



اثر سطوح فسفر و کادمیم بر شکل های شیمیایی کادمیم در خاک پس از کشت یک نوبت اسفناج به روش عصاره گیری دنباله ای اسپوزیتو و همکاران

نجفعلی کریمیان^{1*}، ندا دلیر¹، جعفر یثربی¹، عبدالمجید رونقی¹، و محمد تقی آساد²

استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، و استاد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

²استاد بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*nkarimian@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد فسفر و کادمیم بر شکل های شیمیایی کادمیم در یک خاک آهکی پس از کشت اسفناج (*Spinacea oleracea L., cv Viroflay*) از تیمارهای کادمیم در پنج سطح 5، 10، 20، 40، و 80 و فسفر در چهار سطح 0، 15، 30، و 60 میلی گرم در کیلوگرم خاک استفاده شد. پس از یک ماه خوابانیدن در گلخانه گیاه کشت و پس از هشت هفته برداشت و سپس شکل های شیمیایی کادمیم در خاک گلدانها به روش عصاره گیری دنباله ای اسپوزیتو و همکاران تعیین شدند. تیمار کادمیم تمامی شکل های کادمیم را در خاک افزایش داد و شکل کربناتی بیشترین بود. فسفر مقدار مطلق و نسبی کادمیم تبادلی و کربناتی را کاهش و بقیه شکل ها را افزایش داد. کلمات کلیدی: کادمیم، فسفر، عصاره گیری دنباله ای، اسفناج

مقدمه

افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک در طول دهه های اخیر باعث کاهش کمیت و کیفیت تولیدات گیاهی شده و سلامت انسان ها را به خطر انداخته است. فلزات سنگین آلاینده معمولاً کادمیم، کروم، مس، جیوه، سرب، و روی هستند (کاباتا-پندپاس و پندپاس، 2001). خاک دارای ظرفیت طبیعی معینی برای کاهش قابلیت استفاده بیولوژیکی و حرکت فلزات به وسیله ساز و کارهای مختلفی چون رسوب، جذب سطحی و واکنش های اکسایش و کاهش است. هنگامی که غلظت فلزات سنگین در خاک زیاد می شود توان تولید محصول خاک کاهش یافته و بنابراین اصلاح آن ضروری به نظر می رسد (آیوسو و سانچز، 2003). با توجه به اهمیت موضوع در سال های اخیر توجه زیادی به عناصر سنگین از جمله کادمیم شده است و در طول دهه گذشته تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی قابلیت اصلاح کننده های متفاوت خاک برای غیر متحرک کردن فلزات سنگین در خاک های آلوده انجام گرفته است. اما آگاهی از مقدار کل عناصر سنگین در خاک به تنهایی اطلاعات کافی در مورد تحرک و قابلیت جذب زیستی آن ها در اختیار قرار نمی دهد و تحرک فلزات و سایر عناصر سمی به شکل های شیمیایی و وضعیت اتصال آن ها به اجزای مختلف خاک وابستگی زیادی دارد. از عصاره گیری دنباله ای برای تعیین شکل های شیمیایی فلزات در خاک استفاده می شود. اساس این روش، کاربرد متوالی عصاره گیر های انتخابی بر یک نمونه واحد خاک می باشد. قدرت عصاره گیری از مرحله ای به مرحله دیگر افزایش یافته و در نهایت به عصاره گیر های بسیار قوی و به شدت اسیدی می رسد که قادر به تخریب شبکه بلوری کانی ها می باشند. به علت زیاده روی در کاربرد کودهای فسفوری انباشت فسفر در خاک های کشاورزی



ایران رخ داده است تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف فسفر و کادمیم بر شکل های شیمیایی کادمیم در خاک انجام شد.

مواد و روشها

به مقدار کافی خاک آهکی (Fine, mixed calcareous, mesic, Typic Calcixerepts) از عمق 0 تا 20 سانتی متری از منطقه باجگاه استان فارس برداشت شد و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک دو میلی متری جهت کشت گیاه در گلخانه به کار رفت. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن از این قرار بود: شن 10، سیلت 54، و رس 36 درصد؛ گروه بافتی لوم سیلنتی رسی؛ پ هاش خمیر اشباع 7,8؛ قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع 0,52 دسی زیمنس بر متر؛ ماده آلی 1,12 درصد؛ کربنات کلسیم معادل 36 درصد؛ ظرفیت تبادل کاتیونی 10,3 سانتی مول بار بر کیلوگرم؛ و کادمیم قابل استخراج با دی تی پی 1 کمتر از حد کشف دستگاه جذب اتمی. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج سطح کادمیم (5، 10، 20، 40، 80 میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع $3Cd\ SO_4 \cdot 8H_2O$) و فسفر در چهار سطح (0، 15، 30، و 60 میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع $Ca(H_2PO_4)_2$) و در سه تکرار اجرا شد. نمونه های سه کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک 2 میلی متری عبور داده شده، پس از افزودن عناصر غذایی درون کیسه های پلاستیکی ریخته شد و پس از خشک شدن، کاملاً مخلوط گردید و به گلدان انتقال داده و به مدت 30 روز خوابانیده شد. در هر گلدان 15 عدد بذر گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea* L.) رقم *Viroflay* کشت گردید و بعد از جوانه زنی و استقرار گیاهان تعداد آن ها در هر گلدان به 5 بوته که به طور یکنواخت در سطح گلدان قرار گرفته بود، کاهش داده شد. پس از 8 هفته انجام مراقبت های لازم، گیاه برداشت شده و شکل های شیمیایی کادمیم در خاک به روش عصاره گیری اسپوزیتو و همکاران (1982) تعیین گردید. خلاصه روش عصاره گیری دنباله ای استفاده شده در جدول 1 آورده شده است. مقدار کادمیم در هر مرحله توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. مقدار کادمیم استخراج شده توسط هر عصاره گیر از معادله [1] محاسبه شد.

$$[1] \quad = [(C \times V_S) - (C' \times V_R)] / A$$

میکروگرم کادمیم عصاره گیری شده در گرم خاک

که در آن C غلظت کادمیم بر حسب میکروگرم در میلی لیتر در محلول عصاره گیری شده، C' غلظت کادمیم بر حسب میکروگرم در میلی لیتر در محلولی که از مرحله قبل باقی مانده، V_S حجم محلول به کار رفته، A وزن نمونه خاک به کار رفته بر حسب گرم، و V_R حجم باقی مانده بر حسب میلی لیتر از عصاره قبلی است که در نمونه باقی مانده و به مرحله قبلی منتقل شده است.

داده ها با استفاده از برنامه های SPSS و Excel تحلیل آماری شدند.



جدول 1- مراحل مختلف عصاره گیری دنباله ای اسپوزیتو و همکاران (1982)

مرحله عصاره گیری	شکل شیمیایی استخراج شده	نسبت خاک به عصاره گیر	زمان رسیدن به تعادل	غلظت عصاره گیر (مولار)
1	تبادلی (Ex)	2:25	16 ساعت	0.5KNO ₃
2	جذب سطحی شده (Sor)	2:25	2 ساعت*	H ₂ O
3	آلی (Om)	2:25	16 ساعت	0.5M NaOH
4	کربناتی (Car)	2:25	6 ساعت	0.5M Na ₂ EDTA
5	تتمه (Res)	2:25	16 ساعت	4M HNO ₃

* برای جلوگیری از کاهش غلظت الکترولیت به جای سه بار تنها یک بار عصاره گیری با آب مقطر دو بار تقطیر شده انجام گرفت.

نتایج و بحث

با افزایش سطح کادمیم از 5 تا 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک مقدار کادمیم استخراج شده در تمامی شکل ها بطور معنی داری افزایش یافتند و بخش عمده کادمیم به شکل کربناتی درآمد که با توجه به آهکی بودن خاک مورد آزمایش دور از انتظار نیست (جدول 2). برای مثال در سطح 80 میلی گرم کادمیم، 28/8 برابر افزایش در استخراج کادمیم نسبت به سطح شاهد (5 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) مشاهده شد. افزایش تمامی شکل های شیمیایی کادمیم با افزودن این فلز به خاک نشان دهنده دستیابی سریع به تعادل و رسوب کادمیم به شکل فازهای معدنی می باشد. که این امر ظرفیت زیاد خاک مورد مطالعه را برای جذب و نگهداری کادمیم نشان می دهد. با افزایش سطح فسفر مقدار مطلق کادمیم در شکل های تبادلی و کربناتی به طور معنی داری کاهش یافت در حالی که شکل های آلی و تتمه افزایش معنی داری را نشان داد (جدول 2). در شکل تبادلی و کربناتی با افزایش سطح فسفر تا 60 میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک میانگین مقدار مطلق کادمیم به ترتیب از 4/50 به 2/84 (36/9 درصد کاهش) و از 22/76 به 20/46 (10 درصد کاهش) میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک کاهش یافت. در شکل های آلی و تتمه نیز با افزایش سطح فسفر تا 60 میلی گرم به ترتیب 71/3 و 93 درصد افزایش در مقدار مطلق کادمیم مشاهده شد. شایان ذکر است که در تمامی تیمار ها غلظت کادمیم در شکل جذب سطحی شده ناچیز و کمتر از حد خطای دستگاه جذب اتمی (0/03 میلی گرم در لیتر) بود. بنابراین فسفر کاربردی با کاهش غلظت کادمیم در شکل های به آسانی قابل دسترس توسط گیاه (تبادلی و کربناتی) و تبدیل آنها به شکل هایی با قابلیت استفاده کمتر، کاهش زیست فراهمی کادمیم در خاک مورد مطالعه را سبب شد. این بدان معنی است که افزایش فسفر به خاکهای آلوده می تواند سبب کمتر شدن احتمال وارد شدن کادمیم به زنجیره غذایی انسان و دام شود. البته باید توجه داشت که برخی سنگهای معدنی فسفر خود ممکنست حاوی مقدار قابل ملاحظه ای کادمیم باشد (کریمیان، 1377). در صورت اخیر افزودن فسفر نه تنها باعث کم شدن قابلیت استفاده کادمیم نمی شود بلکه برعکس کاربرد چنین کودهای آلوده ای می تواند سبب انباشت کادمیم تا مقادیر خطرناکی در خاک گردد.



جدول 2- تأثیر سطوح کادمیم و فسفر مصرفی بر شکل های کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم خاک) استخراجی در روش
عصاره گیری اسپوزیتو و همکاران (1982) (هر عدد میانگین سه تکرار است)

شکل های استخراج شده					
تتمه	کربناتی	آلی	تبادلی	سطح کادمیم (mg kg ⁻¹)	سطح فسفر (mg kg ⁻¹)
0/82k	2/45l	0/55j	2/08i*	5	0
1/09k	5/41j	0/63ij	3/40g	10	0
1/81i	12/15g	0/73h-j	4/50d	20	0
3/49g	29/14d	0/78hi	5/73b	40	0
6/41d	64/66a	1/06ef	6/78a	80	0
1/21jk	2/29l	0/65ij	1/70ij	5	15
1/68ij	5/17jk	0/99g	2/97h	10	15
2/74h	11/62gh	1/19c-e	4/00d	20	15
4/04f	27/37e	1/17de	5/15c	40	15
7/65c	61/96b	1/37bc	5/92b	80	15
1/63ij	1/98l	0/87gh	1/68ij*	5	30
2/11i	4/78jk	1/20c-e	2/71h	10	30
3/40g	11/10hi	1/35b-d	3/78fg	20	30
4/81e	26/65e	1/20c-e	4/41de	40	30
9/00b	61/20b	1/58a	5/15c	80	30
2/01i	1/89l	0/96fg	1/31j	5	60
2/85h	4/43k	1/19c-e	1/87i	10	60
4/03f	10/65i	1/40b	2/95h	20	60
6/16d	25/41f	1/24b-e	3/62fg	40	60
11/19a	59/91c	1/65a	4/44d	80	60

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح 5 درصد از آزمون دانکن معنی دار نمی باشند.

منابع

کریمیان ن، 1377. پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای شیمیائی فسفوری. مجله خاک و آب، جلد دوازدهم، شماره 4. صفحه های 1 تا 14.

Ayuso EA and Sanchez A G, 2003. Sepiolite as a feasible soil additive for the immobilization of cadmium and zinc. *Sci. Total Environ.* 305:1-123.

Kabata-Pendias A and Pendias H, 2001. *Trace Elements in Soil and Plants*. 3 rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.



دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه)

Sposito G, Lund L J and Chang A C, 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cd, and solid phases. Soil. Sci. Soc. Am. J. 46: 260-264.