بررسی اثرات کاشت ذرت، یونجه و آفتابگردان بر میزان رشد و جذب عناصر توسط خرما در یک خاک آلوده به سرب

عبدالحمید محبی[۱]*

مربی پژوهش موسسه تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور؛ **hamidmohebi@hotmail.com**

چکیده

آلودگی محیط زیست یکی از مشکلاتی است که جوامع بشری با آن روبرو هستند. استان خوزستان علاوه بر وجود چاه-های نفت، دارای صنایع متعددی است که باعث آلودگی خاک می‌شود. یکی از روش‌های نوین و کم هزینه برای پالایش خاک‌های آلوده، گیاه پالایی[۲] می‌باشد که افزون بر هزینه کمتر، سازگار با طبیعت بوده و نیاز به امکانات کمتری نسبت به سایر روش‌های پالایش دارد. ترشحات ریشه گیاهان و سایر مکانیسم های خاک و گیاه روی حرکت عناصر سنگین در ریزوسفر اثر گذاشته و باعث تغییر در میزان پالایش این عناصر توسط گیاهان می گردد. بنابر این با توجه به وجود منابع متعدد آلوده کننده خاک و با عنایت به این که نخلستان‌های خوزستان در معرض این خطرات قرار دارند لزوم تحقیقاتی در این زمینه اجتناب ناپذیر است به همین منظور آزمایشی با ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی و با تیمارهای زیر در گلخانه موسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری در اهواز به اجرا در آمد: ۱- شاهد (کاشت خرما) ۲- کاشت ذرت ۳- کاشت یونجه ۴- کاشت آفتابگردان ۵- کاشت خرما و ذرت ۶- کاشت خرما و یونجه ۷- کاشت خرما و آفتابگردان. بعد از این که گیاهان زراعی به رشد کامل رسیدند از خاک برداشت وتوزین و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، و سرب در خاک و گیاه اندازه‌گیری گردید، سپس شاخص جذب محاسبه شد. نتایج نشان داد وزن تر و خشک نهال خرما در تیمار کاشت خرما و گیاهان زراعی بیشتر از کاشت خرما به تنهایی بود. غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوائی و ریشه نخل خرما اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد.آفتابگردان و یونجه کاشت شده به تنهائی بالاترین و پائین‌ترین شاخص جذب سرب را داشتند. یونجه کاشت شده با خرما بالاترین فاکتور انتقال سرب را در بین تیمارها به خود اختصاص داد یعنی زمانی که یونجه به همراه خرما کشت شود می تواند نسبت به سایر تیمارها مقدار سرب بیشتری را از ریشه به اندام‌های هوایی منتقل نماید.

واژه های کلیدی: استخراج گیاهی، فاکتور انتقال، شاخص جذب

مقدمه

استخراج گیاهی به عنوان یک ازمولفه‌های فناوری پالایش گیاهی عبارت است از جذب عناصر سنگین توسط ریشه و تجمع آن در اندام هوائی. مک گرات[۳] و همکاران (۱۹۹۳)؛ بیکر[۴] و همکاران (۱۹۹۴) وتلوستو[۵] (۲۰۰۶) دو استراتژی عمده برای استخراج گیاهی بیان نمودند: ۱- اولین استراتژی استفاده از گیاهان تجمع کننده است که معمولاً غلظت زیادی از عناصر خطرناک را از خاک جذب می‌کنند ولی این گیاهان بیوماس کمی تولید

---

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: موسسه تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور، صندوق پستی ۱۶-۶۱۳۵۵

* دریافت: دی۱۳۹۰ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۱

2. Phytoremediation
3. McGrath
4. Baker et al
5. Tlustoˇs

می‌کنند ۲- دومین استراتژی استفاده از گیاهان غیر تجمع کننده است. مک گرات[1] و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند غلظت کل فلزات استخراج شده از خاک تحت تأثیر عواملی از قبیل غلظت عنصر در خاک، بیوماس گیاهی، توانائی انباشت گیاه و... است و بیوماس گیاهی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عوامل مختلفی منجمله عملیات زراعی مثل آبیاری، مصرف کود و کنترل آفات وعلف‌های هرز قرار دارد. مارشنر و رامهلد[2](۱۹۹۶) گزارش کردند که جذب عناصر بستگی به نوع و فعالیت ریشه دارد.

جونگک[3](۱۹۹۶)؛ سانیت دی تپی[4] و گابریلی[5](۱۹۹۹) و استرکمن[6] و همکاران(۲۰۰۵)گزارش ۲۰۰۵)گزارش کردند که گیاهان قادرند بوسیله مکانیسم-های متعددی، سمیت فلزات سنگین را کاهش و تحرک عناصر را افزایش دهند.

گوو[7] (۲۰۰۲) گزارش کردکشت مخلوط یکی از از تکنیک‌های زراعی است و یکی از اهداف آن بهبود روابط متقابل در خاک است که ممکن است باعث افزایش قابلیت استفاده عناصر و افزایش عملکرد گردد، برای مثال نشان داده شده است که کشت مخلوط یک گونه گیاه زراعی[8] باعث افزایش جذب کادمیم در جو گردید.

هدف از این مطالعه بررسی میزان رشد و جذب عناصر مختلف، همچنین توانائی حذف سرب از خاک توسط گیاهان در سیستم تک کشتی و مخلوط بود.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش، خاک آلوده به سرب از مناطق اطراف چاه‌های نفت اهواز با رده بندی Fine Carbonatic, Hyperthermic typic Torifluvent برداشت و EC، pH، %O.C ، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، و سرب بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب در آنها تعیین گردید (علی احیایی، مریم و علی اصغر بهبهانی زاده، ۱۳۷۲) که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. سپس با میزان ۱۰ درصد حجمی کود حیوانی در دستگاه میکسر مخلوط گردید. سپس تعداد ۱۵ گلدان با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم خاک و ابعاد ۳۰ سانتی‌متر طول، ۲۰ سانتی‌مترعرض و ۱۵ سانتی‌متر عمق تهیه و با این خاک‌ها پر شد. در شروع آزمایش کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان ۲۴۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ازائ هر کیلوگرم خاک با استفاده از کودهای خالص مرک به هر گلدان اضافه گردید. تیمارهای زیر در سه تکرار اجرا شد:

۱- شاهد(کاشت خرما)
۲- کاشت ذرت
۳- کاشت یونجه
۴- کاشت آفتابگردان
۵- کاشت خرما با ذرت
۶- کاشت خرما با یونجه
۷- کاشت خرما با آفتابگردان

ابتدا نهال‌های کشت بافت خرما و سپس ۴ بذر از هر گیاه زراعی در تیمارهای مورد نظر کاشت شد. این مطالعه در گلخانه انجام شد. درجه حرارت روز و شب به ترتیب ۳۰ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. آبیاری گلدان‌ها در ظرفیت زراعی و با آب مقطر انجام شد. پس از رشد گیاهان طی یک فصل رشد، گیاهان به طور کامل از خاک برداشت و نمونه‌ای از خاک هر گلدان تهیه شد. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه هوا خشک و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و EC, pH, %O.C، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، و سرب در آنها بر اساس روش‌های موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید (علی احیایی، مریم و علی اصغر بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). وزن کل گیاه اندازه‌گیری و ریشه از اندام هوائی جدا و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک و وزن خشک و سپس غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، و سرب در آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، عاکفه، ۱۳۷۵). فاکتور انتقال[9]یا نسبت غلظت عنصر در اندام هوایی به غلظت عنصر در ریشه (کویی[10] و همکاران، ۲۰۰۷) و شاخص جذب[11] یا حاصلضرب ماده خشک تولیدی در غلظت عنصر در اندام هوائی(وو[12]و همکاران، ۲۰۰۷) محاسبه، سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن انجام شد. لازم به ذکر است که جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه به دو روش انجام شد. در اولین مقایسه تیمارهای دارای خرما (تیمار ۱، ۵، ۶ و ۷) با یکدیگر مقابسه شدند و در مقایسه

1. McGrath
2. Marschner and R¨omheld
3. Jungk,
4. Sanit`a di Toppi
5. Gabbrielli
6. Sterckeman
7. Gove
8. Thlaspi caerulescens
9. Translocation Factor
10. Cui
11. Uptake Index
12. Wu

دوم تیمارهای دارای گیاهان زراعی (تیمار ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) با یکدیگر مقابسه شدند.

نتایج

عملکرد

گیاهان زراعی

با توجه به خصوصیات زراعی مختلف گیاهان کشت شده نمی‌توان عملکرد گیاهان زراعی را از نظر آماری با یکدیگر مقایسه کرد ولی نتایج بیانگر آن است وزن تر و خشک ذرت و یونجه زمانی که با خرما کشت شدند نسبت به زمانی که به صورت تکی کشت شدند افزایش، در صورتی که وزن تر و خشک آفتابگردان که با خرما کشت شد نسبت به زمانی که به صورت تکی کشت شد کاهش نشان داد. به طوری که وزن تر ذرت، یونجه و آفتابگردان به صورت تکی به ترتیب ۱۰۵/۷۸، ۱۸/۸۲ و ۱۰۱/۳۱ گرم و ذرت، یونجه و آفتابگردان کشت شده با خرما به ترتیب ۱۲۱/۱۱، ۱۹/۳۹ و ۹۲/۰۷ گرم و وزن خشک ذرت، یونجه و آفتابگردان به صورت تکی به ترتیب ۲۵/۵۱، ۶/۷۳ و ۱۹/۱۶ گرم و ذرت، یونجه و آفتابگردان کشت شده با خرما به ترتیب ۲۶/۸۰، ۶/۵۶ و ۱۸/۳۷ گرم بود (جدول ۲).

نخل خرما

وزن تر نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن تر نخل خرما نشان داد خرما کاشت شده با یونجه با ۱۵۷/۳۶ گرم بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و در یک گروه قرار گرفت اگر چه این تیمار با تیمارهای خرما کاشت شده با ذرت یا آفتابگردان در یک گروه آماری قرار داشتند اما نسبت به شاهد (خرما تنها) اختلاف آماری معنی‌داری داشت. خرما کاشت شده به تنهائی با ۶۲/۴۲ گرم در پائین‌ترین سطح قرار گرفت. به عبارتی وزن تر نخل خرما کاشت شده با گیاهان زراعی نسبت به زمانی که خرما به تنهائی کاشت شده افزایش داشت یعنی کاشت گیاهان زراعی باعث افزایش وزن‌تر نخل گردید (جدول ۳).

وزن خشک نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن خشک نخل خرما نشان داد که گرچه خرمای کاشت شده با یونجه با ۷۰/۳۰ گرم بیشترین وزن را به خود اختصاص داد ولی از لحاظ آماری با دیگر تیمارهای خرما کاشت شده با ذرت یا آفتابگردان تفاوت معنی‌داری نداشت. خرما کاشت شده به تنهائی با ۳۵/۶۷ گرم در پائین‌ترین سطح قرار گرفت. به عبارتی وزن خشک نخل خرما کاشت شده با گیاهان زراعی نسبت به زمانی که خرما به تنهائی کاشت شده افزایش داشت یعنی کاشت گیاهان زراعی باعث افزایش وزن خشک نخل گردید اگر چه با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

وزن تر اندام هوائی نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن تر اندام هوائی نخل خرما نشان داد که گرچه خرما کاشت شده با یونجه با ۱۱۰/۴۹ گرم بیشترین وزن را به خود اختصاص داد اما با تیمارهای خرما کاشت شده با ذرت یا آفتابگردان تفاوت معنی‌داری نداشت. خرما کاشت شده به تنهائی با ۴۳/۴۲ گرم در پائین‌ترین سطح قرار گرفت. به عبارتی وزن تر اندام هوائی نخل خرما کاشت شده با گیاهان زراعی نسبت به زمانی که خرما به تنهائی کاشت شده افزایش داشت یعنی کاشت گیاهان زراعی باعث افزایش وزن تر اندام هوائی نخل گردید اگر چه با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوائی نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن خشک اندام هوائی نخل خرما نشان داد که خرما کاشت شده با یونجه با ۵۵/۶۷ گرم بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. سایر تیمارها در یک گروه دیگر قرار گرفتند و تفاوت معنی-داری با هم نداشتند (جدول ۳).

وزن تر ریشه نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن تر ریشه نخل خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۳).

وزن خشک ریشه نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی وزن خشک ریشه نخل خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۳).

غلظت عناصر

غلظت عناصر در اندام هوائی نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز و سرب اندام هوائی نخل خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۴).

غلظت عناصر در ریشه نخل خرما

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سرب ریشه نخل خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۵).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت مس ریشه نخل خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت مس در خرما کاشت شده با

ذرت در بالاترین سطح و در یک گروه قرار داشت. غلظت مس در خرما به تنهائی و خرما کاشت شده با یونجه در گروه بعدی و غلظت مس در خرما کاشت شده با آفتابگردان در گروه آخر قرار داشت (جدول ۵).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت منگنز ریشه خرما نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت منگنز در خرما کاشت شده با ذرت در بالاترین سطح و در یک گروه قرار داشت و سایر تیمارهای دیگر در یک گروه دیگر قرار داشتند (جدول ۵).

غلظت عناصر در اندام هوائی گیاهان زراعی

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت نیتروژن اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت نیتروژن در ذرت کاشت شده با خرما در پائین ترین سطح و در یک گروه قرار داشت و سایر تیمارهای دیگر در یک گروه دیگر قرار داشتند (جدول ۶) .

اثر تیمارهای مختلف روی فسفر اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد و همه تیمارها در یک گروه قرار دارند (جدول ۶).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت پتاسیم اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت پتاسیم در یونجه و آفتابگردان کاشت شده به تنهائی در بالاترین سطح و در یک گروه قرار داشت. غلظت پتاسیم در ذرت به تنهائی، ذرت کاشت شده با خرما و آفتابگردان کاشت شده با خرما در گروه بعدی و غلظت پتاسیم در یونجه کاشت شده با خرما در گروه آخر قرار داشت (جدول ۶). اثر تیمارهای مختلف روی غلظت مس و منگنز اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۶).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت مس اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت مس در آفتابگردان کاشت شده با خرما در بالاترین سطح و غلظت مس در یونجه کاشت شده با خرما در پائین ترین سطح قرار داشت (جدول ۶).

اثر تیمارهای مختلف روی منگنز اندام هوائی گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت منگنز در اندام هوائی یونجه کاشت شده به تنهائی در پائین‌ترین سطح و سایر تیمارهای دیگر در یک گروه قرار داشتند (جدول ۶).

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، مس، منگنز و سرب در اندام هوایی گیاه ذرت کشت شده به تنهایی و ذرت کشت شده با خرما تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت ولی غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه ذرت کشت شده با خرما به طور معنی‌داری بیشتر از ذرت کشت شده به تنهایی بود (جدول ۶).

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، مس و منگنز در اندام هوایی گیاه یونجه کشت شده به تنهایی و یونجه کشت شده با خرما تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت. غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه یونجه کشت شده به تنهایی به طور معنی‌داری بیشتر از یونجه کشت شده با خرما بود. غلظت سرب در اندام هوایی گیاه یونجه کشت شده به تنهایی به طور معنی‌داری کمتر از یونجه کشت شده با خرما بود (جدول ۶).

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، مس، منگنز و سرب در اندام هوایی گیاه آفتابگردان کشت شده به تنهایی و آفتابگردان کشت شده با خرما تفاوت معنی داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت ولی غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه آفتابگردان کشت شده با خرما به طور معنی‌داری کمتر از آفتابگردان کشت شده به تنهایی بود (جدول ۶).

ریشه گیاهان زراعی

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت نیتروژن ریشه گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت نیتروژن در ریشه آفتابگردان کاشت شده به تنهائی در بالاترین سطح و در ریشه یونجه کاشت شده به تنهائی در پائین‌ترین سطح و سایر تیمارهای دیگر در گروه‌های بینابین قرار داشتند (جدول ۷).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت فسفر ریشه گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت فسفر در ریشه ذرت کاشت شده به تنهائی در پائین ترین سطح و در یک گروه قرار داشت و سایر تیمارهای دیگر در یک گروه دیگر قرار داشتند (جدول ۷).

ثر تیمارهای مختلف روی غلظت پتاسیم ریشه گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت پتاسیم در ریشه آفتابگردان کاشت شده به تنهائی در بالاترین سطح و غلظت پتاسیم در ریشه یونجه کاشت شده به تنهائی در پائین‌ترین سطح و سایر تیمارهای دیگر در گروه‌های بینابین قرار داشتند (جدول ۷).

اثر تیمارهای مختلف روی غلظت مس ریشه گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت مس در آفتابگردان کاشت شده با خرما در بالاترین سطح و غلظت مس در یونجه کاشت شده با خرما در پائین‌ترین سطح قرار داشت (جدول ۷).

اثر تیمارهای مختلف روی منگنز ریشه گیاهان زراعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. غلظت منگنز در اندام هوائی یونجه کاشت شده به تنهائی در پائین‌ترین سطح و سایر تیمارهای دیگر در یک گروه قرار داشتند (جدول ۷).

غلظت عناصر فسفر، مس، منگنز و سرب در ریشه گیاه ذرت کشت شده به تنهایی و ذرت کشت شده با خرما تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت ولی غلظت پتاسیم در ریشه گیاه ذرت کشت شده با خرما به طور معنی‌داری بیشتر از ذرت کشت شده به تنهایی بود (جدول ۷).

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، منگنز و سرب در ریشه گیاه یونجه کشت شده به تنهایی و یونجه کشت شده با خرما تفاوت معنی‌داری داشت به طوری که غلظت پتاسیم در ریشه گیاه یونجه کشت شده به تنهایی به طور معنی‌داری بیشتر از یونجه کشت شده با خرما بود و غلظت سایر عناصر در ریشه گیاه یونجه کشت شده با خرما به طور معنی‌داری بیشتر از یونجه کشت شده به تنهایی بود (جدول ۷).

غلظت عناصر فسفر، مس و منگنز در ریشه گیاه آفتابگردان کشت شده به تنهایی و آفتابگردان کشت شده با خرما تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت ولی غلظت نیتروژن، پتاسیم و سرب در ریشه گیاه آفتابگردان کشت شده به تنهایی به طور معنی‌داری بیشتر از آفتابگردان کشت شده با خرما بود (جدول ۷).

شاخص جذب

شاخص جذب مس

اثر تیمارهای مختلف روی شاخص جذب مس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف ذرت کاشت شده به تنهائی بالاترین شاخص جذب به میزان ۰/۴۱۴ را داشت و با آفتابگردان کاشت شده به تنهائی، ذرت کاشت شده با خرما و آفتابگردان کاشت شده با خرما در یک گروه قرار داشت. پائین‌ترین شاخص جذب به میزان ۰/۱۴۵ مربوط به یونجه به تنهائی بود که با یونجه کاشت شده با خرما در یک گروه قرار داشت (شکل ۱).

اختلاف معنی‌داری بین شاخص جذب مس گیاهان زراعی که به صورت تکی کشت شده بودند با همان گیاه که با خرما کاشت شده بود وجود نداشت (شکل ۱).

شاخص جذب منگنز

اثر تیمارهای مختلف روی شاخص جذب منگنز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف ذرت کاشت شده با خرما بالاترین شاخص جذب به میزان ۳/۰۲۴ را داشت و با ذرت کاشت شده به تنهائی در یک گروه قرار داشت. پائین‌ترین شاخص جذب با میزان ۰/۶۰۹ مربوط به یونجه به تنهائی بود (شکل ۱).

اختلاف معنی‌داری بین شاخص جذب منگنز گیاهان زراعی که به صورت تکی کشت شده بودند با همان گیاه که با خرما کاشت شده بود وجود نداشت (شکل ۱).

شاخص جذب سرب

اثر تیمارهای مختلف روی شاخص جذب سرب نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف آفتابگردان کاشت شده به تنهائی بالاترین شاخص جذب به میزان ۰/۴۲۲ را داشت. پائین‌ترین شاخص جذب به میزان ۰/۱۰۳ مربوط به یونجه به تنهائی که با یونجه کاشت شده با خرما در یک گروه قرار داشت (شکل ۱).

اختلاف معنی‌داری بین شاخص جذب سرب گیاهان زراعی که به صورت تکی کشت شده بودند با همان گیاه که با خرما کاشت شده بود وجود نداشت (شکل ۱).

فاکتور انتقال

فاکتور انتقال مس

اثر تیمارهای مختلف روی فاکتور انتقال مس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف ذرت کاشت شده به تنهائی بالاترین فاکتور انتقال به میزان ۱/۸۹ را داشت و با آفتابگردان کاشت شده به تنهائی در یک گروه قرار داشت. پائین‌ترین فاکتور انتقال به میزان ۰/۸۹ مربوط به یونجه به تنهائی بود. سایر تیمارها در یک گروه قرار داشتند. از طرفی دیگر ذرت و آفتابگردان کشت شده به تنهایی فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که با خرما کاشت شدند داشتند ولی یونجه زمانی که با خرما کشت شده فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که به تنهایی کاشت شد داشت (جدول ۸).

فاکتور انتقال منگنز

اثر تیمارهای مختلف روی فاکتور انتقال منگنز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف

وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف آفتابگردان کاشت شده به تنهائی بالاترین فاکتور انتقال به میزان ۲/۳۱ را داشت. پائین‌ترین فاکتور انتقال به میزان ۱/۰۰ مربوط به یونجه به تنهائی بود. از طرفی دیگر آفتابگردان کشت شده به تنهایی فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که با خرما کاشت شد داشت ولی یونجه زمانی که با خرما کشت شده فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که به تنهایی کاشت شد داشت. ذرت کاشت شده به تنهایی و ذرت کاشت شده با خرما فاکتور انتقال یکسانی داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۸).

فاکتور انتقال سرب

اثر تیمارهای مختلف روی فاکتور انتقال سرب نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. در بین تیمارهای مختلف یونجه کاشت شده با خرما بالاترین فاکتور انتقال به میزان ۳/۱۸ را داشت. پائین‌ترین فاکتور انتقال به میزان ۱/۵۳ مربوط به یونجه به تنهائی بود. از طرفی دیگر آفتابگردان کشت شده به تنهایی فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که با خرما کاشت شد داشت ولی ذرت زمانی که با خرما کشت شده فاکتور انتقال بالاتری نسبت به زمانی که به تنهایی کاشت شد داشت (جدول ۸).

بحث

مقایسه میانگین وزن تر و خشک اندام هوائی، ریشه و کل نهال خرما نشان داد که هیچ اختلاف معنی-داری بین خرما در سیستم تک کشتی و مخلوط وجود ندارد که با یافته‌های وایتینگ[1] و همکاران (۲۰۰۱) که نشان دادند عملکرد فستوکا روبرا[2] به صورت تک کشتی و و زمانی که به صورت مخلوط با کایرولسنس[3] کاشت می‌شود تفاوت معنی‌داری ندارد، تطابق دارد

غلظت مس و منگنز در همه نمونه‌های گیاهی در ریشه بیشتر از اندام هوائی بود و در بین گیاهان، ریشه گیاه آفتابگردان و یونجه که به صورت تکی کشت شده بودند به ترتیب با ۳۶/۶۹ و ۱۹/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین و کمترین غلظت مس را به خود اختصاص دادند. بالاترین و پائین‌ترین غلظت منگنز در ریشه به ترتیب با میزان ۲۵۲/۴۲ و ۸۶/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گیاه یونجه با خرما و یونجه که به تنهائی کشت شده بود ثبت شد. غلظت سرب در اندام هوائی و ریشه یونجه کاشت شده با خرما بیشتر از آفتابگردان و ذرت بود.

میزان برداشت فلزات از خاک به وسیله بیوماس گونه‌های گیاهی عامل مهمی در ارزیابی استخراج گیاهی می‌باشد و کل میزان برداشت فلز از خاک از حاصلضرب ماده خشک تولیدی در غلظت عنصر در اندام هوائی محاسبه می‌گردد.هر سه گیاه زراعی نشان دادند که توانائی تجمع مس، منگنز و سرب را زمانی که با خرما کشت می‌شوند بیشتر از زمانی که به تنهائی کشت می‌شوند دارند.

کشت خرما با گیاهان زراعی هیچ اثری روی غلظت عناصر فلزی در گیاهان زراعی نداشت. غلظت عناصر فلزی در یونجه (به تنهائی یا به صورت کاشت شده با خرما) نسبت به ذرت و آفتابگردان کمتر بود.

آفتابگردان در سیستم تک کشتی یا مخلوط، سرب بالاتری نسبت به یونجه داشت. محققین نشان دادند که تأثیر کشت مخلوط روی تجمع فلزات سنگین در اندام‌های هوائی بستگی به گونه گیاهی (وایتینگ و همکاران ۲۰۰۱) و کیفیت خاک (چونیلال و همکاران ۲۰۰۵) دارد. در حقیقت کشت مخلوط آفتابگردان و خرما باعث افزایش معنی‌دار غلظت سرب گردید. گاو و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند کشت مخلوط با کایرولسنس و جو باعث افزایش غلظت کادمیم و کاهش غلظت روی در جو شد. همچنین وو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که کشت مخلوط ذرت با سدوم الفردی[4] باعث افزایش غلظت روی گردید.

قوش و سینک[5](۲۰۰۵) حلالیت فلزات در خاک خاک بوسیله مقدار فلز در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان کربن آلی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کشت مخلوط گیاهان زراعی با خرما هیچ اثر معنی‌داری روی جذب سرب در مقایسه با تک کشتی نداشت

زو[6] و همکاران(۲۰۰۴) گزارش کردند که بیشتر تیمارها باعث افزایش تجمع غلظت سرب، مس و منگنز در اندام‌های هوائی شدند. میزان نرمال سرب و مس در اندام‌های هوائی به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

غلظت مس در اندام هوائی و ریشه ذرت، یونجه و آفتابگردان در سیستم تک کشتی یا همراه خرما بیش از ۱۴ و ۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که در مقایسه با مطالعات کویی[7] و همکاران (۲۰۰۷) پائین‌تر و در مقایسه با مطالعات مالک و همکاران (۲۰۱۰) بالاتر بود

1. Whiting
2. Festuca Rubra
3. T. Caerulescens
4. Sedum Alfredii
5. Ghosh & Singh
6. Zu
7. Cui

.غلظت سرب در اندام هوائی تیمارها بین ۱۲/۶۴ تا ۲۳/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که از حد نرمال (۵ میلی-گرم بر کیلوگرم) بالاتر بود.

آننکوو و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که مس و منگنز از ریز مغذی‌های مورد نیاز گیاه و برای رشد گیاه ضروری هستند ولی اگر غلظت آنها در گیاه زیاد شود باعث بروز علائم سمیت می‌شوند. برای مثال اگر غلظت مس بیش از ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی شود می‌تواند سمیت را در گیاه افزایش و موجب مسمومیت دام شود .

ذرت کاشته شده به تنهایی بالاترین فاکتور انتقال مس را در بین تیمارها به خود اختصاص داد که با آفتابگردان کاشته شده به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. آفتابگردان کاشته شده به تنهایی بالاترین فاکتور انتقال منگنز را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. یونجه کاشت شده به تنهایی پایین‌ترین فاکتور انتقال را در بین تیمارها برای مس، منگنز و سرب داشت در صورتی که یونجه کاشت شده با خرما بالاترین فاکتور انتقال سرب را در بین تیمارها به خود اختصاص داد یعنی زمانی که یونجه به همراه خرما کشت شود می تواند نسبت به سایر تیمارها مقدار سرب بیشتری را از ریشه به اندام‌های هوایی منتقل نماید.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد آزمایش

PH	EC	O.C	P	K	Pb	Mn	Cu	silt	sand	clay	
	(dS/m)	٪			mg/kg				%		texture
۷/۵	۳/۲	۱/۵۵	۸/۱	۱۲۱	۱۳۷/۴۳	۸/۱۶	۰/۵۸	۴۸	۲۶	۲۶	CL

جدول ۲- میانگین وزن تر و خشک گیاهان زراعی بر حسب گرم

تیمار	وزن تر	وزن خشک
ذرت	۱۰۵/۷۸	۲۵/۵۱
خرما با ذرت	۱۲۱/۱۱	۲۶/۸۰
یونجه	۱۸/۸۲	۶/۷۳
خرما با یونجه	۱۹/۳۹	۶/۵۶
آفتابگردان	۱۰۱/۳۱	۱۹/۱۶
خرما با آفتابگردان	۹۲/۰۷	۱۸/۳۷

جدول ۳- میانگین وزن تر و خشک نهال خرما، اندام هوائی و ریشه بر حسب گرم

تیمار	وزن تر نهال	وزن خشک نهال	وزن تر اندام هوائی	وزن خشک اندام هوائی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
خرما	۶۲/۴۲ B	۳۵/۶۷ B	۴۳/۴۲B	۲۵/۹۱ B	۱۸/۹۹ A	۹/۷۵ A
ذرت خرما با	۱۰۸/۹۸ AB	۴۲/۱۱ AB	۷۰/۷۱ AB	۲۸/۱۳ B	۳۸/۴۵ A	۱۴/۰۷ A
خرما با یونجه	۱۵۷/۶ ۳ A	۷۰/۵۰ A	۱۱۰/۴۹ A	۵۵/۶۷ A	۴۶/۸۷ A	۱۴/۸۳ A
خرما با آفتابگردان	۱۰۴/۴۲ AB	۴۳/۰۹AB	۷۰/۳۲ AB	۳۱/۹۲ B	۳۴/۱۰ A	۱۲/۹۱ A

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۴- غلظت عناصر در اندام هوائی خرما در تیمارهای مختلف

عنصر / تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	منگنز	سرب
	%		میلی گرم بر کیلوگرم			
خرما	۱/۷۴ A	۰/۲۲ A	۲/۰۷ A	۱۸/۰۳ A	۴۰/۸۶ A	۵/۷۴ A
خرما با ذرت	۱/۸۱ A	۰/۲۴ A	۱/۹۹ A	۱۸/۳۳ A	۳۶/۳۰ A	۵/۷۲ A
خرما با یونجه	۱/۵۸ A	۰/۲۱ A	۱/۸۷ A	۲۶/۵۸ A	۴۲/۱۳ A	۵/۳۵ A
خرما با آفتابگردان	۱/۸۱ A	۰/۱۹ A	۱/۷۰ A	۱۹/۲۰ A	۴۱/۶۱ A	۵/۴۹ A

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۵- غلظت عناصر در ریشه خرما در تیمارهای مختلف

عنصر / تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	منگنز	سرب
	%		میلی گرم بر کیلوگرم			
خرما	۰/۸۷ A	۰/۱۴ A	۱/۳۱ A	۳۱/۵۶ B	۶۸/۵۸ B	۱۵/۰۹ A
خرما با ذرت	۱/۱۷ A	۰/۱۶ A	۱/۰۶ A	۳۶/۱۸ A	۸۶/۱۳ AB	۲۱/۸۳ A
خرما با یونجه	۰/۹۰ A	۰/۱۲ A	۱/۳۵ A	۲۹/۸۱ B	۷۷/۲۰ AB	۱۳/۷۷ A
خرما با آفتابگردان	۰/۹۵ A	۰/۱۴ A	۱/۴۹ A	۱۸/۸۰ C	۸۰/۴۳ AB	۱۴/۳۲ A

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۶- غلظت عناصر در اندام هوائی گیاهان زراعی در تیمارهای مختلف

عنصر / تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	منگنز	سرب
	%		میلی گرم بر کیلوگرم			
ذرت	۱/۹۹ A	۰/۲۶ A	۲/۵۵ B	۱۶/۳۲ A	۱۰۶/۵۵ A	۱۲/۶۴ C
خرما با ذرت	۱/۶۵ A	۰/۲۹ A	۵/۵۶ A	۱۴/۲۴ A	۱۱۳/۷۳ A	۱۳/۳۲ C
یونجه	۲/۲۷ A	۰/۳۱ A	۴/۷۱ B	۲۱/۴۹ A	۸۷/۰۰ A	۱۵/۳۰ BC
خرما با یونجه	۲/۱۳ A	۰/۲۸ A	۱/۳۴ C	۲۰/۳۰ A	۱۲۰/۵۳ A	۲۳/۷۸ A
آفتابگردان	۲/۳۲ A	۰/۳۱ A	۵/۳۴ A	۱۹/۹۴ A	۸۱/۳۵ A	۲۲/۱۸ A
خرما با آفتابگردان	۲/۰۶ A	۰/۳۰ A	۲/۹۰ B	۱۹/۵۵ A	۱۱۹/۶۰ A	۱۹/۰۸ AB

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۷- غلظت عناصر در ریشه گیاهان زراعی در تیمارهای مختلف

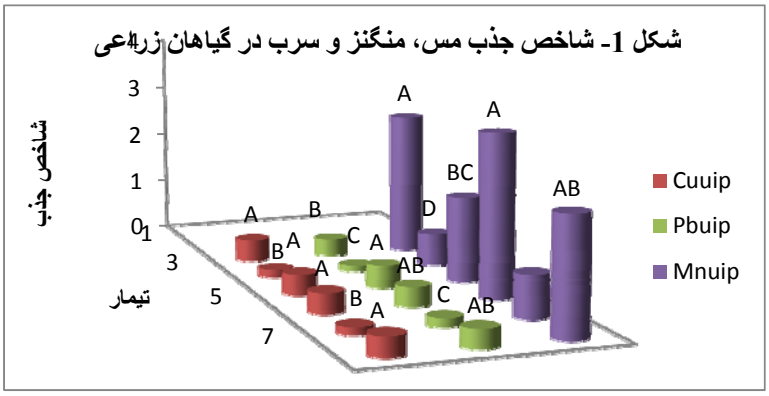
عنصر / تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	منگنز	سرب
	%		میلی گرم بر کیلوگرم			
ذرت	۱/۲۷ AB	۰/۱۷ A	۱/۴۵ DC	۳۰/۸۹ AB	۲۰۶/۹۹ A	۳۲/۱۵ B
خرما با ذرت	۰/۹۳ C	۰/۱۷ A	۲/۵۹ AB	۲۱/۳۴ AB	۲۱۲/۸۵ A	۳۶/۸۶ B
یونجه	۰/۶۸ D	۰/۰۹ B	۱/۵۰ DC	۱۹/۲۰ B	۸۶/۹۶ B	۲۳/۴۲ B
خرما با یونجه	۱/۱۹ B	۰/۱۹ A	۰/۹۶ D	۲۸/۸۴ AB	۲۵۲/۴۲ A	۷۵/۷۴ A
آفتابگردان	۱/۴۷ A	۰/۱۹ A	۲/۷۸ A	۳۶/۶۹ A	۱۸۹/۵۱ A	۶۸/۰۸ A
خرما با آفتابگردان	۱/۱۶ B	۰/۱۸ A	۲/۰۳ BC	۲۸/۰۷ AB	۲۲۷/۵۳ A	۵۲/۴۸ B

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد

جدول ۸- فاکتور انتقال در گیاهان زراعی در تیمارهای مختلف

تیمار	مس	منگنز	سرب
ذرت	۱/۸۹ A	۱/۹۶ C	۲/۵۴ D
خرما با ذرت	۱/۴۹B	۱/۸۷C	۲/۷۷C
یونجه	۰/ ۸۹C	۱/۰۰D	۱/۵۳E
خرما با یونجه	۱/۴۲ B	۲/۰۹ B	۳/۱۸ A
آفتابگردان	۱/۸۳ A	۲/۳۱ A	۳/۰۷ B
خرما با آفتابگردان	۱/۴۳ B	۱/۹۲ C	۲/۷۶ C

میانگین در هر ستون با حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد



فهرست منابع:

۱. امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه برگ (جلد اول). نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران. ۱۲۸ صفحه.

۲. علی احیایی، مریم و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه شماره ۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران. ۱۲۹ صفحه.

3. Annenkov, B.N. 1982. Mineral Feeding of Pigs. p. 355-389. In: Mineral Nutrition of Animals, (Eds.): V.I. Georgievskii, B.N. Annenkov and V.I. Samokhin. Butterworths, London,
4. Baker, A.J.M., S.P. McGrath., C.M.D. Sidoli., and R.D. Reeves. 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. Resour.Conserv. Recy. 11: 41–49.
5. Cui, S., Q. Zhou., and L. Chao.2007. Potential hyper-accumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in endurant plants distributed in an old smeltery, northeast China. Environmental Geology, 51: 1043-1048.

6. Chunilall, V., A. Kindness., and S.B. Jonnalagadda. 2005. Heavy metal uptake by two edible Amaranthus herbs grown on soils contaminated with Lead, Mercury, Cadmium and Nickel. Journal of Environmental Science and Health, 40: 375-384.
7. Ghosh, M., and S.P. Singh. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. Applied Ecology and Environmental Research, 3: 1-18. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 1984. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL7 CRC Press.
8. Gove, B., J.J. Hutchinson., S.D.Young., J.Craigon., and S.P. McGrath. 2002. Uptake of metals by plants sharing a rhizosphere with the hyperaccumulator Thlaspi caerulescens. Int. J. Phytoremediation 4: 267–281.
9. Jungk, A.O. 1996. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. p. 529–556 In: Plant Roots—The Hidden Half, 2nd ed.
10. Malik, R.N., S.Z. Husain., and I. Nazir. 2010. Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. Pak. J. Bot., 42(1): 291-301.
11. Marschner, H., and V. R¨omheld, 1996. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In: *Plant Roots—The Hidden Half*, 2nd ed., pp. 557–579 (Waisel, Y., Eshel, A.and Kafkafi, U., eds.), Marcel Dekker Inc., New York.
12. McGrath, S.P., E. Lombi., C.W. Gray., N. Caille., S.J. Dunham., and F.J. Zhao. 2006. Field evaluation of Cd and Zn phytoextraction potential by the hyperaccumulators *Thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri*. *Environ. Pollut.* 141: 115–125.
13. McGrath, S.P., C.M.D. Sidoli., A.J.M. Baker., and R.D. Reeves. 1993. The potential for the use of metal-accumulating plants for the in situ decontamination of metal-polluted soils. In: *Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for Proper Protection*, pp. 673–676 (Eijsackers, H.J.P. and Hamers, T., eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Meers, E., Lamsal, S., Vervaeke, P., Hopgood,
14. Sanit`a di Toppi, L., and R. Gabbrielli. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environ. Exp.Bot.* 41: 105–130.
15. Sterckeman, T., L. Duqu`ene., J. Perriguey., , and J.L. Morel. 2005. Quantifying the effect of rhizosphere processes on the availability of soil cadmium and zinc. *Plant Soil.* 276: 335–345.
16. Tlusto˘s, P., J. Sz´akov´a., J. Hrub´y, I. Hartman., J. Najmanov´a., J.Ned˘eln´ık., D. Pavl´ıkov´a., and M. Batysta. 2006. Removal of As, Cd, Pb, and Zn from contaminated soilby high biomass producing plants. *Plant Soil Environ.* 52: 413–423.
17. Whiting, S.N., J.R. Leake., S.P. McGrath., and A.J.M. Baker. 2001. Assessment of Zn mobilization in the rhizosphere of *Thlaspi caerulescens* by bioassay with non-accumulator plants and soil extraction. *Plant Soil* 237, 147–156.
18. Wu, Q.T., Z.B. Wei., and Y.Ouyang. 2007. Phytoextraction of metal-contaminated soil by *Sedum alfredii* H: Effects of chelator and co-planting. *Water Air Soil Pollut.* 180, 131–139.
19. Zu, Y.Q., Y. Li., S. Christian., L. Laurent ., and F. Lin. 2004. Accumulation of Pb, Cd, Cu and Zn in plants and hyperaccumulator choice in Lanping lead-zinc mine area, China. Environmental International, 30: 567-576.