



## تأثیر عناصر مس و روی در قابلیت جذب کادمیوم در ذرت و آفتابگردان

امیر لکزیان<sup>۱\*</sup> - اکرم حلاج نیا<sup>۲</sup> - غلامحسین حق نیا<sup>۳</sup> - عاطفه رمضانیان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۹

### چکیده

آلودگی خاک به عناصر سنگین و جذب آن توسط گیاه منجر به ورود این عناصر به زنجیره غذایی می گردد. از این رو بررسی عوامل موثر بر مقدار جذب این عناصر توسط گیاه در خاکهای آلوده از قبیل فراهمی عناصر غذایی حائز اهمیت می باشد. به منظور بررسی و مقایسه تأثیر فراهمی عناصر کم مصرف روی و مس بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی و ریشه آزمایشی با آرایش فاکتوریل با دو گیاه ذرت و آفتابگردان، سه سطح غلظت از عناصر مس (صفر، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر) و روی (صفر، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) و دو سطح کادمیوم (غلظتهای ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) در محیط کشت آبی انجام گرفت. بررسی جذب کوتاه مدت کادمیوم در تیمارهای مختلف روی و مس نشان داد که فراهمی مس و روی تأثیری بر جذب کادمیوم در گیاه ذرت نداشت. در گیاه آفتابگردان بیشترین تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی و ریشه در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم در تیمار بدون مس مشاهده شد. در آفتابگردان تغذیه مناسب با روی در تیمار ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر در هر دو سطح کادمیوم موجب کاهش غلظت کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی این گیاه گردید. این در حالی است که اثر سینرژیسمی بین روی و کادمیوم در تیمار کمبود روی در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم مشاهده گردید. به طوری که افزایش روی در این تیمار در مقایسه با تیمار بدون روی موجب افزایش تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی و ریشه گردید.

واژه‌های کلیدی: روی، مس، کادمیوم، ذرت، آفتابگردان

### مقدمه

غذایی گردد. جذب کادمیوم توسط گیاه به سیستمی وابسته است که نه تنها از نظر متابولیسمی بیشتر حالت واسطه دارد بلکه با سیستمهای جذب سایر عناصر نیز رقابت می کند. همچنین به نظر می رسد که جذب و تحرک کادمیوم در گیاه به گونه گیاه، مرحله رشد، غلظت، عناصر غذایی، شرایط رشدی گیاه و ترکیب سایر عناصر فلزی بستگی دارد (۱). از سوی دیگر، کادمیوم علاوه بر ایجاد اثرات سمیت اولیه (۱۲)، می تواند اثرات ثانویه ای مانند کاهش فتوسنتز و تنفس و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی نیز داشته باشد (۱۱). از عوامل تأثیرگذار بر جذب کادمیوم و ظهور علائم سمیت آن در گیاه، وضعیت تغذیه ای گیاه بویژه در رابطه با عناصر کم مصرف می باشد. اوکیف و همکاران (۹) با استفاده از Cd نشاندار عوامل تأثیر گذار بر جذب کادمیوم توسط گیاه سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) را بررسی کرده و دریافتند که وجود یون  $Zn^{2+}$  سرعت جذب کادمیوم را کاهش داد. آنها گزارش کردند که رقابت این یون با کادمیوم در اشغال مکانهای معین در سطح ریشه است. در مطالعه دیگری هاردی و اوکیف (۵) نشان دادند که یونهای فلزی زیادی توسط این گیاه جذب می شوند اما فقط یون

آلودگی خاکها با فلزات سنگین در حال حاضر یک مشکل زیست محیطی عمده در سطح جهان است. از آغاز انقلاب صنعتی تا کنون، آلوده شدن محیط زیست که شامل خاک نیز می باشد با فلزات سنگین شدت یافته است. فلزات سنگین به وسیله فرایندهای بسیاری از جمله ریزشهای اتمسفری، کاربرد لجن فاضلاب، کودهای حیوانی، فاضلاب شهری و فرآورده های جنبی آنها و کودهای شیمیایی در خاکها تجمع می یابند. تجمع آنها در خاک می تواند موجب کاهش فعالیت و تنوع میکروبی، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش یا از بین رفتن محصول وحتى صدمه به سلامتی انسان و حیوانات از طریق ورود در زنجیره

۱-۳- دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\* - نویسنده مسئول: (Email: alakzian@yahoo.com)

۴-۲- کارشناس ارشد و کارشناس گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

زنی و رشد اولیه، بذرهایی مورد نظر در شن کاملاً شسته شده کاشته و با آب مقطر آبیاری شد. محلول غذایی جهت انتقال نهال‌های جوان مطابق فرمول هوگلند تهیه گردید (جدول ۱). سطوح عناصر روی و مس شامل غلظت کامل آن عنصر مطابق فرمول محلول غذایی هوگلند، نصف غلظت کامل آن عنصر و حذف آن عنصر از محلول غذایی در تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. هر یک از نهالها به ظروف محتوی ۲ لیتر محلول غذایی منتقل و جهت هوادهی محلول از پمپ آکواریوم استفاده گردید. ۱۲ روز پس از انتقال نهالها کادمیوم با غلظتهای ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر از نمک  $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  به محلول غذایی تیمارها افزوده و در روز چهاردهم گیاهان جمع آوری شدند. ریشه و بخشهای هوایی جدا بوسیله آب مقطر شستشو داده شدند و جهت انجام مراحل بعدی آزمایش در پاکتهای کاغذی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه‌های گیاهی در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس آسیاب و بعد از عبور از الک ۰/۵ میلی متری در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند. مقدار مشخصی از نمونه‌های خرد شده با استفاده از اسید نیتریک و اسید پرکلریک هضم و سپس غلظت کادمیوم در نمونه‌های هضم شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT C آنالیز گردید.

(جدول ۱) - ترکیبات و غلظت‌های عناصر در محلول غذایی هوگلند

ترکیب استفاده شده	نوع عنصر	غلظت عنصر در یک لیتر محلول غذایی	
		(میلی گرم در لیتر)	
KNO <sub>3</sub>	K	۱۹۵	
	N	۷۰	
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca	۲۰۰	
	N	۱۴۰	
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	Mg	۴۸	
	S	۶۴	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K	۳۹	
	P	۳۱	
Fe-EDTA	Fe	۵	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	B	۰/۵	
MnCl <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	Mn	۰/۵	
ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	Zn	۰/۰۵	
CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	Cu	۰/۰۵	
NH <sub>4</sub> MoO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	Mo	۰/۰۱	

$Zn^{2+}$  به خوبی با یون  $Cd^{2+}$  در جذب رقابت می‌کند و نتیجه گرفتند که محلهای اتصال ویژه‌ای برای این یونها در سلولهای ریشه گیاهان وجود دارد. کوللی و همکاران (۶) در یک آزمایش گلخانه‌ای تأثیر افزایش غلظت روی و کادمیوم به خاک را بر وزن خشک اندام‌های هوایی و غلظت این دو عنصر در اندام‌های هوایی دو رقم گندم دوروم و نان مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که گندم دوروم نسبت به گندم نان در مقابل کمبود روی و سمیت کادمیوم حساستر است. نتایج آنها نشان داد که سمیت کادمیوم در ساقه گیاه با افزودن روی، کاهش یافت اما این اثر با کاهش غلظت کادمیوم در ساقه همراه نبود. نتایج آنان با این نظریه که روی، گیاه را در مقابل سمیت کادمیوم محافظت می‌کند به خوبی سازگار بود. بر طبق این نظریه روی با بهبود مقاومت گیاه در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده به وسیله کادمیوم و با رقابت با کادمیوم بر سر اتصال به اجزای سلولی حساس مانند آنزیمها، پروتئین‌های غشائی و لیپیدها گیاه را در مقابل سمیت کادمیوم حفاظت می‌کند. وو و زانگ (۱۴) گزارش کردند که افزایش کاربرد روی در محیط کشت نیمه جامد اثر سمیت کادمیوم در گیاه جو را به وسیله بهبود دادن رشد و کاهش صدمات غشائی تعدیل کرده است. همانطور که از نتایج تحقیقات گوناگون بر می‌آید، وجود کادمیوم در محیط رشد گیاه می‌تواند باعث اختلال در جذب و بهره‌م خوردن تعادل عناصر غذایی ضروری در گیاه شود. متأسفانه مطالعه بر روی تأثیر سایر عناصر کم مصرف و بویژه مس بر جذب کادمیوم بسیار کم صورت گرفته است با این حال به نظر می‌رسد بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه از نظر عناصر ضروری بویژه عناصر کم مصرف، می‌تواند راهی برای کاهش جذب کادمیوم توسط گیاه و مقابله با اثرات سوء آن در رشد و سلامت گیاه بخصوص از لحاظ ورود به زنجیره غذایی انسان و حیوان باشد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر عناصر مس و روی بر جذب کادمیوم توسط گیاهان ذرت و آفتابگردان انجام شد.

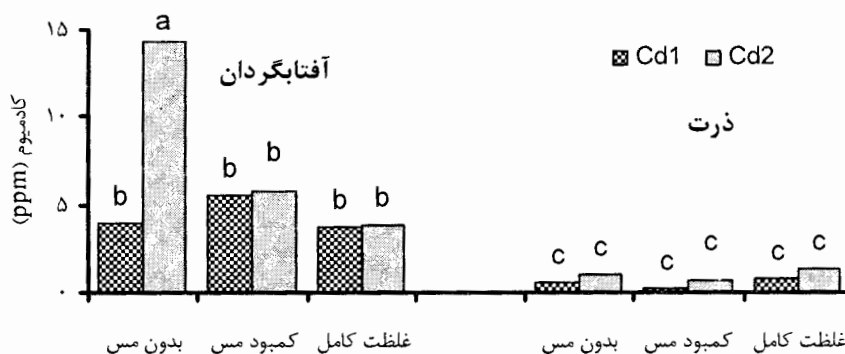
## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر فراهمی عناصر روی و مس بر جذب کادمیوم در دو گیاه ذرت و آفتابگردان یک آزمایش فاکتوریل با دو گیاه (ذرت و آفتابگردان)، دو سطح کادمیوم (غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) و سه سطح از هر یک از عناصر مس (صفر، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر) و روی (صفر، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) با طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی در شرایط طول روز ۱۴ ساعت و دمای ۲۵ درجه و طول شب ۱۰ ساعت و دمای ۱۷ درجه انجام گردید. این آزمایش به صورت کشت هیدروپونیک انجام شد. بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و آفتابگردان رقم‌های سان از بخش تحقیقات بذر و نهال گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. به منظور جوانه

نتایج و بحث

گرم در لیتر در شرایط فقدان مس تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی در حدود ۳/۵ برابر افزایش پیدا کرد. مانند آنچه که در مورد اندام‌های هوایی مشاهده گردید در تیمار ۰/۰۲ میلی گرم بر لیتر کادمیوم فراهمی مس تأثیر معنی داری بر تجمع این عنصر در ریشه گیاه آفتابگردان نداشت (شکل ۲). در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم مقدار تجمع کادمیوم در تیمار بدون مس در مقایسه با تیمارهای کمبود و غلظت کامل مس اختلاف معنی داری نداشت با افزایش غلظت کادمیوم از ۰/۰۲ به ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر مقدار کادمیوم در ریشه ۴/۷ برابر افزایش پیدا کرد. متأسفانه مطالعات بسیار کمی بر روی تأثیر مس بر تجمع کادمیوم در گیاه انجام گرفته است. در مطالعه سیو و همکاران (۲) بر روی تأثیر مس بر جذب کادمیوم در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در چین نشان داد که در فقدان مس در محلول غذایی تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی و ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف برنج متفاوت بود. افزودن مس به محلول غذایی باعث کاهش غلظت کادمیوم و انتقال آن به اندام‌های هوایی فقط در ژنوتیپ‌های برنج سیاه مشاهده شد و از این لحاظ مس تأثیری بر تجمع کادمیوم در ریشه و اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های برنج سفید نداشت. بنابراین به نظر می رسد که مکانیسم‌های مرتبط با جذب کادمیوم در حضور یا عدم حضور مس در بین گونه‌های گیاهی بسیار متفاوت باشد.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر دو عنصر مس و روی بر جذب کادمیوم در دو گیاه آفتابگردان و ذرت نشان داد که در تمامی تیمارها مقدار کادمیوم جذب شده توسط ذرت کمتر از گیاه آفتابگردان بود. به طور کلی فقدان و کمبود مس تأثیری بر تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه ذرت در مقایسه با تیمار کامل در سطوح مختلف کادمیوم نداشت (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد که این دو گیاه از لحاظ تأثیر عناصر کم مصرف بر جذب کادمیوم کاملاً متفاوت عمل می کنند. تحقیقات مختلف نشان می دهد که جذب و تجمع کادمیوم به طور وسیعی بین گونه‌های گیاهی متفاوت است (۲ و ۷). در غلظت ۰/۰۲ میلی گرم بر لیتر کادمیوم مقدار تجمع این عنصر در اندام‌های هوایی آفتابگردان تحت تأثیر فراهمی مس نبود به طوری که تیمارهای بدون مس و کمبود مس از لحاظ تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی تفاوت معنی داری با تیمار کامل مس نداشتند (شکل ۱). این در حالی است که در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم مقدار تجمع کادمیوم در تیمار بدون مس در مقایسه با تیمار کمبود مس و غلظت کامل تفاوت معنی داری داشت این نتیجه نشان می دهد که در شرایط فقدان مس، غلظت کادمیوم در محلول بر مقدار تجمع کادمیوم در اندام‌های هوایی می تواند تأثیر بسیار زیادی داشته باشد. به طوری که با افزایش غلظت کادمیوم از ۰/۰۲ به ۰/۰۵ میلی



شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی آفتابگردان و ذرت در تیمارهای بدون مس، کمبود مس، و غلظت کامل در دو غلظت (Cd1) ۰/۰۲ و (Cd2) ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم

- 1- Azevedo, H., C. Gomes G. Pinto and C. Santos. 2005. Cadmium Effects in Sunflower: Nutritional Imbalances in Plants and Calluses. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 2221-2231
- 2- Cui, Y., X. Zhang and Y. Zhu. 2008. Does copper reduce cadmium uptake by different rice genotypes? *Journal of Environmental Sciences*. 20: 332-338
- 3- Dudka S., M. Piotrowska and A. Chlopecka. 1994. Effect of elevated concentrations of Cd and Zn in Soil on spring wheat yield and the metal contents of the plants. *Water, Air and Soil Pollution*. 76: 333-341
- 4- Dunber K.R. 2004. Uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). PHD thesis School of Earth and Environmental Sciences. The University of Adelaide.
- 5- Hardy J.K., D.H. O'Keeffe. 1985. Cadmium uptake by the water hyacinth: Effects of root mass, solution volume, complexers and other metal ions. *Chemosphere*. 14: 417-426
- 6- Kolelia N., S. Ekerb I. Cakmak. 2004. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil, *Environmental Pollution*. 131: 453- 459
- 7- Kuboi T.A., A. Noguchi J. Yazaki. 1986. Family-dependent cadmium accumulation characteristics in higher plants. *Plant and Soil*. 92: 405-415
- 8- Nan Z.R., J.J. Li, J.M. Zhang G.D. Cheng. 2002. Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field. *Science Total Environment*. 285: 187-195
- 9- O'Keeffe D.H., J.K. Hardy R. Anjane Rao. 1984. Cadmium uptake by the water hyacinth: Effects of solution factors. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*. 34: 133-147
- 10- Ozturk L., S. Karanlik, F. Ozkutlu, I. Cakmak, and L.V. Kochian. 2003. Shoot biomass and zinc/cadmium uptake for hyperaccumulator and non-accumulator thaspi species in response to growth on a zinc deficient calcareous soil. *Plant Science*. 164:1095-1101
- 11- Prasad, M. 1995. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. *Environmental and Experimental Botany*. 35(4): 525-545
- 12- Romero-Puertas, M. C., M. Rodr'iguez-Serrano, F. J. Corpas, M. G'omez, L. A. Del R'io, and L. M. Sandalio. 2002. Cadmium-induced subcellular accumulation of O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in pea leaves. *Plant, Cell and Environment*. 27(9): 1122
- 13- Smilde K.W., B.V. Luit, and W.V. Driel. 1992. The extraction by soil and absorption by plants of applied zinc and cadmium. *Plant and Soil*. 143: 233-238
- 14- Wu F.B., G.P. Zhang. 2002. Alleviation of cadmium-toxicity by application of zinc and ascorbic acid in barley. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 2745-2761
- 15- Zhang L., and F.B. Song. 2006. Effects of forms and rates of zinc fertilizer on cadmium concentration in two cultivars of Maize. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*. 37: 1905-1916



## Effect of copper and zinc on the uptake of cadmium by corn and sunflower

A. Lakzian<sup>\*1</sup> - A. Halajnia<sup>2</sup> - G.H. Haghnia<sup>3</sup> - A. Ramezani<sup>4</sup>

### Abstract

Heavy metals enter to human food chain through the plant and soil contamination. It is very important to evaluate the affecting factors on plant uptake of heavy metals. In this study the effects of copper and zinc availability on cadmium uptake of root and shoot of corn and sunflower was investigated. The experiment was carried out with a factorial arrangement, two species of plants (sunflower and corn), two cadmium concentrations (0.02 and 0.05 mg /l) and three concentrations of zinc and copper ( 0, 0.025 and 0.05 mg/l for Zinc and 0, 0.01 and 0.02 mg/l for copper) based on a completely randomized design with three replications. The results showed that copper and zinc availability had no effect on cadmium uptake of corn plant. The highest concentration of cadmium in root corn was observed in 0.05 mg/l of cadmium concentration without copper application. In sunflower, the addition of 0.05 mg/l zinc to medium decreased cadmium uptake in 0.02 and 0.05 mg/l cadmium treatments. The synergistic effect of cadmium and zinc was observed in 0.05 mg/l cadmium and 0.025 mg/l zinc treatments. Zinc concentration had a positive effect on cadmium uptake in root and shoot of sunflower in this treatment.

**Key words:** Zinc, Copper, Cadmium, Corn, Sunflower

1,3 – Assoc. Prof and Prof., Agricultural college, Ferdowsi University of Mashhad

(\*- Corresponding author Email: alakzian@yahoo.com)

2,4- MSc. And BSc. Soil Science Department, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad