**پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران**
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: آلودگی خاک

# بررسی تاثیر کود گاوی بر فراهمی کادمیم در یک خاک آلوده در فراریشه ذرت

مهدی بحرینی طوحان*[۱]، امیرفتوت[۲]، علیرضا کریمی[۳]، رضا خراسانی[۳] و علیرضا حسین‌پور[۴]
۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد،۴- استاد، گروه علوم خاک دانشگاه شهرکرد
*Email: mahdibahrieni@yahoo.com

## چکیده

میزان خطرآفرینی فلزات سنگین خاک برای موجودات زنده در ارتباط با تغییرات اشکال شیمیایی و زیست فراهمی آن‌ها در خاک می‌باشد. کربن آلی محلول خاک (DOC) از جمله عوامل موثر در قابلیت زیست فراهمی و تحرک فلزات سنگین در خاک می‌باشد. به منظور بررسی تاثیر کودگاوی بر فراهمی کادمیم در یک خاک آلوده، آزمایشی گلخانه‌ای در محیط رایزوباکس انجام شد. آزمایش با دو سطح کود گاوی پوسیده (۰ و ۱/۵ درصد) و در سه فاصله از ریشه در ۳ تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که قابلیت زیست فراهمی کادمیم اختلاف معنی داری در دو تیمار دارد، بطوریکه در تیمار حضور ماده آلی، کمتر بود. همچنین کربن آلی محلول خاک در فراریشه، در حضور ماده آلی به طور معنی‌دار بیشتر از تیمار عدم حضور ماده آلی بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد که کود گاوی شاید توانایی کاهش خطرآفرینی کادمیم را در خاک داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی**: فراریشه، کادمیم، کربن آلی محلول، رایزوباکس

## مقدمه

در این دوران، جهان با چالش‌های جدی و فزاینده‌ای در حفاظت و استفاده منطقی از آب، خاک و سایر منابع طبیعی روبرو است. منابع طبیعی پایدار، مناسب‌ترین و مهم‌ترین منبع جهت تأمین غذای کافی برای جمعیت روز افزون کره زمین می‌باشد. در این خصوص خاک جزء بسیار مهمی بوده و از این رو کاربری‌ها و استفاده‌های بیش از اندازه از زمین بدون داشتن شناخت کافی از محیط خاک طی سال‌های متمادی باعث اختلال در فرآیندهای موجود در خاک می‌شود. جامع‌ترین و مناسب‌ترین تعریف از کیفیت خاک را کمیته کیفیت خاک انجمن علوم خاک آمریکا ارائه کرده است که Karlen et al (1997) آن را به این صورت بیان می‌کنند: «کیفیت خاک توانایی یک خاک مشخص برای انجام وظایف خود در یک اکوسیستم طبیعی یا یک اکوسیستم دارای مدیریت مشخص به گونه‌ای که علاوه بر حفظ تولید محصولات گیاهی و حیوانی بتواند کیفیت آب و هوا را ثابت نگهداشته یا سبب بهبود آنها شود و همچنین تأمین کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد».

کربن آلی محلول خاک (DOC) از جمله عوامل موثر در قابلیت زیست فراهمی و تحرک فلزات سنگین در خاک می‌باشد. کربن آلی محلول مترشحه از ریشه‌ها نقش مهمی در بیوشیمی کربن، حلالیت عناصر غذایی و فلزات سنگین خاک دارد چرا که این ترکیب می‌تواند با کاتیون‌های چند ظرفیتی تشکیل کلات داده و روی فرآیند تبادل کاتیونی و حلالیت فلز تأثیرگذار باشد (Stevenson., 1994). آنیون‌های آلی می‌توانند به شکل غیرمستقیم از طریق افزایش فعالیت میکروبی موجب افزایش کربن آلی خاک گردند. نتایج مطالعه Kim et al (2010) بر روی تغییرات خصوصیات شیمیایی محلول خاک ناشی از ترشحات ریشه گیاه خردل هندی نشان داد که غلظت کربن آلی محلول در ناحیه ریزوسفر، صرف نظر از نوع خاک و شدت آلودگی به اندازه ۱۵۶-۱۷ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت که نشان دهنده ترشح کربن آلی محلول از ریشه می‌باشد. Mench et al (1987) گزارش کردند که ترشحات ریشه گیاه می‌تواند بر اساس نوع لیگاند، نوع فاز جامد خاک و عنصر مربوطه، فلزات خاک را متحرک و با آن‌ها تشکیل پیوند دهند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییر در کربن آلی محلول خاک روی فراهمی عناصر تأثیر می‌گذارد (Antoniadis and Alloway, 2002 ). بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر کود گاوی بر غلظت کربن آلی محلول و نهایتا فراهمی عنصر کادمیم در فرا ریشه ذرت در رایزوباکس انجام شد.

## مواد و روش‌ها

یک خاک آلوده در شرایط طبیعی به عنا صر سرب، روی و کادمیم از شهر ستان زنجان نمونه‌برداری و پس از هواخ شک شـــدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شـــد. برخی از خصـــوصـــیات فیزیکی و شـــیمیایی خاک بر اســـاس روش‌های معمول آزمایشـــگاهی اندازه‌گیری شـــدند. به منظور مطالعه تاثیر فعالیت ریشـــه و ترشـــحات آن بر فراهمی فلز کادمیم در رایزوســـفر و مقایسه آن با توده خاک، کا شت دانه ذرت در ریزوباکس انجام شد که هر ریزوباکس شامل سه بخش ا ست: ناحیه مرکزی یا تحت تاثیر ریشه (R)، ناحیه‌های نزدیک ریزو سفر (متاثر از تر شحات ریشه) در دو طرف ناحیه مرکزی (NR) و ناحیه‌های غیر ریزو سفری یا توده خاک در دو طرف ناحیه حدو سط (B). تیمار ماده آلی شامل دو سطح صفر(om0) و ۱/۵ (om1)در صد از منبع کود گاوی بود که با مخلوط کردن ۱/۵ درصد (جرمی) کود گاوی با خاک اعمال شد.

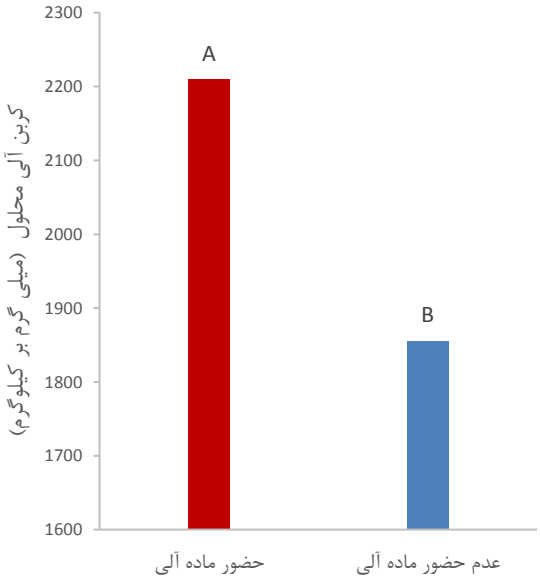
پس از گذ شت ۷۵ روز از کا شت گیاه، رایزوباکس باز و خاک ناحیه‌های مختلف رایزوباکس که در دو طرف آن عینا تکرار شده بودند با یکدیگر مخلوط و به عنوان یک نمونه خاک در نظر گرفته شدند. نمونه‌های خاک قبل از انتقال به آزمایشگاه هواخشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شـــدند. شـــکل قابل جذب فلز برای گیاه (زیســـت فراهم) توســـط محلول DTPA-TEA ع صاره‌گیری شد. غلظت فلز کادمیم موجود در تمام ع صاره‌ها به روش ا سپکترو سکوپی جذب اتمی (AAS) با د ستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. کربن آلی محلول خاک نیز با سولفات پتا سیم ۰/۵ مولار و با ن سبت ۱:۵ خاک به سولفات پتا سیم (Herbert et al., 1995) و کربن آلی آن‌ها در عصاره‌ها به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملا ت صادفی اجراء شد که دارای ۲ فاکتور ماده آلی ( دو سطح ح ضور و عدم ح ضور ماده آلی) و فا صله از ریشه ( سه سطح ناحیه ریشه، ناحیه نزدیک ریشه و ناحیه غیر ریزو سفری یا توده خاک) می‌با شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

## نتایج و بحث

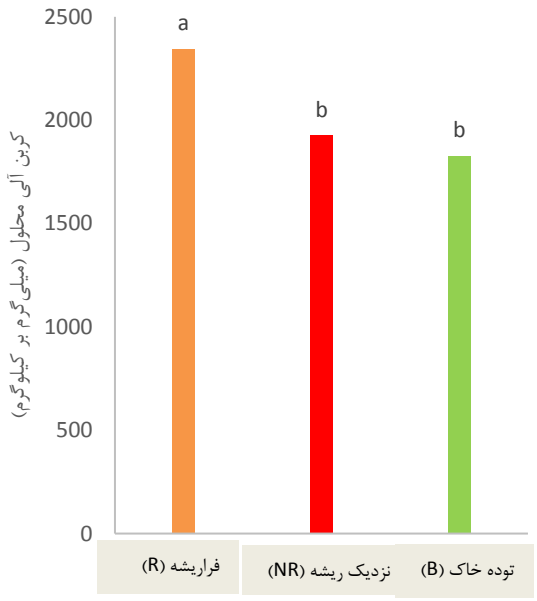
برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاک مورد مطالعه در جدول (۱) ن شان داده شده ا ست. کربن آلی محلول در ناحیه فراریشه ذرت تا زمان ۷۵ روز در ح ضور کود گاوی روند افزایشی ن شان داد و از مقدار ۱۴۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک اولیه به ۲۶۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در زمان ۷۵ روز پس از کاشـــت در تیمار کود گاوی و ۲۰۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار بدون کود ر سید ( شکل ۱). همچنین تغییرات کربن آلی محلول بین فوا صل مختلف از ری شه گیاه ذرت مورد برر سی قرار گرفت. نتایج ن شان داد که غلظت کربن آلی محلول در ناحیه فراری شه (R) به شکل معنی‌داری بی شتر از دو ناحیه دیگر بود (شکل ۲). نتایج مطالعه Kim et al (2010) در بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی محلول خاک از قبیل pH، کربن آلی محلول و حلالیت فلزات سنگین نا شی از تر شحات ری شه گیاه خردل هندی در یک سی ستم رایزوباکس ن شان داد غلظت کربن آلی محلول در ناحیه ریزوسفر، صرف نظر از نوع خاک و شدت آلودگی به اندازه ۱۵۶-۱۷ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت که نشـان دهنده ترشـح کربن آلی محلول از ریشـه بود. De la Fuente et al (2008) نیز مشـاهده کردند که کربن آلی محلول در ناحیه ریزوسفر به میزان معنی‌داری بیشتر از خاک توده بوده است که دلایل اصلی آن را ترشح زیاد ترکیبات آلی از ریشه گیاه و دی‌اکسیدکربن آزاد شده از ریشه در فرآیند تنفس ریشه، دانسته‌اند. نتایج تحقیق Wang et al (2009) در بررسی مقایسه برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بین ریزو سفر و خاک توده گیاه *Paulowniu fortune* ن شان دادند که pH، مواد آلی، ازت کل و فسفر کل در ناحیه ریزوسفر به شکل معنی‌داری بیشتر از خاک توده بوده است. آن‌ها دلیل این مشاهده را ترشحات و متابولیسم‌های مربوط به ریشه و همچنین متابولیسم‌های میکروبی دانستند. دلیل ا صلی افزایش کربن آلی محلول، می‌تواند تر شحات زیاد ریشه ذرت در ناحیه ریزو سفر با شد. علت کاهش کربن آلی محلول در دو ناحیه دیگر ممکن ا ست که تجزیه در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم‌ها و یا انتشار به سمت ناحیه ریزوسفر برای پاسخ به نیازهای تغذیه‌ای گیاه در برداشت عناصر از خاک باشد.

**جدول۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه، قبل از کشت گیاه**

| | |
|---|---|
| بافت | Sandy Clay Loam |
| pH | 7.45 |
| هدایت الکتریکی ($\mu S\ m^{-1}$) | 209 |
| ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_c\ kg^{-1}$) | 35.4 |
| آهک (درصد) | 27.5 |
| کربن آلی (درصد) | 0.56 |
| غلظت کادمیم کل ($mg\ kg^{-1}$) | 145 |
| غلظت کادمیم قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$) | 3 |




**شکل ۱- تاثیر حضور و عدم حضور ماده آلی بر کربن آلی محلول**



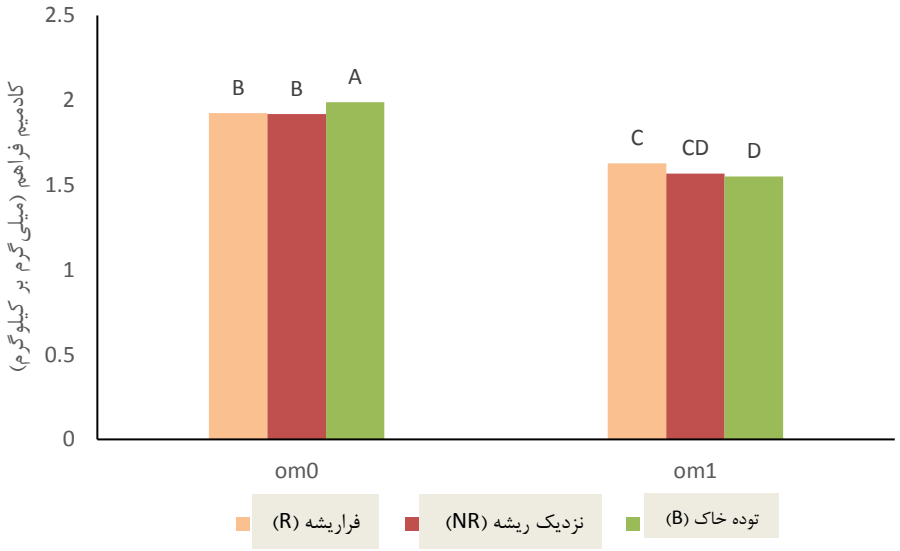

**شکل ۲- تاثیر فاصله از ریشه بر میزان کربن آلی محلول**

نتایج نشان داد که بخش زیست فراهم کادمیم در دو تیمار ماده آلی با هم تفاوت معنی دار دارد، بطوریکه در نتیجه افزودن ماده آلی به خاک کاهش یافته است (شکل ۳). همچنین اثر متقابل ماده آلی و فاصله از ریشه بر فراهمی کادمیم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج متفاوتی به دست آمد. مشاهده شد که در تیمار عدم حضور ماده آلی، در ناحیه ریشه و نزدیک ریشه غلظت کادمیم کمتر از ناحیه توده خاک می‌باشد ولی در تیمار حضور ماده آلی بر عکس بود، بطوریکه در ناحیه ریشه و نزدیک ریشه فراهمی کادمیم اندکی بیشتر از توده خاک بود.

Walker et al (2003) بیان کردند که کود دامی غلظت فلزات قابل اســـتخراج با DTPA را کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه Kim et al (2010) بر روی تغییرات خصوصیات شیمیایی محلول خاک ناشی از ترشحات ریشه گیاه خردل هندی نشان داد با اینکه افزایش ترشحات ریشه در همه خاک‌ها مشاهده شد ولی غلظت کربن آلی و اسید های آلی محلول در بین خاک‌ها بسیار متفاوت بود که منجر به تغییرات خیلی معنی‌دار در غلظت فلزات محلول در ریزوســفر گشــت. برای مثال غلظت فلزات کادمیم، سرب، مس و روی در ریزوسفر خاک‌های قلیایی نسبت به خاک توده افزایش پیدا کرد. Chino et al (1999) در مطالعه عنصر مس در یک سیستم رایزوباکس مشاهده کردند که گونه مس محول در نزدیکی ریشه گیاه افزایش پیدا کرد در حالی که مقدار

کل فلز تغییر خاصی از خود نشان نداد. Feen and Asadian (1999) مشاهده کردند که مس محلول در ریزوسفر گیاهان چند ساله بیشتر از مقدار آن در خاک توده است، در حالی که Cherry et al (1999) گزارش کردند که مس قابل عصاره‌گیری توسط DTPA، EDTA و $CaCl_2$ در ریزوسفر کاهش پیدا کرده است. در مطالعه‌ای که توسط Hamoon et al (1995) روی دو عنصر کادمیم و روی در ریزوسفر گیاه تربچه صورت گرفت، مشاهده شد که تغییرات غلظت عنصر محلول بالاترین همبستگی مثبت را با غلظت کربن آلی محلول در طول زمان از خود نشان داده است. Muranyi et al (1994) گزارش کردند که ترشح پروتون از ریشه‌ها سبب آزاد شدن کاتیون‌ها از کلوئیدهای خاک می‌گردد، به دنبال آن غلظت کاتیون در محلول زیاد شده و نهایتا فراهمی عنصر افزایش پیدا می‌کند. Knight et al (1997) در مطالعه ۱۰۰ روزه Zn و Cd در ریزوسفر گیاه *Thlaspi Caerulescens* در تعداد زیادی خاک، مشاهده کردند که غلظت محلول این فلزات در ناحیه ریزوسفر بیشتر خاک‌ها کمتر از ناحیه خاک توده بود. Hamoon et al (1995) و Tao et al (2003) کاهش شدید در مقدار غلظت جزء تبادلی فلزات سنگین خاک را، برداشت شدید در نتیجه جذب گیاه دانسته‌اند.

بدین ترتیب، می‌توان گفت که افزودن کود گاوی به خاک باعث شده است که کادمیم با مواد و ترکیبات آلی پیوند برقرار کند و در نتیجه میزان فراهمی آن کاهش یابد.




**شکل ۳- اثر متقابل ماده آلی و فواصل مختلف از ریشه بر میزان کادمیم فراهم خاک**

## منابع

Antoniadis V. and Alloway B. J. 2002. The role of dissolved organic carbon in the mobility of Cd, Ni and Zn in sewage sludge-amended soils. Environmental Pollution, 117(3): 515-521.

Cherrey A., Chaignon V. and Hinsinger P. 1999. Bioavailability of copper in the rhizosphere of rape and ryegrass cropped in vineyard soils. In: W. W. Wenzel, D. C. Adriano, B. Alloway, H. E. Doner, C. Keller, N. W. Lepp, M. Mench, R. Naidu, G. M. Pierzynski(Eds.), Proceedings of Extended Abstracts of 5th InternationalConference on the Biogeochemistry of Trace Elements, PP. 223-224.

Chino M., Goto S., Youssef R. and Miah Y. 1999. Behaviour of micronutrients in the rhizosphere. In: W. W. Wenzel, D. C. Adriano, B. Alloway, H. E. Doner, C. Keller, N. W. Lepp, M. Mench, R. Naidu and G. M. Pierzynski (Eds.), Proceedings of Extended Abstracts of 5th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Vienna, Austria, PP. 180-181.

De la Fuente C., Clemente R. and Bernal M.P. 2008. Changes in metal speciation and pH in olive processing waste and sulphur-treated contaminated soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 70: 207-215.

Fenn L.B. and Assadian N. 1999. Can rhizosphere chemical changes enhance heavy metal absorption by plants growing in calcareous soil? Proceedings of Extended Abstracts of 5th InternationalConference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Vienna, Austria, PP. 154-155.

Gee Y., Murray P. and Hendershot W. H.. 2000. Trace metal speciation and bioavailability in urban soils. Environmental. Pollution. 107: 137-144.

Hamon R.E., Lorenz S.E. Holm P.E. Christensen T.H. and McGraph S.P. 1995. Changes in trace metal species and other components of the rhizosphere during growth of radish. PLANT Cell Environmental. 18: 749-756.

Herbert B.E. and Bertsch P.M. 1995. Charccterization of dissolved and colloidal organic matter in soil solution: a revuew. Carbon forms and functions in forest soils,(carbonformsandf), Pp: 63-88.

Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F. and Schuman G.E.. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Socity Amrican Journal, 61: 4-10.

Kim K. R., Gary O. and Soon-lK K. 2010. Influence of Indian mustard (Brassica juncea) on rhizosphere soil solution chemistry in long-term contaminated soils: A rhizobox study. Environmental Sciences. 22(1): 98-105.

Knight B., Zhao E.J., McGrath S.P. and Shen Z.G. 1997. Zinc and cadmium uptake by the hyperaccumulator Thlaspi Caerulescense in contaminated soils and its effects on the concentration and chemical speciation of metal in soil sulotion. plant soil. 197: 71-78.

Mench, M., Morel J.L. and Guckert A. 1987. Metal binding properties of high molecular weight soluble exudates from maize(Zea maize) roots. Biol. Fertil. Soils. 3: 165-169.

Muranyi A., Seeling B., Ladewig E. and Jungk A. 1994. Acidification in the rhizosphere of rape seedlings and in bulk soil by nitrification and ammonium uptake. Z. Pflanzenernahr. Bodenke, 157: 61-65.

Tao S., Chen Y.J., Xu F.L., Cao J. and Li B.G. 2003. Changes of copper speciation in maize rhizosphere soil. Environmental Pollution, 122: 447-454.

Walker D.J., Clemente R., Roig A. and Bernal M.P. 2003. The effects of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soils. Environmental Pollution, 122(2): 303-312

Wang J., Zhang C.B. and Jin Z.X. 2009. The distribution and phytoavailability of heavy metal fractions in rhizosphere soils of Paulowniu fortunei (seem) Hems near a Pb/Zn smelter in Guangdong, PR China. Geoderma, 148: 299-306.

## Investigating the Effect of Cow Manure on Bioavailability of Cadmium in a Contaminated Soil in the Rhizosphere of Corn

M. Bahreini Touhan[1], A. Fotovat[2], A. Karimi[3], R. Khorassani[3], A. Hossein Pour[4]
1- Ph.D. student. Ferdowsi University of Mashhad, Soil Science Department
2- Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Soil Science Department
3- Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Soil Science Department
4- Professor, Shahre kord University, Soil Science Department

**Abstract**
Environmental risk of heavy metals is associated with the changes of their chemical forms and bioavailability in soil. Dissolved organic carbon (DOC) is one of the effective factors in the bioavailability and mobility of heavy metals in the soil. To investigate the effects of cow manure (1/5% w/w) and root activity on DTPA forms of cadmium contaminated soil, a greenhouse experiment was conducted using rhizobox systems in a completely randomized design, with 3 replications, two levels of cow manure (0 and 1/5%) and 3 zone by distance from root. Results showed that the cow manure addition enhanced dissolved organic carbon concentration of the soil. It also reduced bioavailability of the cadmium. Therefore, it may be concluded that cow manure may have amendatory effect on the risk of cadmium in soil.

**Keywords**: Rhizosphere, Cadmium, Dissolve Organic Carbon, Rhizobox