودگی بالا بسیاری از جدایه‌ها از نقطه نظر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن کاملاً موثر بودند (۴). گیاهان بدون تلقیح



(شکل ۳) - میانگین وزن مرطوب گره در ریشه لوبیا در غلظتهای مختلف آرسنیک



(شکل ۴) - میانگین غلظت آرسنیک در اندامهای هوایی و ریشه لوبیا در تیمارهای تلقیح شده و بدون تلقیح

کادمیوم، سرب و مس بدست آمد. در این مطالعه به نقش موثر گره‌ها در حفاظت گیاه در غلظت‌های بالای یون‌های فلزی و دیگر آلوده‌کننده‌های محلول اشاره شده است. مقاومت بیشتر گیاهان همزیست به فرآیند چند مرحله‌ای جذب در حضور گره‌ها ارتباط داده شده است به طوری که فلزات سنگین به ناچار در ابتدا توسط ریشه‌ها و گره‌ها جذب شده به اندام‌های هوایی منتقل می‌شوند. تشکیل گره به طور مشخص جذب عناصر سنگین را در این مطالعه افزایش داد که علت آن می‌تواند به دنبال تغییرات فیزیولوژیکی خاصی باشد که در طی تشکیل باکتری‌د در سلول‌های گره‌ها رخ می‌دهد. از طرف دیگر آزادسازی برخی ترشحات برون سلولی مانند پلی ساکاریدها در طی تشکیل گره می‌تواند بر جذب این فلزات موثر باشد. تجمع زیاد عناصر سنگین در ریشه و گره‌ها سهم ظرفیت تجمع را در اندام‌های هوایی کاهش داده و موجب مقاومت بیشتر گیاه می‌گردد.

در مطالعه ریچمن کشت در محیط آبی (هیدروپونیک) انجام شده بود که معمولاً جذب از محلول می‌تواند با به‌سهولت بیشتری انجام شود. در آن مطالعه اختلاف معنی دار بین غلظت آرسنیک در ریشه و اندام‌های هوایی در گیاهان تلقیح شده و بدون تلقیح وجود نداشت. نتایج مطالعه پاچیلو و همکاران (۹) که با هدف تأثیر همزیستی باکتری سینوریزوبیوم با گیاه یونجه بر جذب آرسنیک انجام شده بود نشان داد که مقدار آرسنیک در اندام‌های هوایی فقط ۱۰ درصد مقدار آن در ریشه بود. این محققان بقولات را به طور مشخص جمع‌کننده عناصر در ریشه معرفی کردند و امکان استفاده از بقولات را در تثبیت فلزات بکمک گیاهان (Phytostabilization) در برابر آبشویی و فرسایش مطرح کردند.

نتایج مشابه در مطالعه چن و همکاران (۵) در بررسی تأثیر همزیستی لگوم-ریزوبیوم در جذب دیگر عناصر سنگین شامل

است به طوری که کمترین وزن خشک ریشه در این تیمارها گواه صحت این ادعا است.

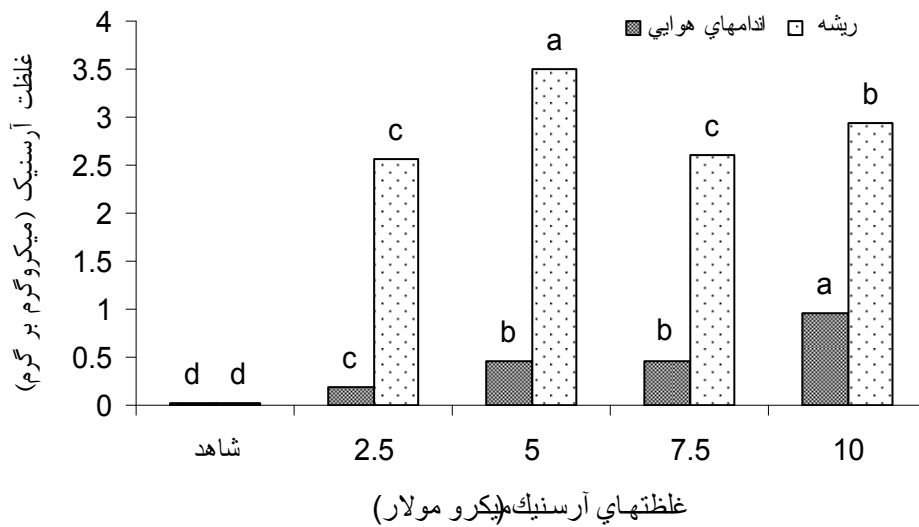
نتیجه گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داده شد که تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی و ایجاد همزیستی تأثیر معنی داری بر وزن خشک ریشه و ارتفاع گیاه در غلظت‌های مختلف آرسنیک نداشت در حالی که موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گردید. علاوه بر این غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی در تیمارهای تلقیح شده بیشتر از تیمارهای تلقیح نشده بود. افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمارهای تلقیح شده به همراه افزایش غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی این تیمارها می‌تواند نمایانگر این موضوع باشد که احتمالاً با ایجاد همزیستی تا حدودی اثرات منفی حاصل از سمیت آرسنیک کاهش و یا به عبارت دیگر مقاومت گیاه افزایش پیدا کرده است. با افزایش غلظت آرسنیک وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی و همچنین ارتفاع گیاه در همه تیمارها تا غلظت ۵ میکرومولار آرسنیک کاهش پیدا کرد و از آن به بعد با افزایش غلظت تأثیر معنی داری در کاهش این پارامترها در مقایسه با تیمار ۵ میکرومولار مشاهده نگردید. جالب توجه این که تنها در همین غلظت یعنی غلظت ۵ میکرومولار تعداد و وزن گره‌ها اختلاف معنی داری با سایر غلظت‌ها داشت و کمترین تعداد و وزن گره در این تیمار مشاهده شد. از طرف دیگر غلظت آرسنیک در ریشه در این تیمار بیشترین مقدار بود.

نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف آرسنیک بر روی میزان جذب آرسنیک در اندام‌های هوایی نشان داد که با افزایش غلظت آرسنیک در تیمارهای آزمایش مقدار جذب آن در اندام‌های هوایی افزایش یافته است (شکل ۵). بیشترین میزان جذب در تیمار ۱۰ میکرومولار آرسنیک و کمترین مقدار جذب در تیمار شاهد وجود داشت. میزان جذب آرسنیک در تیمارهای ۵ و ۷/۵ میکرو مولار اختلاف معنی داری نداشتند. در آزمایشی که توسط منچ و همکاران (۷) در اصلاح خاک‌های آلوده به آرسنیک انجام شد دامنه تغییرات آرسنیک در اندام‌های هوایی گیاه لوبیا بین ۰/۳۸ تا ۱/۰۴ میکروگرم بر گرم گزارش شد که با مقادیر بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد.

روند تغییرات غلظت آرسنیک در ریشه لوبیا در تیمارهای مختلف آرسنیک در مقایسه با اندام‌های هوایی کاملاً متفاوت بود. در ریشه بیشترین مقدار آرسنیک در تیمار ۵ میکرومولار آرسنیک و کمترین مقدار در تیمار شاهد وجود داشت. میزان آرسنیک در ریشه لوبیا در تیمارهای ۲/۵ و ۷/۵ از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۵).

جدول ۲ اثرات متقابل تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی و غلظت‌های مختلف آرسنیک را بر ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی و میزان جذب کل آرسنیک توسط اندام‌های هوایی گیاه لوبیا را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه و حائز اهمیت در این جدول معنی دار بودن اثر تلقیح بر روی غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی و جذب کل آرسنیک در غلظت‌های مختلف آرسنیک است. تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی میزان آرسنیک را در اندام‌های هوایی لوبیا و میزان کل جذب آرسنیک را تا دو برابر تیمار تلقیح نشده در همان غلظت افزایش داده است. این نتایج می‌تواند از نقطه نظر گیاه پالایی آرسنیک توسط بقولات قابل توجه باشد. جدول ۳ نیز اثرات متقابل تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی و غلظت‌های مختلف آرسنیک را بر وزن خشک ریشه، غلظت آرسنیک در ریشه و جذب کل آرسنیک توسط ریشه گیاه لوبیا را نشان می‌دهد. با مقایسه اطلاعات حاصله از تغییرات میزان آرسنیک در ریشه و تغییرات تعداد گره در تیمارهای مختلف آرسنیک (جدول ۲) به نظر می‌رسد که غلظت آرسنیک در ریشه متأثر از تعداد گره نبوده است بجز این که در تیمار ۵ میکرومولار که دارای کمترین تعداد گره بود بیشترین غلظت آرسنیک مشاهده شد. جالب توجه آنکه تا غلظت ۵ میکرومولار، غلظت آرسنیک در ریشه در گیاهان تلقیح شده بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود و از غلظت ۵ میکرو مولار به بعد عکس این حالت مشاهده شد به طوری که در گیاهان بدون تلقیح غلظت آرسنیک بیشتر از گیاهان تلقیح شده بود. به نظر می‌رسد که غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ میکرو مولار آرسنیک سبب بروز سمیت در گیاه و کاهش رشد ریشه شده



(شکل ۵) - میانگین غلظت آرسنیک در اندامهای هوایی و ریشه لوبیا در تیمارهای مختلف آرسنیک

(جدول ۲) - اثرات متقابل تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فائزئولی و غلظت‌های مختلف آرسنیک بر ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی

غلظت آرسنیک میکرومولار	ارتفاع گیاه (سانتی متر)		وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم)		غلظت آرسنیک در اندام‌های هوایی (میکروگرم بر گرم)		آرسنیک جذب شده در اندام‌های هوایی (میکروگرم بر گلدان)	
	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح
صفر	۲۸/۰ a	۲۶/۰ ab	۱/۰۹۷a	۱/۰۸a	۱/۰۸۴b	۰/۳۰۱d	۰/۳۳۴c	۰/۰۵۸d
۲/۵	۲۴/۰ bc	۲۱/۰ c	۱/۱۰۹a	۰/۸۲۹b	۰/۵۸۲c	۰/۳۴۶d	۰/۵۳۱b	۰/۲۸۷c
۵	۱۷/۰ d	۱۵/۰ d	۰/۹۱۱b	۰/۸۶۳b	۰/۵۶۶c	۰/۳۵۱d	۰/۴۸۸b	۰/۳۰۴c
۷/۵	۱۷/۵d	۱۶/۰ d	۰/۸۶۳b	۰/۸۶۳b	۰/۵۶۶c	۰/۳۵۱d	۰/۴۸۸b	۰/۳۰۴c
۱۰	۱۴/۵d	۱۵/۵d	۰/۹۱۲b	۰/۶۸۵c	۱/۱۴۰a	۰/۷۸۵b	۱/۰۴۰a	۰/۵۳۸b

Nd: تشخیص داده نشد

(جدول ۳) - اثرات متقابل تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فائزئولی و غلظت‌های مختلف آرسنیک بر تعداد و وزن گره، وزن خشک ریشه و غلظت آرسنیک در ریشه

غلظت آرسنیک میکرومولار	تعداد گره		وزن خشک ریشه (گرم)		غلظت آرسنیک در ریشه (میکروگرم بر گرم)		آرسنیک جذب شده در ریشه (میکروگرم بر گلدان)	
	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح	تلقیح	بدون تلقیح
صفر	۵۶a	۵۶a	۰/۴۸۳a	۰/۴۳۶ab	۲/۸۳۴c	۲/۳۰۳d	۱/۲۳۱ab	۰/۸۵۲d
۲/۵	۵۴a	۵۴a	۰/۴۳۵ab	۰/۳۷۰bcd	۲/۸۳۴c	۲/۳۰۳d	۱/۲۳۱ab	۰/۸۵۲d
۵	۲۸b	۲۸b	۰/۳۳۹cde	۰/۳۴۴cde	۲/۷۷۳a	۳/۲۱۱b	۱/۲۷۴a	۱/۱۰۵bc
۷/۵	۵۸a	۵۸a	۰/۲۸۰e	۰/۳۲۳abc	۲/۳۴۴d	۲/۸۴۵c	۰/۶۲۵e	۱/۱۷۹ab
۱۰	۵۹a	۵۹a	۰/۳۱۵de	۰/۳۱۶de	۲/۷۸۹c	۳/۰۸۸b	۰/۸۷۹d	۰/۹۷۷cd

Nd: تشخیص داده نشد

منابع

- 1- Baroni F., Boscagli A., Protano G., and Riccobono F. 2000. Antimony accumulation in *Achillea ageratum*, *Plantago lanceolata* and *Silene vulgaris* growing in an old Sb-mining area. *Environmental Pollution*, 109:347–352.
- 2- Burlo F., Guijarro I., Carbonell-Barrachina A.A., Valero D., and Martinez-Sanchez F. 1999. Arsenic species: Effects on and accumulation by tomato plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47:1247–1253.
- 3- Campos V., and Faustino Pires M.A. 2004. Phytoremoval of arsenic from soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 35:2137–2146.
- 4- Carrasco J.A., Armario P., Pajuelo E., Burgos A., Caviedes M.A., Lo'pez R., Chamber M.A., and Palomares A.J. 2005. Isolation and characterization of symbiotically effective *Rhizobium* resistant to arsenic and heavy metals after the toxic spill at the Aznalco'llar pyrite mine. *Soil Biology and Biochemistry*, 37:1131-1140.
- 5- Chen W.M., Wu C.H., James E.K. and Chang J.S. 2008. Metal biosorption capability of *Cupriavidus taiwanensis* and its effects on heavy metal removal by nodulated *Mimosa pudica*. *Journal of Hazardous Materials*, 151:364-371.
- 6- Duker A.A., Carranza E.J. and Hale M. 2005. Arsenic geochemistry and health. *Environmental International*, 31:631-641.
- 7- Mench M., Vangronsveld J., Beckx C., and Ruttens A. 2006. Progress in assisted natural remediation of an arsenic contaminated agricultural soil. *Environmental Pollution*, 44:51- 61.
- 8- Pajuelo E., Carrasco J.A., Romero L.C., Chamber M.A., and Gotor C. 2007. Evaluation of the metal phytoextraction potential of crop legumes. Regulation of the expression of O-acetylserine (thiol) lyase under metal stress. *Plant Biology*, 9:672-681.
- 9- Pajuelo E., Rodri'guez-Llorente I.D., Dary M., and Palomares A.J. 2008. Toxic effects of arsenic on *Sinorhizobium Medicago sativa* symbiotic interaction. *Environmental Pollution*, 154:203-211.
- 10-Reichman S.M. 2007. The potential use of the legume-*rhizobium* symbiosis for the remediation of arsenic contaminated sites. *Soil Biology and Biochemistry*, 39:2587–2593.
- 11-Stoeva N., Berova M., and Zlatev Z., 2005. Effect of arsenic on some physiological parameters in bean plants. *Biologia Plantarum*, 49:293–296.

The effect of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* on uptake and tolerance to arsenic in common bean

A. Lakzian^{1*} - A. Halajnia² - M. Nassiri Mahallati³ - F. Nikbin⁴

Abstract

Arsenic (As) contamination of soils is a global problem. Legumes are often used in remediation of contaminated sites because of their capacity to fix nitrogen. In the present study, the effects of inoculation of bean (by *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*) on plant uptake and tolerance to arsenic were investigated. An experiment with a factorial arrangement, two levels of inoculation (with and without inoculation) and five levels of arsenic concentrations (0, 2.5, 5, 7.5 and 10 μM) in completely randomized design with three replications was carried out in a sand culture system in a green house condition. The results showed that the dried shoot weight was increased significantly by inoculation treatments. However, dried root weight and plant height were not affected by inoculation. Dried shoot weight was significantly decreased by increasing arsenic concentrations. The least dried shoot weight was observed in 5, 7.5 and 10 μM of arsenic. The response of dry root weight and plant height to arsenic concentrations was similar to dried shoot weight. The least nodule number was observed in 5 μM arsenic treatment and nodule number in other treatments was not affected by arsenic concentration. Arsenic concentration in shoot increased by *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* inoculation. The concentration of arsenic in bean shoot increased by increasing arsenic concentrations in medium. However the highest concentration of arsenic in root and the least nodule number were observed in 5 μM arsenic.

Key words: Arsenic, Sand culture, Nodulation, Inoculation

1- Assoc. Prof, Soil Science Department, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
2- M.Sc. Soil Science Department, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
3- Prof, Agronomy Department, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
4- BSc. Soil Science Department, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding author, Email : alakzian@yahoo.com)