هجدهمین کنگره علوم خاک ایران

شوری، آلودگی، گرد و غبار) (مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک:

۱۰ تا ۱۲ بهمن ۱۴۰۲، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

18th Iranian Soil Science Congress (Regenerative Management and Soil Challenges: Salinity, Pollution and Dust)
30 Jan. to 1 Feb., 2024, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

مقایسه میزان جذب کادمیم از خاک توسط اندام‌های مختلف در برخی ارقام گندم نان و دوروم

نرگس عابدین زاده[۱]، امیر فتوت[۲]*، بصیر عطاردی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)؛ * afotovat@um.ac.ir

۳- عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی خراسان رضوی، مشهد

چکیده

آزمایش گلخانه ای به منظور بررسی تفاوت در جذب کادمیم (Cd) توسط اندام های مختلف در بین ۹ رقم گندم و روابط آنها با یکدیگر انجام شد. این تحقیق بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار شامل سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک با سه تکرار و در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت. غلظت کادمیم در دانه، برگ، ساقه و ریشه به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در بین ۹ رقم گندم متفاوت بود. بر اساس نتایج اختلاف غلظت کادمیم میان اندام های مختلف، بیشترین تفاوت ها در هر دو سطح کادمیم، میان غلظت ریشه و دانه و کمترین تفاوت، میان غلظت ساقه و دانه مشاهده شد. به این ترتیب بیشترین اختلاف میان میزان کادمیم ریشه و دانه در رقم ثنا و سطح ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین اختلاف بین ساقه و دانه همین رقم در سطح ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید. قابل به ذکر است که رقم ثنا، دارای کمترین غلظت کادمیم دانه در هر دو سطح کادمیم و تمام ارقام مورد مطالعه بود. همچنین ارقام رخشان و بهرنگ که در هر دو سطح کادمیم خاک دارای بیشترین میزان کادمیم دانه بودند، مقدار اختلاف غلظت کادمیم اندام های آنها با هم تفاوت داشت. در سطح صفر، میزان کادمیم بخش های گیاهی قابل اندازه گیری نبود. بنابر نتایج بدست آمده می توان پیشنهاد داد که روند تجمع و انتقال کادمیم از ریشه، برگ و ساقه به دانه در هر رقم گندم و در هر سطح از آلودگی خاک، با یک دیگر متفاوت می باشد.

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، ارقام گیاهی، فلز سنگین

مقدمه

فلزات سنگین، تهدید جدی برای خاک و تولیدات کشاورزی، سایر موجودات و انسان نیز محسوب می شوند (Wang et al., 2017; Abedi and Mojiri, 2020). در میان این فلزات، کادمیم به دلیل داشتن ماندگاری بالا در محیط خاک و تداوم زیست فراهمی[۱] در دراز مدت، عنصری است که سمیت آن در خاک پایدار است. طبق تحقیقات گذشته، مصرف

[1] Bioavailability

مواد غذایی مسیر عمده دریافت کادمیم می باشد (Liu et al., 2020). با توجه به اهمیت دانه گندم نسبت به سایر اندام ها به عنوان محصول مصرفی در رژیم غذایی انسان، تعدادی از مطالعات گذشته به منظور تعیین عامل موثر بر انباشت کادمیم دانه، به مقایسه انتقال این عنصر میان بخش های مختلف گیاه پرداختند. بر این اساس بعضی از پژوهش ها، انتقال کادمیم از ریشه به اندام های هوایی و یا انتقال مستقیم از ریشه به دانه را عامل عمده در تجمع این عنصر در دانه گندم می دانند (Greger and Lofstedt, 2004; Harris and Taylor, 2013; Clemens, S. and Ma, 2016). با توجه به اطلاعات ناکافی در زمینه مقایسه اختلاف میان مقادیر کادمیم دانه، برگ، ساقه و ریشه و بطور کلی میزان کادمیم ذخیره شده توسط ارقام مختلف گندم در ایران، پژوهش حاضر به بررسی توانایی برخی از رقم های گندم نان و دوروم در جذب این عنصر، تحت تاثیر سطوح مختلف کادمیم خاک پرداخته است.

مواد و روش ها

نمونه خاک بصورت سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) از مزرعه‌ی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که غلظت کل کادمیم آن کمتر از حد مجاز (<۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود، برداشت شد (اداره محیطزیست ۲۰۲۱). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه بعد از عمل هوا خشک و عبور از الک ۲ میلی متری بر اساس روش های مرسوم، مورد آنالیز قرار گرفت. ارقام گندم نیز با توجه به عادات رشدی و قدرت جوانه‌زنی، شامل چهار رقم گندم نان بهاره (*Triticum aestivum*) (سیروان، رخشان، طلایی، پارسی)، و پنج رقم گندم دوروم بهاره (*Triticum durum*) (بهرنگ، هانا، آران، شبرنگ، ثنا)، برای این مطالعه انتخاب شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. غلظت کادمیم کل در خاک با روش تیزاب سلطانی و غلظت کادمیم در اندام گیاهی با روش هضم تر (نیتریک اسید و آب اکسیژنه) اندازه گیری گردید. به منظور مقایسه میانگین اختلاف غلظت کادمیم میان اندام های مختلف ارقام گندم، از آزمون دانکن و نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

با مقایسه میانگین اختلاف غلظت کادمیم ریشه، برگ و ساقه با غلظت کادمیم دانه، در میان بعضی از ارقام نتایج مشابهی بدست آمد (جدول ۱). در سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم با مقایسه اختلاف میزان کادمیم ریشه و دانه رقم سیروان (گونه نان)، مشاهده شد که این رقم در میان سایر ارقام، دارای کمترین اختلاف بود (جدول ۱). با توجه به این موضوع و میزان کادمیم برگ و ساقه رقم سیروان که در هر دو سطح دارای بیشترین میزان کادمیم بود، می توان نتیجه گرفت رقم سیروان بیشتر مقدار کادمیم جذب شده توسط ریشه را نسبت به ارقام دیگر به ساقه و برگ منتقل و ذخیره می کند. بطوریکه اختلاف میزان کادمیم ساقه و دانه نسبت به برگ و دانه عدد کمتری است و احتمالا مکانیسم جلوگیری از انباشت کادمیم در دانه رقم سیروان با کاهش انتقال از برگ به دانه صورت می گیرد. در رقم رخشان، میزان اختلاف بین ریشه و دانه نسبت به ارقام دیگر زیاد است ولی در هر دو سطح دارای کمترین اختلاف بین برگ و ساقه با دانه است (جدول ۱). بر اساس این نتایج

می توان دریافت که احتمالا دلیل انباشت زیاد کادمیم در دانه این رقم نسبت به سایر ارقام در انتقال زیاد از برگ و ساقه به دانه است. همچنین تنها رخشان الگوی انتقال خود را با افزایش سطح آلودگی تغییر داد. بیشترین مقدار اختلاف برگ و دانه در سطح ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم میان ارقام نان در رقم پارسی مشاهده شد (جدول ۱) و با توجه به میزان بالای کادمیم برگ این رقم، مکانیسم جلوگیری از انباشت کادمیم در دانه را می توان محدودیت انتقال از برگ به دانه در نظر گرفت. در رقم ثنا در هر دو سطح بیشترین اختلاف ریشه با دانه و در سطح ۲۰ نیز بیشترین تفاوت برگ با دانه مشاهده شد، بر این اساس بنظر می رسد مکانیسم رقم ثنا در محدودیت انتقال ریشه به دانه و در سطوح بالاتر آلودگی، برگ به دانه نیز موثر است. رقم هانا با وجود داشتن کمترین اختلاف بین غلظت کادمیم اندام های مختلف، مقدار کم کادمیم در دانه و با بررسی میزان غلظت کادمیم ریشه، می توان روش محدود کردن انباشت کادمیم در آن را، جذب کم کادمیم توسط ریشه در نظر گرفت، چنانچه که دارای کمترین مقدار کادمیم ریشه بود. Greger and Lofstedt (۲۰۰۴) بیان کردند اختلاف غلظت کادمیم ریشه و دانه ارقامی که در دانه خود میزان قابل توجهی از این عنصر را ذخیره نمودند، کم می باشد. این موضوع با نتایج بدست آمده برای رقم بهرنگ که در هر دو سطح بیشترین مقدار کادمیم بذر را به خود اختصاص داد، مشابه بود. Gallego و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ای گزارش نمودند که با وجود سمیت فلز کادمیم، گونه های گیاهی مکانیسم های متفاوتی در خود به منظور افزایش تحمل نسبت به این تنش توسعه داده اند؛ دفع فعال فلز، محدود کردن توزیع فلز در میان بافت‌های حساس، اتصال فلز به دیواره سلولی، کلات شدن توسط مولکول‌های آلی و ذخیره سازی در واکوئل‌ها، برخی از این مکانیسم‌ها هستند. در مطالعه حاضر، بر اساس بررسی میزان اختلاف غلظت میان اندام های مختلف، می توان احتمال مقاومت ارقام گندم را با کاهش انتقال و پراکندگی کادمیم در میان بخش های مختلف گیاه حدس زد. چنانچه به جز ارقام طلایی، هانا، شبرنگ و ثنا که مقدار کادمیم کمتری در دانه خود ذخیره کردند و با افزایش سطح آلودگی خاک میزان اختلاف کادمیم اندام های مختلف و دانه آن ها نیز افزایش یافت، سایر ارقام نیز با تغییر سطح آلودگی خاک به منظور کاهش تجمع بیش از اندازه کادمیم در اندام هوایی، اختلاف غلظت کادمیم حداقل یکی از اندام های گیاهی را با غلظت کادمیم دانه افزایش دادند. بعنوان مثال غلظت کادمیم ساقه در بیشتر ارقام دارای کمتر ین اختلاف با میزان کادمیم دانه بود ولی همزمان با افزایش سطح آلودگی این اختلاف افزایش یافت. تمام این نتایج می تواند نشان دهنده تلاش ارقام گندم به منظور کاهش انباشت کادمیم در دانه با افزایش سطح آلودگی خاک باشد.

جدول ۱- نسبت غلظت کادمیم ریشه، برگ و ساقه به غلظت کادمیم دانه در ارقام گندم در دو سطح ۱۰ و ۲۰ میلی گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک

	نسبت ریشه به دانه		نسبت برگ به دانه		نسبت ساقه به دانه	
ارقام	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)
سیروان	۳۱/۲۴^{cd}	۲۰/۸۷^{e}	۴/۰۵^{ba}	۳/۵۴^{b}	۱/۷۹^{b}	۲/۴۷^{c}

رخشان	۴۲/۶۴^{b}	۲۳/۷۴^{de}	۰/۷۹^{d}	۱/۹۰^{cd}	۱/۰۶^{cb}	۱/۱۹^{d}
طلایی	۳۲/۰۸^{cd}	۳۵/۰۸^{c}	۳/۰۳^{bc}	۳/۳۱^{b}	۱/۱۰^{cb}	۲/۳۲^{c}
پارسی	۳۸/۵۳^{cb}	۲۴/۶۳^{de}	۳/۴۸^{bc}	۴/۸۰^{a}	۱/۲۹^{cb}	۲/۲۳^{c}
بهرنگ	۲۷/۴۱^{ed}	۲۲/۶۹^{de}	۵/۰۳^{a}	۲/۶۹^{cb}	۲/۸۹^{a}	۲/۶۰^{cb}
هانا	۱۹/۸۲^{e}	۳۷/۳۹^{c}	۱/۲۳^{d}	۱/۵۹^{d}	۰/۷۱^{cd}	۱/۲۹^{d}
آران	۳۴/۳۵^{cbd}	۳۱/۴۴^{dc}	۲/۱۰^{dc}	۲/۶۵^{cb}	۰/۸۴^{cd}	۲/۰۴^{c}
شبرنگ	۴۴/۳۱^{b}	۴۹/۳۰^{b}	۱/۳۸^{d}	۳/۱۶^{b}	۳/۰۷^{a}	۵/۳۴^{a}
ثنا	۵۸/۴۱^{a}	۷۷/۲۳^{a}	۱/۶۷^{d}	۴/۴۰^{a}	۰/۱۲^{d}	۳/۰۱^{b}

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار است.
میزان کادمیم اندام گیاهی در سطح صفر کادمیم خاک قابل اندازه گیری نیود.

نتیجه گیری

با مقایسه کلی داده ها به این نتیجه می توان دست یافت که در تمام ارقام گندم شامل آن ارقامی که مقدار کم و یا مقدار زیادی از کادمیم را در دانه خود ذخیره می کنند، مکانیسمی به منظور جلوگیری از انباشت این عنصر در اندام هوایی، وجود دارد ولی توانایی آن ها در مقایسه با یکدیگر متفاوت می باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد این تفاوت رفتاری میان ارقام مختلف نیز در تعیین استانداردهای ارقام حساس و یا غیرحساس گندم به کادمیم نیز باید لحاظ شود.

منابع

اداره کل محیط زیست جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۹۲. استانداردهای کیفی منابع خاک و راهنماهای آن، تهران.

Abedi, T. and Mojiri, A. (2020). Cadmium uptake by wheat (*Triticum aestivum L.*): An overview. *Journal of Plants*, 9(4): 1–14.

Clemens, S. and Ma, J. F. (2016). Toxic Heavy Metal and Metalloid Accumulation in Crop Plants and Foods. *Journal of Annual Review of Plant Biology*, 67: 489–512.

Gallego, S. M., Pena, L. B., Barcia, R. A., Azpilicueta, C. E., Iannone, F., Rosales, E. P., Zawoznik, M. S., Groppa, M. D. and Benavides, M. P. (2012). Unraveling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mechanisms. *Journal of Environmental and Experimental Botany.* 83: 33– 46.

Greger, M. and Löfstedt, M. (2004). Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Journal of Crop Science*, 44 (2): 501–507.

Harris, N. S. and Taylor, G. J. (2013). Cadmium uptake and partitioning in durum wheat during grain filling. *Journal of BMC Plant Biology*, 13 (1): 1–16.

Liu, N., Huang, X., Sun, L., Li, S., Chen, Y., Cao, X., Wang, W., Dai, J. and Rinnan, R. (2020). Screening stably low cadmium and moderately high micronutrients wheat cultivars under three different agricultural environments of China. *Journal of Chemosphere*, 241 (125065).

Wang, S., Wu, W., Liu, F., Liao, R. and Hu, Y. (2017). Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 24 (18): 15209–15225.

Comparison of the Difference in Soil Cadmium Uptake by Various Organs in Selected Bread and Durum Wheat Cultivars

Narges Abedinzadeh[1], Amir Fotovat[*2], Basir Atarodi[3]
1. MSc Graduated, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad
*2. Professor, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding Author,)
E-mail: afotovat@um.ac.ir
3. , Soil and Water Research Division, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad

Abstract

A pot experiment was conducted to investigate the difference in cadmium (Cd) absorption by different organs of wheat among nine cultivars and their relationships with each other. This research was carried out as a factorial experiment and according to a completely randomized design with three treatments including three levels of 0, 10, and 20 mg of Cd per kg of soil with three replications in the research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The concentration of Cd in grain, leaves, stem and root was significantly different ($p<0.05$) among the wheat cultivars. Based on the results of

the difference in Cd concentration between various organs, the highest differences in both Cd levels were observed between root and grain Cd content and the lowest difference was recorded between stem and grain concentration. In this way, the highest difference between the amount of Cd in root and grain in Sana at the level of 20 mg kg^{-1} and the lowest difference between the stem and grain of this cultivar was occurred at the level of 10 mg kg^{-1}. It is important to note that Sana had the lowest grain Cd concentration in both Cd levels of soil and all the study cultivars. Moreover, in Rakhshan and Behrang which had the highest amount of grain Cd in both soil Cd levels, the difference in Cd content of their organs was not similar. At the level of 0 mg kg^{-1}, the amount of Cd in plant parts could not be detected for the comparison. According to the obtained results, it seems that the process of accumulation and transfer of Cd from root, leaf, and stem to grain in each wheat cultivar and at each level of soil contamination is diverse. Therefore, the different behavior of wheat cultivars should be included in providing the relevant pollution standards required in wheat cultivars.

Keywords: Soil pollution, Plant cultivars, Heavy metal

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
هجدهمین کنگره علوم خاک ایران
مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک
(شوری، آلودگی، گرد و غبار)
۱۲-۱۰ بهمن ماه ۱۴۰۲
انجمن علوم خاک ایران
Soil Science Society of Iran

مقایسه تفاوت میزان کادمیم اندام های مختلف در برخی ارقام گندم نان و دوروم

نرگس عابدین زاده[۱]، امیر فتوت[۲]*، بصیر عطاردی[۳]
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد؛ * afotovat@um.ac.ir
۳- عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد

چکیده

این تحقیق بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار شامل سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک با سه تکرار صورت گرفت. بر اساس نتایج اختلاف غلظت کادمیم میان اندام های مختلف، بیشترین تفاوت ها در هر دو سطح کادمیم، میان غلظت ریشه و دانه و کمترین تفاوت، میان غلظت ساقه و دانه مشاهده شد. به این ترتیب بیشترین اختلاف میان میزان کادمیم ریشه و دانه در رقم ثنا و سطح ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید. قابل به ذکر است که رقم ثنا، دارای کمترین غلظت کادمیم دانه در هر دو سطح کادمیم و تمام ارقام مورد مطالعه بود. همچنین رقم سیروان با کمترین میزان اختلاف میان ریشه و دانه، در هر دو سطح کادمیم خاک دارای بیشترین میزان کادمیم دانه بود. بنابر نتایج بدست آمده می توان پیشنهاد داد که روند تجمع و انتقال کادمیم از ریشه، برگ و ساقه به دانه در هر رقم گندم و در هر سطح از آلودگی خاک، با یک دیگر متفاوت می باشد.

واژگان کلیدی: ارقام گندم، آلودگی خاک، کادمیم

مقدمه

در میان فلزات سنگین، کادمیم به دلیل داشتن ماندگاری بالا در محیط خاک و تداوم زیست فراهمی در دراز مدت، عنصری است که سمیت آن در خاک پایدار است. با توجه به اهمیت دانه گندم نسبت به سایر اندام ها به عنوان محصول مصرفی در رژیم غذایی انسان، مطالعات گذشته به مقایسه انتقال این عنصر میان بخش های مختلف گیاه پرداختند. بر این اساس بعضی از پژوهش ها، انتقال کادمیم از ریشه به اندام های هوایی و یا انتقال مستقیم از ریشه به دانه را عامل عمده در تجمع این عنصر در دانه گندم می دانند (Greger and Lofstedt, 2004). با توجه به اطلاعات ناکافی در ایران، پژوهش حاضر به بررسی توانایی برخی از رقم های گندم نان و دوروم در جذب این عنصر، تحت تاثیر سطوح مختلف کادمیم خاک پرداخته است.

مواد و روش‌ها

بعد از برداشت نمونه خاک، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن بر اساس روش های مرسوم، مورد آنالیز قرار گرفت. ارقام گندم نیز شامل چهار رقم گندم نان بهاره (*Triticum aestivum*) (سیروان، رخشان، طلایی، پارسی)، و پنج رقم گندم دوروم بهاره (*Triticum durum*) (بهرنگ، هانا، آران، شبرنگ، ثنا)، برای این مطالعه انتخاب شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. غلظت کادمیم در اندام گیاهی با روش هضم تر (نیتریک اسید و آب اکسیژنه) اندازه گیری گردید. به منظور مقایسه میانگین اختلاف غلظت کادمیم میان اندام های مختلف ارقام گندم، از آزمون دانکن و نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

در میان ارقام مورد مطالعه، رقم سیروان دارای کمترین و رقم ثنا در هر دو سطح دارای بیشترین اختلاف ریشه با دانه بودند. با توجه به غلظت دانه این دو رقم، می توان حدس زد که در رقم سیروان احتمالا بیشترین مقدار کادمیم جذب شده توسط ریشه به اندام هوایی به خصوص دانه منتقل شده است ولی در رقم ثنا، دلیل انباشت کم کادمیم در دانه را می توان به عدم انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی مرتبط دانست. Greger and Lofstedt (2004) بیان کردند اختلاف غلظت کادمیم ریشه و دانه ارقامی که در دانه خود میزان قابل توجهی از این عنصر را ذخیره نمودند، کم می باشد. این موضوع با نتایج بدست آمده برای رقم بهرنگ که در هر دو سطح بیشترین مقدار کادمیم بذر را نیز به خود اختصاص داد، مشابه بود. با مقایسه کلی داده ها به این نتیجه می توان دست یافت که در تمام ارقام گندم شامل آن گروه که مقدار کم و یا مقدار زیادی از کادمیم را در دانه خود ذخیره می کنند، مکانیسمی به منظور جلوگیری از انباشت این عنصر در اندام هوایی، وجود دارد ولی توانایی آن ها در مقایسه با یکدیگر متفاوت می باشد. از این رو در مطالعات آینده به منظور بررسی رفتار گندم در جذب کادمیم بهتر است از تعداد بیشتر و در دامنه وسیع تری از ارقام مختلف استفاده نمود.

جدول ۱- نسبت غلظت کادمیم ریشه، برگ و ساقه به غلظت کادمیم دانه در ارقام گندم در دو سطح ۱۰ و ۲۰ میلی گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک

ارقام گندم	نسبت ریشه به دانه		نسبت برگ به دانه		نسبت ساقه به دانه	
	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۱۰ ($mg\ kg^{-1}$)	سطح ۲۰ ($mg\ kg^{-1}$)
سیروان	۳۱/۲۴^{cd}	۲۰/۸۷^{e}	۴/۰۵^{ba}	۳/۵۴^{b}	۱/۷۹^{b}	۲/۴۷^{c}
رخشان	۴۲/۶۴^{b}	۲۳/۷۴^{de}	۰/۷۹^{d}	۱/۹۰^{cd}	۱/۰۶^{cb}	۱/۱۹^{d}
طلایی	۳۲/۰۸^{cd}	۳۵/۰۸^{c}	۳/۰۳^{bc}	۳/۳۱^{b}	۱/۱۰^{cb}	۲/۳۲^{c}
پارسی	۳۸/۵۳^{cb}	۲۴/۶۳^{de}	۳/۴۸^{bc}	۴/۸۰^{a}	۱/۲۹^{cb}	۲/۲۳^{c}
بهرنگ	۲۷/۴۱^{cd}	۲۲/۶۹^{de}	۵/۰۲^{a}	۲/۶۹^{cb}	۲/۸۹^{a}	۲/۶۰^{cb}
هانا	۱۹/۸۲^{e}	۳۷/۳۹^{c}	۱/۲۳^{d}	۱/۵۹^{d}	۰/۷۱^{cd}	۱/۲۹^{d}
آران	۳۴/۳۵^{cbd}	۳۱/۴۴^{dc}	۲/۱۰^{dc}	۲/۶۵^{cb}	۰/۸۴^{cd}	۲/۰۴^{c}
شبرنگ	۴۴/۳۱^{b}	۴۹/۳۰^{b}	۱/۳۸^{d}	۳/۱۶^{b}	۳/۰۷^{a}	۵/۳۴^{a}
ثنا	۵۸/۴۱^{a}	۷۷/۲۲^{a}	۱/۶۷^{d}	۴/۴۰^{a}	۰/۱۲^{d}	۳/۰۱^{b}

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار است. میزان کادمیم اندام گیاهی در سطح صفر کادمیم خاک قابل اندازه گیری نبود.

منابع

Greger, M. and Löfstedt, M. (2004). Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Journal of Crop Science*, 44 (2): 501–507.