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

ندا دلیر[1*]، نجفعلی کریمیان[1]، جعفر یثربی[1]، عبدالمجید رونقی[1]، و محمد تقی آساد[2]
[1]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و استاد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
[2]استاد بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
ndalir@yahoo.com*

چکیده

اثر کاربرد فسفر و کادمیم بر شکل های شیمیایی کادمیم در یک خاک آهکی پس از کشت اسفناج (*Spinacea oleracea* L., cv *Viroflay*) بررسی شد. تیمارها شامل کادمیم در پنج سطح 5، 10، 20، 40 ،و 80 و فسفـر در چهار سطـح 0، 15، 30، و 60 میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. پس از یک ماه خوابانیدن در گلخانه گیاه کشت و پس از هشت هفته برداشت و شکل های شیمیایی کادمیم به روش عصاره گیری دنباله ای سینگ و همکاران تعیین شدند. با افزایش کادمیم تمامی شکل های کادمیم در خاک افزایش یافت و شکل کربناتی بیشرین بود. فسفر مقدار مطلق و نسبی کادمیم تبادلی و کربناتی را کاهش و بقیه شکل ها را افزایش داد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، فسفر، خاک آهکی

مقدمه

افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک در طول دهه های اخیر یکی از مشکلات عمده ای است که باعث کاهش کمیت و کیفیت تولیدات گیاهی شده و سلامت انسان ها را به خطر انداخته است. کادمیم یک فلز سنگین و سمی با قابلیت تحرک بالا در محیط زیست است و در اتمسفر، خاک و آب وجود دارد و می تواند باعث مشکلاتی جدی در زندگی میکروب‌ها، گیاهان و حیوانات حتی در غلظت های ناچیز شده و سمیت زیادی برای انسان‌ها در طی تجمع بیولوژیکی در زنجیره غذایی داشته باشد (لیانگ و همکاران، 2005). از طرفی سمیت و تحرک فلزات و سایر عناصر سمی به شکل های شیمیایی و وضعیت اتصال آن ها به اجزای مختلف خاک وابستگی زیادی دارد. بنابراین شناسایی شکل های مختلف عناصر سنگین در خاک و تغییرات آن ها می‌تواند ما را در شناخت وضعیت این عنـاصر و در نتیجه برنامه ریزی صحیح برای کـاهش جذب توسط گیـاه یاری دهـد (گلیزس و همکاران، 2002). از عصاره گیری دنباله ای برای تعیین شکل‌های 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 وبه شدت اسیدی می رسد که قادر به تخریب شبکه بلوری کانی ها می باشند، به عبارتی هر عصاره گیر به طور انتخابی جزء معدنی یا آلی خاصی از خاک را حل کرده و سبب رهاسازی فلزات و عناصر متصل به آن می شود. یکی از منابعی که باعث ایجاد آلودگی خاک به کادمیم می شود کودهای دارای فسفر هستند زیرا این

کودها دارای ناخالصی های کادمیم می باشند، هرچند در بسیاری از پژوهش ها از فسفر برای کاهش آلودگی کادمیم استفاده شده است (دهیری و همکاران، 2007). بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف فسفر و کادمیم بر شکل های شیمیایی کادمیم در خاک انجام گرفت.

مواد و روشها

به مقدار کافی خاک آهکی از عمق0 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 برخـــی ویژگی های فیـزیکـی و شیمیـایـی آن تعیین گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج سطح کادمیم (شامل 5، 10، 20، 40 ، 80 میلی گرم در کیلـوگرم خاک از منبـع $3Cd\ SO_4.8H_2O$) و فسفـر در چهار سطـح (0، 15، 30 ،60 میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع $Ca(H_2PO_4)_2$) و در سه تکرار اجرا شد. نمونه هـای سه کیـلوگرمی از خـاک هوا خشـک که از الک 2 میـلی متری عبـور داده شده، پس از افزودن عناصر غذایی درون کیسه های پلاستیکی ریخته شد و پس از خشک شدن، کاملاً مخلوط گردید و به گلدان های 3 کیلوگرمی انتقال داده و به مدت30 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، برداشت انجام شد و شکل های شمیایی کادمیم در خاک به روش عصاره گیری سینگ و همکاران (1988) تعیین گردید. شکل های شیمیایی کادمیم و عصاره گیر های آن عبارت بودند از کادمیم محلول و تبادلی با محلول 1 مولار نیترات منیزیم، کادمیم کربناتی با محلول 1 مولار استات سدیم، کادمیم آلی با محلول 0/7 مولار هیپوکلرید سدیم، کادمیم همراه با اکسیدهای منگنز با محلول0/25 مولار هیدروکسیل آمین هیدروکلرید، کادمیم همراه با اکسیدهای آهن بی شکل با محلول 0/25 مولار هیدروکسیل آمین هیدروکلرید در محلول 0/25 مولار اسیدکلریدریک، کادمیم همراه با اکسیدهای آهن متبلور با محلول 0/2 مولار اگزالات آمونیوم در اسید اگزالیک 0/2 مولار همراه با اسید آسکوربیک 0/1 مولار و کادمیم تتمه از طریق هضم خاک با اسید فلوریدریک، اسید پرکلریک، اسید سولفوریک و اسید نیتریک. بعد از عصاره گیری شکل های مختلف کادمیم توسط مواد فوق، مقدار کادمیم در هر مرحله توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. مقدار کادمیم استخراج شده توسط هر عصاره‌گیر از معادله [1] زیر محاسبه شد.

$$\text{میکروگرم کادمیم عصاره گیری شده در گرم خاک} = [(C \times V_S) - (C' \times V_R)]/A \qquad [1]$$

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.

نتایج و بحث

با افزایش کادمیم کاربردی، تمام شکل های کادمیم در خاک به طور معنی داری افزایش یافتند (جدول 1). درصد این افزایش ها به ظرفیت اجزای مختلف خاک برای نگهداری این فلز بستگی داشت که بیشترین و کمترین افزایش به

ترتیب مربوط شکل کربناتی و تبادلی با 18/16 و 6/23 برابر افزایش در سطح 80 میلی گرم کادمیم نسبت به تیمار شاهد (5 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) بود، بطوری که کادمیم کربناتی و تبادلی به ترتیب از 1/59 و 1/13 میلی گرم در تیمار شاهد به 28/87 و 7/04 میلی گرم در سطح 80 میلی‌گرم کادمیم رسید. بعد از شکل کربناتی بیشترین افزایش در کادمیم استخراجی با افزایش سطح کادمیم مصرفی به ترتیب مربوط به شکل های متصل به اکسیدهای آهن و منگنز، تتمه و آلی بود. شایان ذکر است که در تمامی تیمار ها غلظت کادمیم در شکل متصل به اکسیدهای آهن بلورین ناچیز و کمتر از حد خطای دستگاه جذب اتمی (0/03 میلی گرم در لیتر) بود. افزودن فسفر باعث کاهش معنی دار مقدار مطلق و نسبی کادمیم در شکل های تبادلی و کربناتی و افزایش معنی دار دیگر شکل ها شامل آلی، همراه با اکسیدهای آهن بی شکل، منگنز، و تتمه شده است (جدول 1). در مورد کادمیم قابل تبادل که شکل به آسانی قابل دسترس برای گیاه در خاک محسوب می شود (ژیان، 1989) مقدار مطلق کادمیم از 4/66 میلی گرم در تیمار شاهد به 3/26 میلی گرم در کیلوگرم خاک رسید که معادل 30 درصد کاهش می باشد. شکل کربناتی نیز 18/8 درصد کاهش نشان داد و مقدار مطلق کادمیم از 11/22 به 9/19 میلی گرم در کیلوگرم خاک رسید. بنابراین فسفر 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 از سمیت کادمیم در خاک می کاهد.

جدول 1- تأثیر سطوح کادمیم و فسفر مصرفی بر شکل های کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم خاک) استخراجی در روش عصاره گیری سینگ و همکاران (1988) (هر عدد میانگین سه تکرار است)

سطح فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	سطح کادمیم ($mg\ kg^{-1}$)	شکل های استخراج شده					
		تبادلی	کربناتی	آلی	متصل به اکسیدهای منگنز	متصل به اکسیدهای آهن بی شکل	تتمه
0	5	1/46m*	2/1kl	0/767l	0/747k	0/787l	1/04k
0	10	2/92i	3/59j	0/213j-l	1/29jk	1/96jk	1/11jk
0	20	4/93e	5/92h	0/390i-k	2/53hi	3/52gh	2/25h-j
0	40	5/89d	14/09e	0/657f-h	4/99f	6/91e	4/43ef
0	80	8/11a	30/41a	1/120d	10/43c	13/11b	15/21c
15	5	1/15n	1/74l-n	0/167kl	0/813k	0/793l	1/12jk
15	10	2/59j	2/67k	0/270j-l	1/48jk	2/157j	1/31jk
15	20	4/24f	4/89i	0/437h-j	2/93h	4/30fg	2/56g-i
15	40	4/72e	13/17f	0/873ef	5/68ef	7/71de	4/61e
15	80	7/22b	29/08b	1/463bc	11/06bc	13/22ab	15/84bc

***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 دارنمی باشند.**

جدول 1 (ادامه)- تأثیر سطوح کادمیم و فسفر مصرفی بر شکل های کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم خاک) استخراجی در روش عصاره گیری سینگ و همکاران (1988) (هر عدد میانگین سه تکرار است)

سطح فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	سطح کادمیم ($mg\ kg^{-1}$)	شکل های استخراج شده					
		تبادلی	کربناتی	آلی	متصل به اکسیدهای منگنز	متصل به اکسیدهای آهن بی شکل	تتمه
30	5	1/03n*	1/37mn	0/260j-l	1/17jk	1/05l	1/35jk
30	10	2/08k	2/25kl	0/343i-k	2/01ij	2/47ij	1/63i-k
30	20	3/84gh	4/25j	0/530g-i	3/37gh	4/68f	3/24gh
30	40	4/21f	12/55f	1/087de	6/11de	8/24cd	5/92d
30	80	6/85c	28/38c	1/627ab	11/70ab	13/52ab	16/48ab
60	5	0/88o	1/14n	0/317i-l	1/47jk	1/17kl	1/51i-k
60	10	1/78l	1/98k-m	0/453h-j	2/60hi	3/04hi	1/71i-k
60	20	3/67h	3/86j	0/723fg	4/02g	4/93f	3/56fg
60	40	4/01fg	11/36g	1/253cd	6/74d	8/89c	6/08d
60	80	5/99d	27/61d	1/740a	12/17a	14/03a	17/17a

***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 دارنمی باشند.**

منابع

Dheri G S, Brar M S and Malhi S S, 2007. Influence of phosphorus application on growth and cadmium uptake of spinach in two cadmium-contaminated soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 495-499.

Gleyzes C, Tellier S and Astruc M, 2002. Fractionation studies of trace elements in contaminated soils and sediments: A review of sequential extraction procedures. Trends Anal. Chem. 21: 451-467.

Liang Y C, Wong J W C and We L, 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L) grown in cadmium contaminated soil. Chemosphere 58: 475–483.

Singh J P, Singh B and Karwasra S P S, 1988. Yield and uptake response of lettuce to cadmium as influenced by nitrogen application. J. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 18(1): 49-56.

Xian X, 1989. Effect of chemical forms of cadmium, zinc and lead in polluted soils on their uptake by cabbage plants. Plant Soil 113: 257-264.