نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر کود آلی مایع بر رشد و جذب عناصر پرمصرف و کادمیم توسط اسفناج در یک خاک آلوده به کادمیم (*Spinacea oleracea* L.)

*مریم قربانی[۱]، نجفعلی کریمیان[۲] و مهدی زارعی[۳]
[۱]مربی گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه زابل، [۲]استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه شیراز،
[۳]دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه شیراز
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: مطالعه فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن و آثار زیان‌بار فیزیولوژیک بر جانداران حتی در غلظت‌های کم، اهمیتی ویژه دارند. کادمیم از جمله فلزات سنگینی است که از منابع و مصارف گوناگون به آب، خاک، گیاه و در نهایت زنجیره غذایی انسان و حیوانات راه می‌یابد و خسارت‌هایی جدی به بار می‌آورد. این عوامل باعث گرایش بیش‌تر به‌سمت مصرف کودهای غیرشیمیایی برای تأمین نیاز غذایی گیاهان شده است. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاکزی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند، که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به‌کار می‌روند. از جمله کودهای زیستی می‌توان ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش و چای حاصل از آن را نام برد. به مواد مترشحه از بستر و بدن کرم خاکی ورمی‌واش می‌گویند، که منبع غنی از ویتامین‌ها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها، عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد و به رشد مؤثر گیاهان کمک می‌کند. از ورمی‌واش می‌توان به‌صورت اسپری برگی در کشاورزی استفاده نمود. این پژوهش با هدف بررسی اثر کود آلی مایع (ورمی‌واش) بر رشد گیاه اسفناج و غلظت کادمیم و عناصر پرمصرف توسط آن در یک خاک آلوده شده به کادمیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی، با دو فاکتور ورمی‌واش در ٤ سطح (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم خاک) و کادمیم نیز در ٤ سطح (۵، ۱۰، ۲۰ و ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و با سه تکرار در گلخانه اجرا گردید. قبل از کشت ویژگی‌های خاک و ورمی‌واش مورد استفاده با روش‌های استاندارد آنالیز گردید. گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea L.var. inermis*) در گلدان‌ها کشت شد. بعد از هشت هفته از کاشت گیاه وزن تر، وزن خشک، و غلظت و جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عنصر کادمیم در اندام هوایی گیاه اسفناج اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ورمی‌واش نقش مؤثری در بهبود رشد و عملکرد اسفناج دارد. کم‌ترین وزن خشک اسفناج در سطح شاهد (بدون مصرف ورمی‌واش) و ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم و بیش‌ترین آن در ۵۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم

* مسئول مکاتبه: maryamghorbani@uoz.ac.ir

ورمی‌واش و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم مشاهده شد. غلظت و جذب نیتروژن و فسفر با افزایش ورمی‌واش در تمامی غلظت‌های کادمیوم افزایش نشان داد. ورمی‌واش بر غلظت کادمیم و پتاسیم در گیاه اثر معنی‌دار نداشت.
نتیجه‌گیری: در خاک آلوده به کادمیم، کاربرد ورمی‌واش سبب افزایش عملکرد و جذب عناصر پرمصرف در اسفناج شد. ورمی‌واش حاوی عناصر غذایی به فرم قابل دسترس گیاه است. بنابراین ورمی‌واش می‌تواند به‌عنوان کود جهت رشد گیاه استفاده شود. بررسی‌های بیش‌تر در شرایط مزرعه مفید خواهد بود و توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، فسفر، کادمیم، نیتروژن

مقدمه

یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی، آلوده شدن خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین است. متأسفانه به‌دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه‌های مختلف، مقدار ورود این فلزات به خاک رو به افزایش است (۲). از بین عناصر سنگین، کادمیم به‌دلیل تحرک و زیست‌فراهمی زیاد در خاک و سمیت آن حتی در غلظت‌های پایین اهمیت بیش‌تری دارد (۵). کودهای فسفاته و لجن فاضلاب از مهم‌ترین منابع ورود کادمیم به خاک‌ها به‌شمار می‌روند (۱۹).

کاباتاپندیاس و پندیاس (۲۰۰۱) بیان نمودند که سمیت کادمیم در گیاه باعث اختلال در سوخت‌وساز عناصر کم‌مصرف، اختلال در فعالیت‌هایی مانند فتوسنتز، تثبیت دی‌اکسیدکربن، تعرق و نیز تغییر نفوذپذیری غشای سلولی می‌شود. از طرف دیگر، اثر کادمیم بر رشد و ویژگی‌های رشد گیاه به‌عنوان شاخصی برای سمیت آن مطرح می‌باشد و همچنین سمیت این عنصر مربوط به برهمکنش آن با عناصر غذایی و ایجاد اختلال در جذب آن‌ها به‌وسیله گیاهان می‌باشد (٤۰).

نیتروژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف گیاه است. کادمیم به‌دلیل آسیب زدن به جمعیت میکروبی خاک و اختلال در فرایند معدنی‌شدن نیتروژن می‌تواند آثار منفی بر جذب نیتروژن در گیاه داشته باشد (٦ و ۸).

فسفر نیز یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه بوده و نقش مهمی در ساختمان مولکول‌های زیستی و انتقال انرژی ایفا می‌کند و در گروه عناصر پرمصرف طبقه‌بندی می‌شود و در اغلب گیاهان در غلظتی بین ۰/۱ تا ۰/٤ درصد وجود دارد (۷ و ١٦). برهمکنش فسفر و کادمیم در نتیجه تأثیری است که فسفر بر جذب کادمیم به‌وسیله گیاه دارد و این تأثیر به هر دو صورت افزایش و کاهش جذب گزارش شده است، این واکنش در منطقه ریشه گیاهان رخ داده و در گیاهان مختلف متفاوت است. به‌نظر می‌رسد که برهمکنش بین کادمیم و فسفر مشابه رابطه‌ای باشد که بین فسفر و روی وجود دارد (۱۹). پتاسیم به‌صورت کاتیون و به مقدار زیاد و به‌طور سریع توسط گیاه جذب شده و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که برهمکنش پتاسیم و کادمیوم می‌تواند در خاک و گیاه روی دهد (۳۲). پتاسیم در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه نه تنها از نظر مقدار موجود در بافت‌های گیاهی بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و شیمیایی و فعال کردن آنزیم‌های گیاهی، مهم‌ترین کاتیون می‌باشد (۳۲). هزینه بالای کودهای شیمیایی مورد استفاده در بخش کشاورزی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از استفاده آن‌ها لزوم تجدیدنظر در روش‌های تغذیه گیاهان را آشکار می‌سازد. در این میان استفاده از کودهای زیستی در راستای کشاورزی پایدار یکی از راه‌های اساسی و مفید به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر،

خطرات و مشکلات ناشی از فلزات سنگین موجود در کودها و دیگر موادی که به خاک اضافه می‌شوند، توجه کشاورزان، سازمان‌های مرتبط با محیط زیست، مصرف‌کنندگان و سیاست‌گذاران اجتماعی را روز به روز بیش‌تر به‌سمت خود جلب کرده است. از انواع کودهای آلی و زیستی می‌توان ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش و شیرابه کمپوست را نام برد. ورمی‌کمپوست یک کود زیستی آلی و شامل یک مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد، که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌گردد (۳۹).

کود آلی مایع ورمی‌واش را عصاره ورمی‌کمپوست نیز می‌نامند که حاوی پروتئاز، آمیلاز، اوره‌از، فسفاتاز و باکتری‌های محرک رشد مانند ازتو باکتر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات است (۳۹).

به‌طورکلی دو نوع کود آلی مایع حاصل از ورمی‌کمپوست وجود دارد: نوع اول از ورمی‌کمپوست تولید می‌شود و نوع دوم کود مایع حاصل از شستشوی کرم‌های حاضر در بستر ورمی‌کمپوست و حاوی مواد محرک رشد و آنتی‌بیوتیک‌های تولیدشده از ریزجانداران درون روده آن‌هاست. پیشینه پژوهش نشان می‌دهد لوبیا در محیط غنی‌شده با ورمی‌واش رشد فزاینده‌ای نسبت به محیط غنی‌نشده با ورمی‌واش دارد (۳۹).

ورمی‌واش حاصل از ورمی‌کمپوست بالغ و نابالغ عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیر DTPA بیش‌ترین تأثیر را در عملکرد، وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه گندم داشت (۲۸). ورمی‌واش تهیه شده در بسترهای متفاوت کود حیوانات (اسب و گاو) و زباله‌های آشپزخانه می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی رشد برنج، ذرت و ارزن را افزایش دهد (۱۲). نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول و بسیاری از عناصر غذایی کم‌مصرف از عناصر اصلی ورمی‌واش هستند (۳٤). کود ورمی‌واش حاوی هورمون‌های محرک رشد بوده و می‌تواند مقاومت گیاهان را نیز افزایش دهد (۲۱). ریشه اصلی اسفناج عمیق است و می‌تواند تا عمق ۱٤۰ سانتی‌متری در خاک نفوذ کند.

اسفناج محصول نواحی نسبتاً سرد است و در آب و هوای خنک بهتر رشد می‌کند. به‌طورکلی اسفناج در مجاورت تابش زیاد آفتاب، دمای متوسط و هوای مرطوب، بهترین نتیجه را می‌دهد و در مجاورت گرمای زیاد به سرعت رشد می‌کند، ولی به زودی هم به گل و بذر می‌نشیند و در نتیجه مقدار محصول کاهش خواهد یافت. خاک‌های خیلی سبک و خیلی سنگین برای رشد و نمو گیاه اسفناج مناسب نیستند و بهترین خاک برای اسفناج حد واسط آن دو و اراضی مرطوب و حاصلخیز است (۲۹).

اسفناج سبزی با مقدار بالای آهن می‌باشد و دارای خواص دارویی از جمله در درمان سرطان است. این سبزی به‌طور گسترده در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به آلوده شدن خاک‌ها به فلزات سنگین، بنابراین لازم است جذب این عناصر توسط آن بررسی گردد. اثرات مثبت کود ورمی‌واش بر روی عملکرد گیاهان در خاک‌های غیرآلوده به فلزات سنگین توسط پژوهشگران گزارش شده است. اما اثرات آن در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین کم‌تر مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در واقع هدف از این پژوهش پاسخ به این سوال است که آیا کاربرد کود آلی مایع (ورمی‌واش) در خاک‌های کشاورزی آلوده به کادمیم می‌تواند اثرات زیانبار کادمیم بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف کاهش دهد. با عنایت به آن‌چه گفته شد و با توجه به این‌که در زمینه استفاده از ورمی‌واش بر خلاف

ورمی‌کمپوست، کارهای کمی صورت گرفته است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کود ورمی‌واش بر رشد اسفناج و غلظت کادمیم و عناصر پرمصرف در یک خاک آلوده به کادمیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش، مقدار کافی خاک از افق سطحی و از سری چیتگر (واقع در ۹ کیلومتری جنوب‌شرقی روستای نظرآباد شهرستان سروستان استان فارس) با نام علمی (Fine-loamy carbonatic, Typic Calcixerepts) نمونه‌برداری شد. پس از خشک کردن خاک در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید.

از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۰)، ماده آلی به روش اکسایش با اسیدکرومیک و سپس تیتره کردن با فرو آمونیوم سولفات (۲٦) پ‌هاش خاک در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (۳٦)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۳۰)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۳)، کربنات‌کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی به‌وسیله اسیدکلریدریک (۲٤)، فسفر قابل‌استفاده به‌وسیله عصاره‌گیری با کربنات‌سدیم به روش اولسن (۲۷) و غلظت آهن، منگنز، مس، روی و کادمیم عصاره‌گیری‌شده با DTPA (۲۳) به‌وسیله دستگاه جذب اتمی شیماتزو AA-670 اشاره کرد (جدول ۱).

برای تولید کود آلی مایع به روش خمامی (۲۰۰۵) عمل شد (۲۲). بدین‌ترتیب که بشکه‌های پلاستیکی ٦۰ لیتری از پایین به بالا با لایه‌هایی از سنگریزه به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر، شن درشت به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و سه کیلوگرم کود گاوی پیش کمپوست شده تقریباً به ارتفاع ٤۰ سانتی‌متر به‌عنوان بستر قرار داده شد. به‌ازای هر کیلوگرم بستر، تعداد ۵ کرم خاکی بالغ ایسنا فتیدا[1] اضافه گردید. کرم‌های خاکی از مزرعه ورمی‌کمپوست دانشکده کشاورزی تهیه شد. پوشش حصیری برای ایجاد سایه روی بستر فعالیت کرم‌های خاکی قرار داده شد. در هر نوبت آبدهی مقدار مناسب آب در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد وزنی به بستر اضافه گردید و شیرابه‌های اضافی بستر به‌وسیله شیر تعبیه شده در زیر بشکه‌ها خارج شد. آزمایش در گلخانه با دمای ۲۵-۲۰ درجه سیلسیوس و ۱٦ ساعت دوره روشنایی انجام گرفت. بعد از گذشت ٤۰ روز از شروع آزمایش، ورمی‌واش در یک دوره بیست روزه به‌وسیله شیر تعبیه شده در زیر بشکه‌ها جمع‌آوری گردید. سپس ویژگی‌های ورمی‌واش تهیه شده با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی بدون رقیق کردن، نیتروژن و ماده آلی مشابه با روش‌های توصیه‌شده برای خاک، فسفر به روش زرد (٤)، روی، مس، آهن، منگنز، کادمیم به روش خشک سوزانی، حل خاکستر در اسیدکلریدریک دو مولار و در نهایت اندازه‌گیری توسط دستگاه جذب اتمی (٤) شیماتزو AA-670 انجام شد.

آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با دو فاکتور کادمیم در چهار سطح (۵، ۱۰، ۲۰، ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) (۲۰) و ورمی‌واش در چهار سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم خاک) و در سه تکرار اجرا شد. در ابتدا نمونه‌های سه کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و تیمارها (کادمیم و ورمی‌واش) و نیز عناصر غذایی مورد نیاز (براساس آزمون خاک) که نیتروژن شامل ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منبع اوره در دو مرحله یک بار قبل از

1- *Eisenia foetida*

کشت و مرحله دیگر در اواسط کشت و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر از منبع $CaH_4(PO_4)_2.H_2O$ به خاک افزوده شد.

پس از خشک شدن، خاک درون کیسه کاملاً مخلوط و به گلدان‌های ۳ کیلوگرمی انتقال داده شد. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea L.var. inermis*) داخل خاک در عمق ۱/۵ سانتی‌متری کاشته شده و بعد از جوانه‌زنی و استقرار گیاهان تعداد آن‌ها به ٤ بوته، که به‌طور یکنواخت در سطح گلدان قرار گرفته بود، کاهش داده شد.

رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد با آب مقطر در حدود ظرفیت مزرعه نگهداری شد (به روش وزن کردن روزانه). پس از هشت هفته اندام‌های هوایی اسفناج از محل طوقه قطع شدند. نمونه‌های گیاهی با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشو داده و سپس گیاه از طریق اکسیداسیون تر هضم گردید و سپس غلظت پتاسیم با استفاده از فلیم‌فتومتری سنجیده شد (۱۳). نیتروژن نمونه‌های گیاهی با روش کلدال (۳) و فسفر نمونه‌های گیاهی نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (WAP) اندازه‌گیری شد (٤).

مقدار جذب عناصر نیز از حاصلضرب غلظت عناصر در ماده خشک گیاه محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد انجام شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر وزن خشک اندام هوایی، در سطح یک درصد و بر غلظت نیتروژن و فسفر در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). همچنین اثر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر جذب نیتروژن، فسفر و کادمیم در سطح پنج درصد و بر جذب پتاسیم در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ٤).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1. Physical and chemical properties of studied soil.

بافت خاک Texture	پ‌هاش pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	نیتروژن N	فسفر P	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu
		($dS\ m^{-1}$)	(٪)		($mg\ kg^{-1}$)				
Loam	7.8	0.6	0.78	0.07	3.81	0.71	4.31	4.30	1.5

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌واش مورد استفاده.

Table 2. Chemical properties of studied vermiwash.

پ‌هاش pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	ماده آلی OM	نیتروژن کل N	پتاسیم کل K	فسفر کل P	روی کل Zn	آهن کل Fe	منگنز کل Mn	مس کل Cu
	($dS\ m^{-1}$)	(٪)		($mg\ l^{-1}$)					
7.4	4.24	3	0.12	1450	6732	54.2	143.74	27.8	35.6

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر ورمی‌واش و کادمیم بر عملکرد، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کادمیم در اندام هوایی اسفناج.

Table 3. Analysis of variance for effect of vermiwash and cadmium on yield, concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in spinach shoots.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات				
		عملکرد وزن خشک Dry weight yield	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کادمیم Cadmium
کادمیم Cadmium (Cd)	3	15.61**	0.415**	4.53**	139.18^{ns}	4537.11**
ورمی‌واش Vermiwash (V)	3	1200.41**	2.03**	355.90**	1178.07**	65.73^{ns}
کادمیم * ورمی‌واش Cd * V	9	4.37**	0.13*	1.08*	88.03^{ns}	119.22^{ns}
خطا Error	32	1.70	0.055	0.46	79.41	141.04
ضریب تغییرات CV	--	10.23	10.31	8.84	13.42	24.99

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, ** indicated: non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر ورمی‌واش و کادمیم بر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کادمیم در اندام هوایی اسفناج.

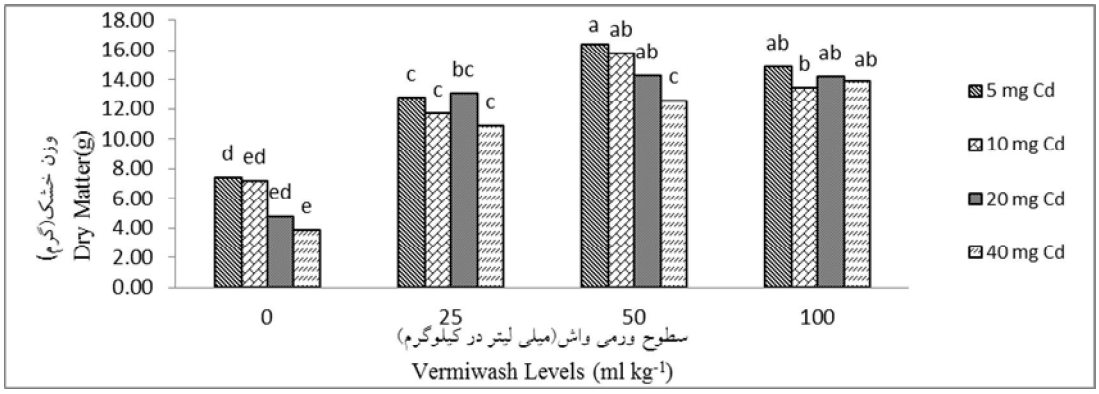
Table 4. Analysis of variance for effect of vermiwash and cadmium on uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in spinach shoots.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات			
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کادمیم Cadmium
کادمیم Cadmium (Cd)	3	4807.80**	1116.90**	2544.30^{ns}	0.91**
ورمی‌واش Vermiwash (V)	3	153294.21**	30406.01*	6526.46**	0.40**
کادمیم * ورمی‌واش Cd * V	9	2952.53*	751.11*	4756.45**	0.03*
خطا Error	32	155.28	159.47	166.80	0.030
ضریب تغییرات CV	--	17.40	17.17	19.41	21.17

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, ** indicated: non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد پایین‌ترین وزن خشک در سطح صفر ورمی‌واش و زمانی که ٤٠ میلی‌گرم کادمیم به‌ازای هر کیلوگرم از خاک استفاده شد، دیده شد (شکل ١). کادمیم می‌تواند بر جذب عناصر غذایی در گیاه اثر منفی داشته باشد. جذب و سوخت‌وساز عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و فسفر در گیاهان تحت‌تأثیر شرایط تنش‌زا مانند کمبود آب، شوری و سمیت فلزات سنگین کاهش می‌یابد (١٨) که در نتیجه، وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد. در شرایط بدون کاربرد کادمیم، با افزایش ورمی‌واش تا سطح ٥٠ میلی‌لیتر در کیلوگرم خاک وزن خشک گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در حالی‌که وزن خشک گیاه در سطوح ١٠٠ و ٥٠ میلی‌لیتر ورمی‌واش اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در سطح ٤٠ میلی‌گرم کادمیم به‌ازای هر کیلوگرم، با افزایش سطح ورمی‌واش، وزن خشک گیاه نیز افزایش معنی‌دار داشت (شکل ١).

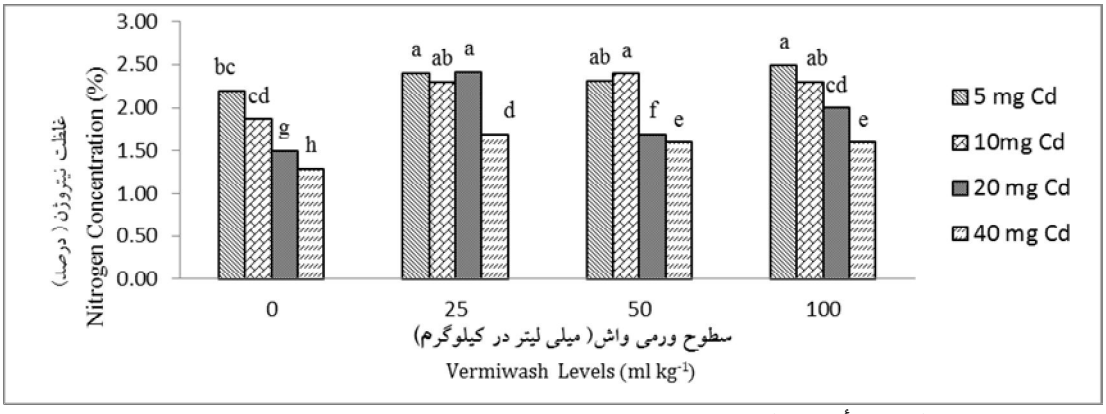


شکل ١- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی (گرم به‌ازای هر گلدان) اسفناج.

Figure 1. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot dry matter yield of spinach.

بنابراین افزودن ورمی‌واش تا سطح ٥٠ میلی‌گرم به خاک می‌تواند اثرات منفی کادمیم بر وزن خشک را کاهش دهد. نتایج پژوهش‌های سانتاش و همکاران (٢٠١٣) نشان داد عملکرد دانه ذرت در اثر کاربرد ورمی‌واش ١١/٢ درصد نسبت به سطح شاهد افزایش معنی‌دار یافت (٣١). نتایج یک پژوهش در استفاده از سطوح متفاوت ورمی‌واش نشان داد در تیمار ١٥ درصد ورمی‌واش، وزن خشک سبزیجات و غلات به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (٢١). داس و همکاران (١٩٩٧) گزارش دادند سطوح بالاتر از ١٠ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک سبب کاهش معنی‌دار ماده خشک گیاه شد، زیرا کادمیم بر تقسیم و رشد سلول‌ها، رشد کلی گیاه، تقسیم سلولی منطقه مریستمی و تنظیم رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد، چرا که این فلز سنگین با ممانعت از بیوسنتز کلروفیل و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در تثبیت CO_2، در متابولیسم کلروپلاست اختلال ایجاد می‌کند (٥). گزارش شده است، که رشد و عملکرد برنج در اثر کاربرد ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست افزایش می‌یابد (٣٥). پژوهشگران بیان کردند، اگرچه میزان عناصر غذایی معدنی در ورمی‌واش قابل‌توجه می‌باشد، اما نمی‌تواند دلیل اصلی افزایش رشد باشد. به‌نظر می‌رسد وجود ریزجانداران و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند هورمون‌ها، اسیدهای هومیک، اسیدهای فولویک سازوکار محتمل‌تری برای افزایش رشد گیاه باشد (٩). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است

که کم‌ترین غلظت نیتروژن (۱/۳ درصد) در تیمار عدم کاربرد ورمی‌واش و سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک حاصل شد که ۷۰ درصد نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک کاهش نشان داد که این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار است (شکل ۲).

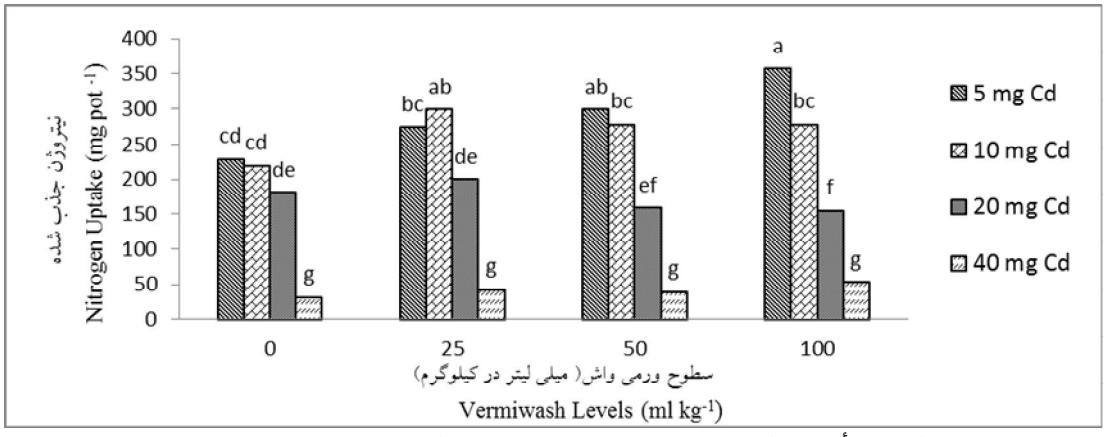


شکل ۲- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر غلظت نیتروژن اندام هوایی اسفناج.

Figure 2. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot N concentration of spinach.

جذب و سوخت‌وساز عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و فسفر در گیاهان تحت‌تأثیر شرایط تنش‌زا مانند کمبود آب، شوری و سمیت فلزات سنگین کاهش می‌یابد (۷ و ۳۳). هرناندز و همکاران (۱۹۹۷) کاهش غلظت و جذب نیترات در شاخساره نخودفرنگی آلوده به کادمیم را به کاهش فعالیت نیترات ریداکتاز در شاخساره گیاه نسبت دادند (۱۷). حسن‌دار و میشرا (۱۹۹٤) نشان دادند که افزودن ۲۵ تا ۵۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک سبب کاهش معدنی‌شدن نیتروژن آلی و زیست‌توده میکروبی در خاک شد (۱۵). با افزایش سطح ورمی‌واش غلظت نیتروژن افزایش معنی‌دار یافت (شکل ۲)، به‌طوری‌که غلظت نیتروژن در تیمار ۲۵ میلی‌لیتر ورمی‌واش و در سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم نسبت به تیمار صفر ورمی‌واش و همان سطح مذکور ۳۰ درصد افزایش معنی‌دار نشان داده است (شکل ۲). خمامی (۲۰۰۵) نشان داد محلول‌پاشی با ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول بیولوژیک ورمی‌واش به‌طور معنی‌داری غلظت نیتروژن را در گیاه آگلونما نسبت به شاهد افزایش داد (۲۲). میزان جذب نیتروژن، در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک هر یک از تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در تیمار صفر ورمی‌واش به‌ترتیب ۲۰، ۳۱ و ٥٦ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند (شکل ۳)، که این خود گویای آن است که ورمی‌واش توانسته میزان جذب را افزایش دهد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که مواد اصلاح‌کننده‌ای که از کرم خاکی دفع می‌شود، وزن خشک و میزان نیتروژن جذب‌شده در گیاه را افزایش می‌دهد (۳۷ و ٤۱). پژوهشگران نشان دادند که در مقایسه ترکیب ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش، غلظت نیتروژن و پتاسیم در ترکیب ورمی‌کمپوست به‌ترتیب به‌میزان ۵۷ و ۸۰ درصد بیش‌تر از ترکیب ورمی‌واش و غلظت فسفر در ورمی‌واش به‌میزان ۸٤ درصد بیش‌تر از ترکیب ورمی‌کمپوست بود (۲۵). مطابق شکل ٤ در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش در کیلوگرم خاک، غلظت

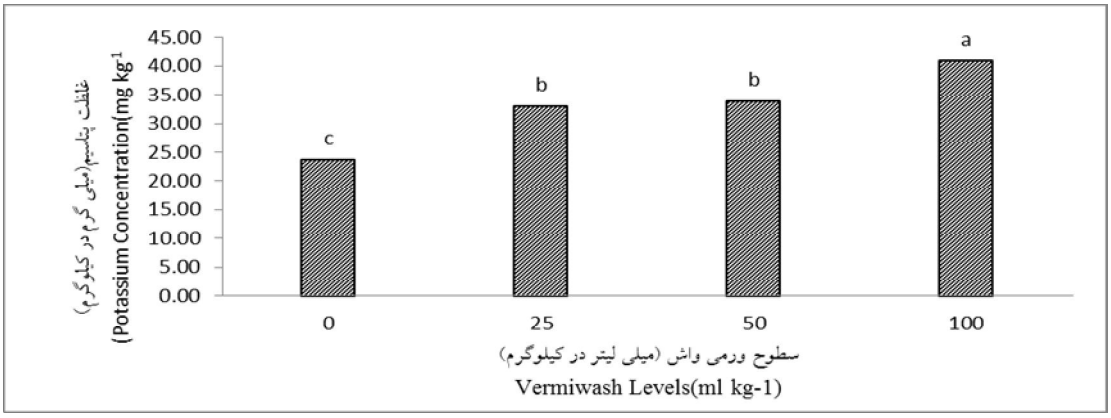
پتاسیم نسبت به سطح شاهد (بدون مصرف کود) ۷۰ درصد افزایش معنی‌دار یافت (شکل ٤)، البته غلظت پتاسیم در هر یک از سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش نسبت به سطح شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. نتایج کار پژوهشگران نشان داد که کادمیم غلظت پتاسیم، روی و منگنز در ریشه و اندام هوایی گندم را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱۹). یانگ و همکاران (۲۰۰٤) اثر منفی کادمیم بر پتاسیم، کلسیم، آهن و مس در کلم تلخ (خوراک دام)، ذرت و شبدر سفید گزارش کردند (۳۸). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که کم‌ترین جذب پتاسیم (٤۸/۷ میلی‌گرم در گلدان)، در سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم و در تیمار ۲۵ میلی‌لیتر ورمی‌واش مشاهده شد که البته این میزان جذب پتاسیم با میزان پتاسیم جذب‌شده در سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم هر یک از تیمارهای صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵).



شکل ۳- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر جذب نیتروژن اندام هوایی اسفناج.

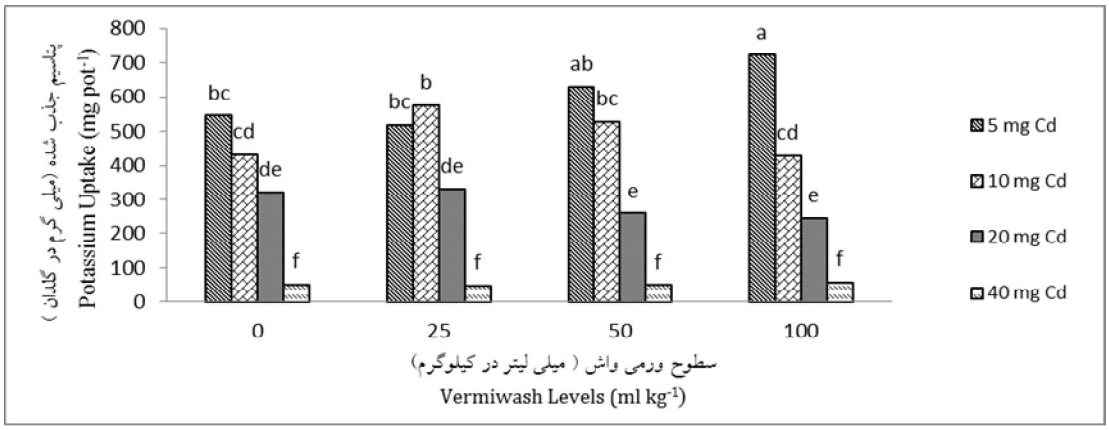
Figure 3. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot N Uptake of spinach.

بیش‌ترین میزان جذب پتاسیم (۷۲۳ میلی‌گرم در گلدان) در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم و در تیمار ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش حاصل شد که نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در تیمار صفر میلی‌لیتر ورمی‌واش ۳۳ درصد افزایش معنی‌دار نشان داد (شکل ۵). کم‌ترین غلظت فسفر در تیمار عدم کاربرد ورمی‌واش و در تمام سطوح کادمیم حاصل شد و با افزایش در سطح ورمی‌واش، غلظت فسفر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ٦). بیش‌ترین غلظت فسفر در تیمار ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش و در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم مشاهده شد که ٤/۷ برابر غلظت فسفر در تیمار عدم کاربرد ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم می‌باشد (شکل ٦). غلظت فسفر در سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم هر یک از تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش به‌ترتیب ۳/۲، ٤/٦ و ۵/۵ برابر غلظت فسفر در همین سطح از کادمیوم اما بدون کاربرد ورمی‌واش می‌باشد. این افزایش در غلظت فسفر از لحاظ آماری معنی‌دار است (شکل ٦).



شکل ٤- تأثیر سطوح متفاوت کادمیم بر غلظت پتاسیم اندام هوایی اسفناج.

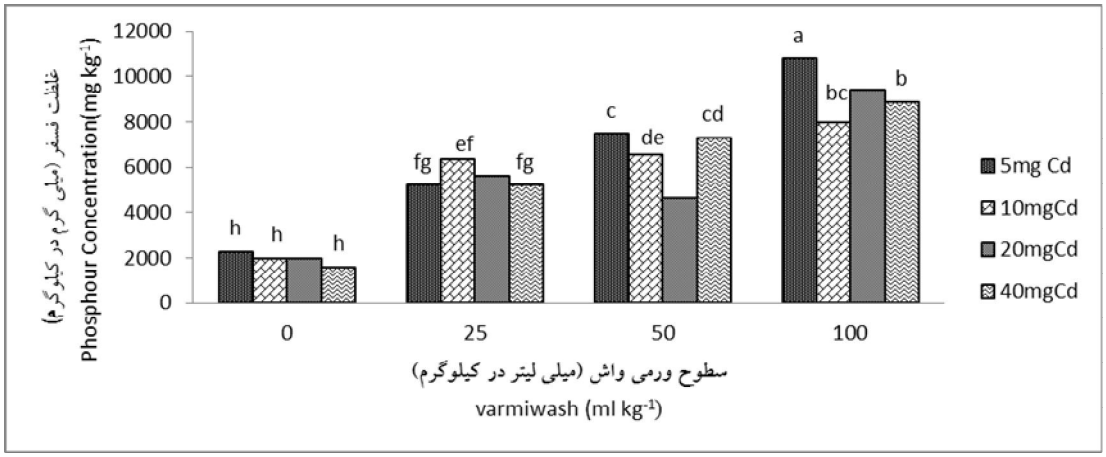
Figure 4. The effect of cadmium levels on K concentration in spinach shoots.



شکل ٥- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر جذب پتاسیم اندام هوایی اسفناج.

Figure 5. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot K uptake of spinach.

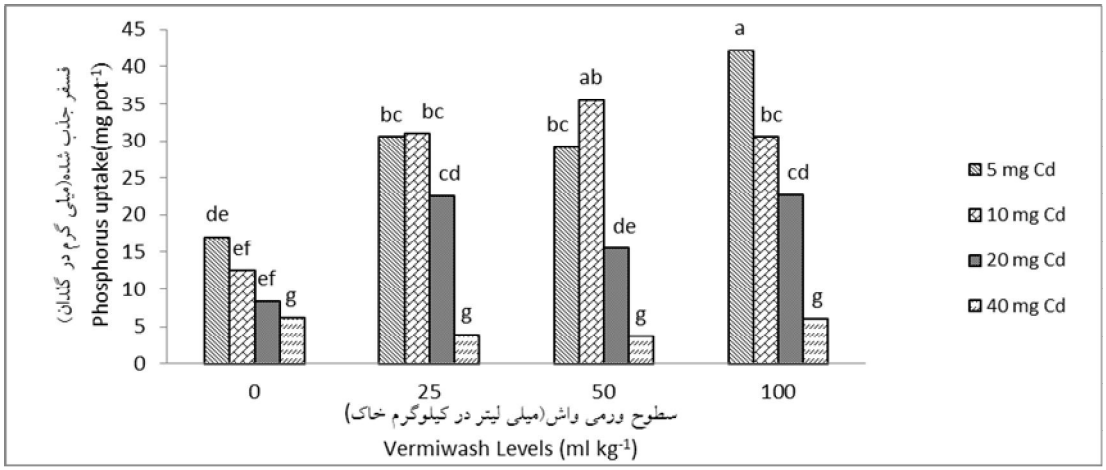
دلایل کاهش غلظت فسفر در بافت‌های گیاه با حضور کادمیم در محیط ریشه را می‌توان به تشکیل فسفات کادمیم در خاک و یا در بافت‌های گیاه مخصوصاً ریشه‌ها نسبت داد، که از حلالیت کمی برخوردار است. سمیت کادمیم ممکن است باعث کمبود فسفر یا بروز مشکلات مربوط به انتقال فسفر در گیاه شود (١٤) خمامی (۲۰۰۵) نشان داد محلول‌پاشی ورمی‌واش به‌طور معنی‌داری غلظت فسفر را در گیاه آگلونما نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (۲۲). در تیمار ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش، میزان جذب فسفر در سطح ٤۰ میلی‌گرم کادمیم نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم ۷ برابر کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل ۷). با افزودن ورمی‌واش جذب فسفر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین جذب فسفر در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم ورمی‌واش (٤۲/٦ میلی‌گرم در گلدان) و در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم مشاهده شد که ۲/۵ برابر جذب فسفر در تیمار صفر ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم بود (شکل ۷). جذب فسفر به‌صورت فعال صورت می‌گیرد، کادمیم با تأثیر منفی بر روی تولید ATP که انرژی مورد نیاز برای جذب فعال فسفر را فراهم می‌کند، باعث کاهش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود (۱). رحمت‌پور و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند کاربرد ورمی‌واش تأثیر معنی‌داری بر جذب فسفر در دانه گندم نداشت (۲۸).



شکل ٦- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر غلظت فسفر اندام هوایی اسفناج.

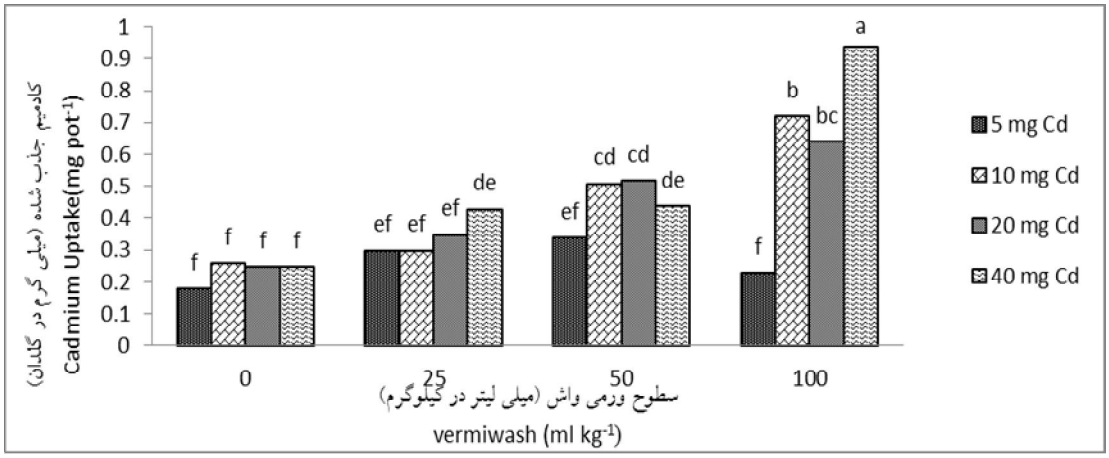
Figure 6. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot P concentration of spinach.

تأثیر متقابل ورمی‌واش و کادمیم بر غلظت کادمیم معنی‌دار نبود ولی برعکس بر جذب کادمیم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). بنابراین افزودن کود زیستی ورمی‌واش به خاک آلوده به کادمیم تأثیری در افزایش غلظت کادمیم در گیاه ندارد ولی باعث افزایش غلظت عناصر پرمصرف در اسفناج می‌شود. بیش‌ترین جذب کادمیم در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش و سطح ٤٠ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک حاصل شد که ۳/۷ برابر افزایش معنی‌دار نشان داد که به سبب افزایش در وزن خشک اسفناج می‌باشد (شکل ۸). قربانی و کریمیان (۱۳۹۵) نشان دادند که افزودن ورمی‌واش در خاک آلوده به کادمیم سبب افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در اسفناج رقم اورینتال پراید گردید (۱۱).



شکل ۷- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر جذب فسفر اندام هوایی اسفناج.

Figure 7. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot P Uptake of spinach.



شکل ۸- تأثیر برهمکنش سطوح ورمی‌واش و کادمیم بر جذب کادمیم اندام هوایی اسفناج.

Figure 8. The interaction effect of vermiwash and cadmium levels on shoot Cd Uptake of spinach.

نتیجه‌گیری

کود مایع آلی ورمی‌واش حاوی عناصر غذایی به فرم قابل دسترس و عوامل مختلف محرک رشد گیاه است که بر رشد گیاه اثر می‌گذارد. در این پژوهش، با توجه به این‌که کاربرد این کود در سطوح بالای کادمیوم، وزن خشک و جذب کادمیوم را افزایش داده است. بنابراین در مطالعات استفاده از گیاه اسفناج به‌عنوان سبزی خوراکی در حضور فلزات سنگین و کود ورمی‌واش، باید به حد مجاز این عنصر در گیاه با توجه به جداول استاندارد، توجه شود. در صورت مناسب نبودن برای استفاده غذایی، با توجه به ایمن بودن کود مذکور از لحاظ زیست‌محیطی، می‌توان در اهداف گیاه‌پالایی خصوصاً برای خاک‌های با آلودگی کم کادمیم استفاده نمود.

منابع

1.Akay, A., and Nourkan, K. 2007. Interaction between cadmium and zinc in barley grow under field conditions. Bangladesh J. Bot. 36: 13-19.
2.Bohert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G. 1999. Adaptation to environmetal stresses. Plant Cell. 7: 1099-1111.
3.Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. P 1085-1122, In: D.L. Sparks (Ed.), Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
4.Chapman, H.D., and Pratt, D.F. 1961. Methods of Analysis for soils, plants and water. Univ. California, Division of Agricultural Sciwnce, Pp: 60-68.
5.Das, P., Samantaray, S., and Rout, G.R. 1997. Root studies on cadmium toxicity in plants: A review. Environmental Pollution. 98: 29-36.
6.Dayani, L., and Reisi, F. 2006. Effect of cadmium different levels on nitrogen available in Pasture soil. Collection of Articles soil Conference. Environmental and Sustainable Development, Pp: 111-112. (In Persian)
7.Dubey, R.S., and Sharma, K.N. 1989. Acid and alkaline phosphatase in rice seedlings growing under salinity stress. Ind. J. Plant Physiol. 32: 217-233.
8.Dusek, L. 1995. The effect of cadmium on the activity of nitrifying populations in two different grassland soils. Plant Soil. 177: 45-53.

9.EdwardS, C.A., Arancon, N.Q., and Scott, G. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. Biocycle, Pp: 28-29.
10.Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, hydrometer method. P 383-411, In: J.W. Bauder (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and ineralogical methods. Soil science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
11.Ghorbani, M., and karimian, N. 2016. Effect of vermiwash on growth, cadmium and microelements concentration of spinach in a loamy cadmium contaminated soil. J. Soil Appl. Res. 4: 1. 91-102.
12.Gorakh, N., and Keshav, S. 2012. Effect of Vermiwash of different Vermicomposts on the kharif crops. J. Centr. Europ. Agric. 13: 2. 379-402.
13.Gupta, P.K. 2000. Soil plant water and fertilizer Analysiser 1. Agro Botanical pub India. Pp: 36-43.
14.Haghiri, F. 1974. Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc and soil temperature. J. Environ. Qual. 3: 180-183.
15.Hassan Dar, G., and Mishra, M.M. 1994. Influence of cadmium on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludge amended soils. Environmental Pollution. 84: 285-290.
16.Havlin, J.L., Beaton, J.D., and Nelson, W.L. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Ed., Pearson Education Inc, Upper Saddle River, New Jersey, 528p.
17.Hernandez, L.E., Garate, A., and Carpena-Ruiz, R. 1997. Effects of cadmium on the uptake, distribution and assimilation of nitrate in Pisum sativum. Plant Soil. 189: 97-106.
18.Jalil, A., Selles, F., and Clarke, J. 1994. Effect of cadmium on growth and uptake of cadmium and other elements by durum wheat. J. Plant Nutr. 17: 1858-1953.
19.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Cadmium. P 143-157, In: A. Kabata-Pendias and H. Pendias (Eds.), Trace Elements in Soils and Plants, 3rd Ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
20.Karami, S.H., and Ronaghi, A.M. 2016. Interaction Effects of Cadmium and Wheat or Alfalfa Residues on Corn Yield and Nutrients Uptake. J. Soil Res. 30: 1. 13-23.
21.Kaur, P., Bhardwaj, M., and Babbar, I. 2015. Effect of Vermicompost and Vermiwash on Growth of Vegetables. Res. J. Anim. Vet. Fish. Sci. 3: 4. 9-12.
22.Khomami, M. 2005. The Effect of liquid bio-fertilizer (Vermiwash) in foliar application on dieffenbachia and Aglaonema nutrition and growth indexes. J. Agric. Sci. 1: 4. 176-187. (In Persian)
23.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, anganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
24.Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 437-474, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
25.Manyuchi, M.M., Kadzungura, L., Phiri, A., and Muredzi, P. 2013. Effect of vermicompost, Vermiwash and Application Time on Zea Mays Growth. Inter. J. Sci. Engin. Technol. 2: 7. 638-641.
26.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic Matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI.
27.Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. P 403-430, In: A.L. Page, L.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph, second ed., vol. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
28.Rahmatpur, S., Alikhani, H., and Mirseed Hoseini, S. 2014. Effect of Vermiwash foliar spray on growth and yield and absorption of zinc, iron and phosphorus in the grain. 44: 2. 203-211. (In Persian)

29.Rezakhani, L., Golchin, A., and Shafiei, S. 2013. Effect of different rates of Cd and Cu on growth and chemical composition of spinach. Plant Breed. Agron. J. 8: 1. 87-100. (In Persian)
30.Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Salts. P 417-436, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.). Methods of soil Analysis. Part 3: Chemical methods. Soil Science Society of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI.
31.Santosh, M., Swapnil, D., Prashant, S., and Vishal, D. 2013. Effect of integrated nitrogen management with vermiwash in corn (*Zea mays* L.) on growth and yield. Afric. J. Agric. Pp: 4761-4765.
32.Savaghebi, GH.R., and Malakouti, M.J. 2001. Effects of intraction cadmium and potassium on dry matter production, concentration and uptake cadmium and potassium in wheat. 12: 6. 44-53.
33.Shah, K., and Dubey, R.S. 1998. Cadmium suppresses phosphate level and inhibits the activity of phosphatases in growing rice seedlings. J. Agron. Crop Sci. 180: 223-231.
34.Shivsubramanian, K., and Ganeshkumar, M. 2004. Influence of vermiwash on biological productivity of Marigold. Madras Agric. J. 91: 221-225.
35.Thangavel, P., Balagurunathan, R., Divakaran, J., and Prabakaran, J. 2009. Effect of vermiwash and vermicast extract on soil nutrient status, growth and yield of paddy. Advances Plant Science. 16: 187-190.
36.Thomas, G.W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. P 475-490, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical methods. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI.
37.Tomati, U., Galli, E., Grappelli, A., and Hard, J.S. 1994. Plant metabolism as influenced by earthworm casts. Mittrilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum and Institute. 89: 2. 179-185.
38.Yang, X.E., Ye, H.B., Long, X.X., He, B., Stoffella, P.J., and Calvert, D.V. 2004. Uptake and accumulation of cadmium and zinc by Sedum alfredii Hence at diffrent Cd/Zn suooly levels. J. Plant Nutr. 27: 1963-1977.
39.Zambare, V.P., Padul, M.V., Yadav A.A., and Shete, T.B. 2008. Biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner. J. Agric. Biol. Sci. 3: 4. 1-5.
40.Zhang, G.P., Fukami, M., and Sekimoto, H. 2002. Influence of cadmium on mineral concentrations and yield components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage. Field Crop Research. 77: 93-98.
41.Zhao, S.W., and Huang, F.Z. 1988. The nitrogen uptake efficiency from 15N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). Proceedings of the 10th International soil Biology colloquium. Bangalor, India. Aug. 7-13.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(3), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Influence of liquid organic fertilizer on growth, cadmium and macronutrients uptake of Spinach (*Spinacea oleracea* L.) in a cadmium polluted soil

***M. Ghorbani[1], N.A. Karimian[2] and M. Zarei[3]**

[1]Lecture, Dept. of Soil Sciences Engineering, University of Zabol, [2]Professor, Dept. of Soil Sciences Engineering, University of Shiraz, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Sciences Engineering, University of Shiraz

Received: 01/01/2017; Accepted: 06/19/2017

Abstract

Background and Objectives: The study of heavy metals is particularly important because they are not decomposable and also have harmful physiological effects on organisms even at low concentrations. Cadmium is a heavy metal which may entered water, soil, plants and ultimately the human and animal's food chain from various sources and it can cause serious damages. Biological fertilizers are consisted of concentrated population of beneficial microorganisms or their metabolic products that introduced into soil to improve soil fertility and plant nutrition in sustainable agriculture. Vermicompost and its derived aqua products (i.e. vermiwash and tea vermicompost) are as biofertilizers. Vermiwash is a complex of materials which are excreted from both earthworm substrate and their body. Vermiwash is rich in vitamins, hormones, enzymes, macro- and micronutrients which can help plants for efficient growth. vermiwash, could be used an organic liquid fertilizer as foliar spray in agriculture. The aim of this study was to evaluate the effect of liquid organic fertilizer on growth, cadmium and macronutrients uptake of Spinach in a cadmium polluted soil.

Materials and Methods: A greenhouse experiment was conducted with factorial arrangement in a completely randomized design with two factors and tree replications in a cadmium contaminated calcareous soil. Treatments were consisted of four levels of vermiwash (0, 25, 50 and 100 ml per kg of soil) and four levels of cadmium (control 5, 10, 20 and 40 mg Cd kg^{-1}. Before cultivation soil was used and its characteristics along with vermicompost were analyzed by standard methods. Seeds of spinach (*Spinacea oleracea L.var. inermis*) were planted in pots. After eight weeks of planting, wet and dry weights, concentrations and uptake of nitrogen, potassium, phosphorus and cadmium of plant were measured.

Results: The results of this study indicated that vermiwash is effective in improving of growth and yield of plant. The lowest dry weight was observed in control (without vermiwash) and the level of 40 mg Cd per kg of soil and the highest of them was observed in 50 ml vermiwash and the level of 40 mg Cd per kg of soil. In all Cd levels, the concentration and uptake of nitrogen and phosphorus by plants were increased. Vermiwash had no significant effect on cadmium and potassium concentration of plant.

Conclusion: Vermiwash application increased yield and macronutrient uptake by Spinach in Cd contaminated soil. Vemiwash could be used as a plant growth fertilizer. Further investigations will be useful and recommended in field condition.

Keywords: Cadmium, Nitrogen, Phosphorus, Potassium

* Corresponding Author; Email: maryamghorbani@uoz.ac.ir