

## اثرات کودهای آلی، گاوی و اوره بر انباشتگی کادمیوم و رشد گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*)

سیف‌اله فلاح<sup>1</sup>، فتانه سلطانی‌نژاد و محمودرضا تدین

استاد دانشگاه شهرکرد؛ falah1357@yahoo.com

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد؛ soltanifataneh@yahoo.com

دانشیار دانشگاه شهرکرد؛ mrtadayon@yahoo.com

دریافت: 94/1/19 و پذیرش: 95/9/17

### چکیده

سبزیجات یکی از مهم‌ترین منابع ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان هستند که می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت انسان باشد. بنابراین، به منظور بررسی اثرات کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر تجمع کادمیوم در گیاه خرفه، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار اجرا شد. تیمارهای کودی شامل دو سطح کود گاوی (60 و 120 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)، دو سطح کود اوره (60 و 120 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)، سه سطح کود تلفیقی (60 + 30، 45+45، 60+30 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی و کود اوره)، تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تحت دو سطح کادمیوم (عدم کاربرد کادمیوم و کاربرد 10 میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد غلظت و تجمع کادمیوم در گیاه با افزایش نیتروژن خصوصاً از منبع کود گاوی کاهش یافت و تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی دارای کمترین میزان کادمیوم بود. با افزایش مصرف کودهای اوره، گاوی و تلفیقی، غلظت و جذب نیتروژن افزایش یافت. بیشترین عملکرد در تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی حاصل شد و عملکرد تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار 90 میلی‌گرم نیتروژن از منبع تلفیقی (1:1) در رتبه بعدی قرار گرفت. به طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از کود گاوی در تولید سبزیجات به دلیل جلوگیری از انتقال کادمیوم به بافت سبزیجات راهکار مؤثری برای حفاظت زنجیره غذایی از آلودگی به کادمیوم است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، سبزی سالم، کود دامی، فلز سنگین

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

شدن خاک روی حلالیت کادمیوم می‌باشد (میتچل و همکاران، 2000). همچنین افزایش در میزان کاربرد کود نیتروژنه قدرت یونی محلول خاک را افزایش می‌دهد و رقابت بیشتر بین کادمیوم و کاتیون‌های موجود در الکترولیت را باعث می‌شود که پس‌دهی فلزات سنگین از مکان‌های تبادل یا کلوئیدهای خاک را از طریق یون‌های تبدالی به‌دنبال دارد (لورنز و همکاران، 1994 و میتچل و همکاران، 2000). اثرات کود نیتروژن روی غلظت کادمیوم بدون ابهام نیست. برای مثال جانسون و اریکسون (2003) همبستگی مثبتی بین کاربرد نیتروژن و غلظت کادمیوم در دانه گندم زمستانه و بهاره یافتند. میتچل و همکاران (2000) نیز با بررسی مقادیر صفر، 100، 200، 400، 600 و 800 میلی‌گرم بر گرم نیتروژن از منبع اوره گزارش کردند که غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی و دانه گندم دوروم با افزایش کاربرد نیتروژن افزایش یافت. آنها بیان داشتند که افزایش تجمع کادمیوم ممکن است به دلیل افزایش قدرت یونی خاک و به دنبال آن واکنش تبادل یونی و یا اسیدی شدن خاک با کاربرد کود اوره باشد که حلالیت کادمیوم و غلظت آن را در خاک افزایش می‌دهد. در حالی که لاندبرگ و گریگر (2003) در یک کشت هیدروپونیک و یک مطالعه گلدانی گزارش کردند که غلظت کادمیوم در دانه گندم با افزایش میزان نیتروژن کاهش و تولیدات زیست‌توده افزایش یافت. آنان بیان کردند که این کاهش به دلیل افزایش در تولید زیست‌توده می‌باشد. جاوی و همکاران (1997) اثری از کودهای نیتروژنه روی غلظت کادمیوم در دانه گندم نیافتند.

لیو و همکاران (2009) در بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست کود مرغی (صفر، 30، 60 و 120 گرم بر کیلوگرم خاک) و سطوح مختلف کادمیوم (صفر، 2، 10 و 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر روی گندم گزارش نمودند که با افزایش میزان کمپوست عملکرد گیاه در شرایط کاربرد کادمیوم و عدم کاربرد کادمیوم افزایش یافت که در شرایط عدم کاربرد کادمیوم عملکرد بیشتر بود. همچنین در سطح عدم مصرف کادمیوم تفاوتی در غلظت کادمیوم در ساقه و دانه بین تیمارهای کودی مشاهده نشد و در دیگر سطوح کادمیوم با افزایش میزان کمپوست غلظت و تجمع کادمیوم در گیاه کاهش یافت، به گونه‌ای که در سطوح 10 و 50 میلی‌گرم کادمیوم، کاربرد 120 گرم کمپوست در مقایسه با 30 گرم کمپوست کاهش 50 درصد غلظت کادمیوم در دانه گندم را باعث شد. این مشاهدات اشاره دارد که کادمیوم قابل مبادله و انحلال‌پذیر به باندهای آلی و شکل‌های دیگر تبدیل می‌شود. تعدیل

آلودگی خاک با فلزات سنگین از جمله کادمیوم یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است و با انتقال این عناصر سمی از طریق تولیدات گیاهی به انسان، سلامتی افراد جامعه به خطر می‌افتد. علاوه بر آن آلوده شدن خاک و آب، پایداری تولیدات کشاورزی را دچار مخاطره می‌سازد و ممکن است موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول شود. زیرا کادمیوم به راحتی توسط سیستم ریشه گیاه جذب شده و سمیت آن برای گیاه 2 تا 20 برابر سایر فلزات سنگین می‌باشد (ثوابقی و همکاران، 1381).

پژوهشگران دریافته‌اند که فلزات سنگین بر رشد گیاه اثرات بازدارندگی دارند. در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثر کادمیوم بر گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) توسط گونزالز (2009) انجام شد، وزن خشک تیمار 0/01 مولار کادمیوم اختلافی تیمار شاهد نداشت و همچنین نشان داده شد که غلظت‌های پایین این فلز باعث افزایش در زیست‌توده گیاه می‌شود که گیاه را قادر به تحمل سمیت فلز در مقادیر کم می‌کند.

تحرك و فراهمی کادمیوم در خاک به وسیله فرایندهایی تنظیم می‌شود که خود تحت تأثیر شیوه‌های مدیریت خاک از قبیل کوددهی است (میتچل و همکاران، 2000). کاربرد کود شیمیایی می‌تواند قابلیت در دسترس بودن کادمیوم را مستقیماً تحت تأثیر قرار دهد به عنوان مثال کادمیوم به عنوان یک آلاینده در کودهای فسفوره وجود دارد (وانگسترن و همکاران، 2007). همچنین استفاده از فاضلاب در مناطق مختلف برای آبیاری مزارع و نشت‌های فاضلاب کارخانه‌ها باعث آلوده شدن زمین-های زراعی با کادمیوم شده است (نظری و همکاران، 1393) و این آلودگی از طریق گیاهان که مهم‌ترین منبع ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان هستند می‌تواند بر سلامت جامعه تأثیر زیادی داشته باشد (ساتاریو و همکاران، 2002). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی حداکثر مقدار مجاز کادمیوم در رژیم غذایی روزانه انسان 0/1 میلی‌گرم در لیتر است. همچنین این سازمان حد مجاز کادمیوم برای حیوانات را 10 تا 20 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است (کاباتا و پن دیاس، 2001). کودهای شیمیایی نیتروژنه ممکن است غلظت کادمیوم در گیاهان را حتی اگر حاوی مقادیر قابل توجهی از کادمیوم نباشند، افزایش دهند. کودهای نیتروژنه حاوی آمونیوم (اوره) می‌توانند pH خاک را به دلیل آزادسازی یون هیدروژن کاهش دهند، در واقع اوره توانایی مبادله و قابلیت انحلال کادمیوم در خاک را افزایش می‌دهد که بیانگر اثر اسیدی

## مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف اثرات کودهای نیتروژن‌دار بر کاهش انتقال کادمیوم خاک به گیاه خرفه در گلخانه‌ی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال 91 انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار اجرا شد. تیمارهای مختلف کودی شامل کاربرد جداگانه کود گاوی و اوره در دو سطح 60 و 120 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم، سه تیمار تلفیقی (60 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره + 30 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی، 45 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره + 45 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی و 30 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره + 60 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی) و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به عنوان فاکتور اول و دو سطح کادمیوم (عدم کاربرد کادمیوم و کاربرد 10 میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) به عنوان فاکتور دوم مورد مطالعه قرار گرفتند.

در اردیبهشت ماه مقدار 10 کیلوگرم از خاک داخل گلدان‌هایی با حجم (قطر کوچک و بزرگ 22 و 30 و ارتفاع 30 سانتیمتر)، ریخته شد و در تیمارهای دارای کود گاوی، این مقدار خاک کاملاً با کود مخلوط گردید و در تیمارهای دارای کود اوره 50 درصد این کود با خاک گلدان مخلوط شد. کود گاوی بصورت نیمه پوسیده و الک شده به کار برده شد. کادمیوم از منبع کلرید کادمیوم ( $CdCl_2 \cdot H_2O$ ) به صورت محلول در 0/5 لیتر آب مقطر قبل از کشت توسط افشانه به طور کامل با خاک هر گلدان مخلوط شد.

در تیمارهای دارای کود اوره، کود سوپرفسفات تریپل معادل فسفر کود گاوی قبل از کشت به خاک افزوده شد و به دلیل کافی بودن پتاسیم خاک هیچ‌گونه کود پتاسیمی به خاک افزوده نشد. باقیمانده کود اوره نیز پس از برداشت چین اول به صورت سرک اضافه گردید.

بذور خرفه (توده محلی اهواز) در تاریخ 16 اردیبهشت در هر گلدان 70 با تراکم بذر در عمق یک سانتی‌متری خاک کشت گردید. کشت به صورت خشکه کاری و بلافاصله بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت، و پس از سبز شدن آبیاری‌های بعدی بسته به نیاز گیاه هر 3 تا 5 روز یکبار انجام شد. در طول دوره آزمایش مراقبت‌های لازم از جمله وجین دستی علف هرز، تنک کردن و آبیاری انجام گرفت. در مرحله 4 برگ‌ی عملیات تنک کردن انجام و تعداد گیاهچه‌ها به 40 عدد کاهش یافت.

در این آزمایش برداشت چین در ابتدای گلدهی (25 تیر ماه) و چین دوم در تاریخ 23 مرداد از ارتفاع 5

کادمیوم متحرک به نوع غیر متحرک در جذب آن توسط گیاهان و سمیت فلزات سنگین مهم می‌باشد.

در ارتباط با تأثیر استفاده از سطوح مختلف کودهای نیتروژن‌دار بر غلظت و جذب نیتروژن گزارش شده است که میزان نیتروژن در گیاه با کاربرد کود اوره، کود مرغی و تلفیق آنها به ترتیب به میزان 53 تا 59، 24 تا 29 و 24 تا 50 درصد افزایش یافت و بالاترین غلظت نیتروژن گیاه در تیمار کود اوره مشاهده شد (عباسی و همکاران، 2010). در آزمایشی که توسط تزوتو و همکاران (2012) در مورد تأثیر سطوح مختلف کادمیوم، روی و نیکل بر روی قهوه انجام شد، مشخص گردید که غلظت نیتروژن در برگ‌ها با کاربرد نیکل و روی تغییری نکرد اما کادمیوم باعث کاهش غلظت نیتروژن در برگ‌ها شد. در حالی‌که یاسن و همکاران (2007) با آزمایش تأثیر منابع آلی و کود NPK بر کاهش سمیت فلزات سنگین (کادمیوم، روی و سرب) در گیاه اسفناج گزارش نمودند که غلظت و جذب نیتروژن در گیاهان رشد کرده در خاک تیمار شده با فلزات سنگین نسبت به خاک غیر آلوده کاهش نشان داد، که احتمالاً به دلیل اثرات مضر فلزات روی رشد گیاه و تداخل فلزات و مواد غذایی است و استفاده از کود گاوی (5 و 10 تن در هکتار) در مقایسه با کود شیمیایی غلظت و جذب نیتروژن بیشتری را در اسفناج رشد کرده در هر دو خاک باعث شد.

روند مصرف کودهای فسفوره در اراضی کشاورزی کشور و به تبع آن افزایش کادمیوم موجود در خاک (رابینسون و همکاران، 2000)، این نکته را به همراه دارد که ممکن است گیاهان کشت شده در چنین شرایطی نیز حاوی کادمیوم باشند و سطح آلودگی این گیاهان برای مصرف‌کنندگان خطرناک شود. بنابراین در چنین شرایطی کاهش انتقال کادمیوم خاک به داخل بخش‌های خوراکی گیاه ضروری است.

با توجه به اینکه کادمیوم موجود در خاک می‌تواند توسط گیاه جذب و علاوه بر ریشه در برگ‌ها نیز تجمع یابد (داویس و کالتون - اسمیت، 1980 و لارسون و همکاران، 1998)، و گزارش‌های متعددی وجود دارد که عمده سبزیجات کشور در خاک‌های دارای سطح بالایی از آلودگی کادمیوم تولید می‌شود (یارقلی و همکاران، 1388)، این موضوع تهدیدی جدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان است. از اینرو در این آزمایش اثر کود دامی، شیمیایی و تلفیقی بر جلوگیری از انتقال کادمیوم خاک به گیاه خرفه به عنوان یکی از سبزیجات پرمصرف کشور مورد بررسی قرار گرفت.

کلریدریک استاندارد بورات آمونیوم اندازه‌گیری شده و میزان نیتروژن تخمین زده شد (امامی، 1375).

برای تعیین تجمع کادمیوم حاصلضرب غلظت کادمیوم در عملکرد ماده خشک استفاده شد (شریفی و همکاران، 1389). جذب نیتروژن نیز از حاصلضرب غلظت نیتروژن در عملکرد ماده خشک محاسبه گردید.

محاسبات آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. میانگین صفات مورد مطالعه در سطح 0/05 درصد و توسط آزمون LSD مورد مقایسه قرار گرفتند.

### نتایج و بحث عملکرد

همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود، اثرات اصلی کودهای نیتروژن‌دار و کادمیوم و همچنین اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد دو چین معنی‌دار بود. در شرایط عدم مصرف کادمیوم بیشترین عملکرد با تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره حاصل شد که با همین سطح از منبع کود گاوی و 90 میلی‌گرم نیتروژن از منبع تلفیقی 2:1 و 1:1 برتری معنی‌داری نداشت (شکل 1-الف). در چین دوم، بیشترین عملکرد در تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی حاصل شد و تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با تیمار تلفیقی کود اوره و گاوی با نسبت 1:2 اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 1-ب). در شرایط مصرف کادمیوم عملکرد به طور کلی کاهش پیدا کرد. مهار رشد در حضور فلزات سنگین به علت بعضی اختلالات مثل وضعیت آب سلولی، میتوز، سیکل سلولی و استحکام دیواره سلولی می‌باشد (ایل - تیب و همکاران، 2006).

ساتی متری سطح خاک و سپس با توزین اندام‌های هوایی میزان عملکرد گیاه تعیین شد.

اندازه‌گیری غلظت کادمیوم در گیاه به روش خاکستر خشک با اسید کلریدریک انجام شد. در این روش ابتدا 0/5 گرم از نمونه‌های پودر شده گیاهی درون ظروف چینی مخصوص ریخته شد و به مدت 5/5 ساعت در دمای 550 درجه سلسیوس در کوره گذاشته شدند. سپس 10 میلی‌لیتر اسید کلریدریک 2 مولار درون ظروف چینی ریخته شد و به مدت 20 دقیقه در زیر هود روی گرم‌کن قرار داده شد تا حدود نیمی از اسید اضافه شده تبخیر شود. پس از آن، با عبور دادن محتویات درون ظروف چینی از کاغذ صافی واتمن 42 به بالن‌های 50 میلی‌لیتری، حجم نهایی عصاره با استفاده از آب مقطر به 50 میلی‌لیتر رسانده شد (امامی، 1375).

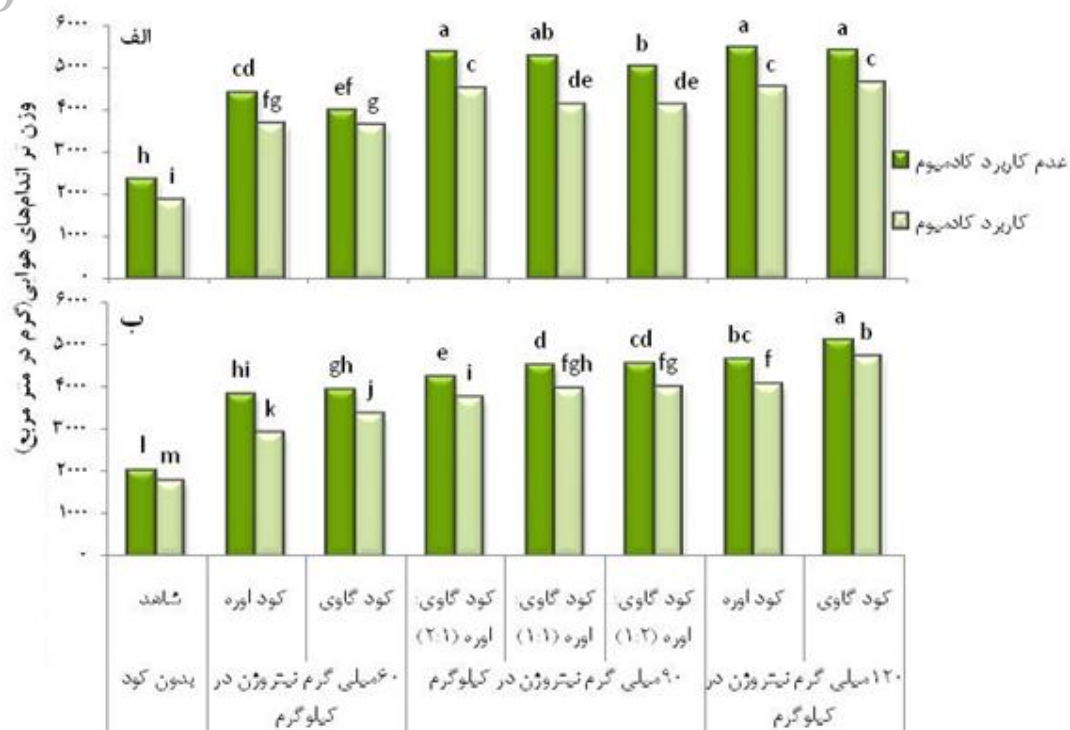
برای اندازه‌گیری غلظت کادمیوم عصاره تهیه شده از دستگاه جذب اتمی مدل (Spectrophotometer (GBC-932 plus Atomic Absorption) استفاده گردید (امامی، 1375).

برای تعیین غلظت نیتروژن گیاه ابتدا نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه آسیاب برقی خرد شدند. سپس، یک نمونه 0/3 گرمی از هر تیمار توزین شد و میزان نیتروژن کل با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون توسط دستگاه کج‌جدال مدل Gerhardf Vapodest اندازه‌گیری شد. با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ (عامل اکسید کننده)، سولفات سدیم انیدر (بالا آورنده نقطه جوش محلول) و یک کاتالیزور هضم انجام شد. در نتیجه عمل هضم، نیتروژن ماده غذایی به جز نیتروژن نیترات‌ها و نیتريت‌ها به سولفات آمونیوم تبدیل شده، که بعد از حرارت دادن آن با هیدروکسید سدیم در مجاورت بخار به گاز آمونیاک تبدیل گردید و گاز آمونیاک در محلول اشباع اسید بوریک جمع‌آوری گردید. سپس با تیتراسیون توسط اسید

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن‌دار و کادمیوم بر عملکرد گیاه خرفه

عملکرد		درجه آزادی	منبع تغییر
چین اول	چین دوم		
5746527**	81774**	7	کودهای نیتروژن‌دار
6998149**	5729**	1	کادمیوم
95659*	6009**	7	کودهای نیتروژن‌دار × کادمیوم
37110	44/9	32	خطای آزمایشی
4/54	2/02		ضریب تغییرات (%)

\* و \*\* به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند.



شکل 1- اثر متقابل کودهای نیتروژن دار با کادمیوم بر عملکرد طی چین اول (الف) و چین دوم (ب) گیاه خرفه. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند

ریحان در خاک آلوده به کادمیوم در تیمار 20 درصد کود گاوی نسبت به 10 درصد کادمیوم و کاربرد هیدروکسی آپاتیت حاصل شد. آنها کلاته شدن توسط مواد آلی موجود در کود و نقش سطوح معدنی کودهای آلی در غیر متحرک کردن فلزات را عامل کاهش پویایی فلزات در خاک تیمار شده با کودهای آلی دانسته‌اند.

#### غلظت کادمیوم

غلظت کادمیوم در گیاه وابسته به غلظت کادمیوم و نیتروژن در خاک است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس غلظت کادمیوم در دو چین تحت تأثیر کودهای نیتروژن دار، کادمیوم و اثر متقابل کودهای نیتروژن دار با کادمیوم واقع شد (جدول 2). با توجه به شکل 2 غلظت کادمیوم در گیاه با افزایش کادمیوم در خاک به طور معنی داری در دو چین افزایش یافت در حالی که افزایش سطوح نیتروژن از دو منبع کودی باعث کاهش غلظت کادمیوم در گیاه شد، در خاک آلوده به کادمیوم، تیمار 120 میلی گرم نیتروژن از منبع کود گاوی دارای کمترین غلظت کادمیوم بود که با همین سطح از منبع اوره و کاربرد تلفیقی 90 میلی گرم نیتروژن از منبع تلفیقی با نسبت 1:1 اختلاف معنی داری نداشت اما در چین دوم کمترین غلظت کادمیوم فقط در تیمار 120 میلی گرم نیتروژن از منبع کود گاوی حاصل شد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی داری

جان و همکاران (2009) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت کادمیوم از 150 تا 900 میکرومولار در خردل (*Brassica juncea*) وزن تر اندام هوایی و ریشه به دلیل تأثیر این فلز روی میزان آب در بافت‌های این اندام‌ها کاهش یافت. در گزارشی دیگر نشان داده شد که کادمیوم باعث کاهش وزن تر اندام هوایی در گیاهان خردل می‌شود که این مهار رشد به علت کاهش فتوسنتز و کمبود القا شده توسط کادمیوم می‌باشد (احمد و همکاران، 2010). عملکرد در شرایط آلودگی خاک به کادمیوم تحت تیمارهای مختلف کودی در دو چین اختلاف معنی داری با شاهد نشان داد، به طوری که بیشترین میزان وزن تر اندام‌های مربوط به تیمار 120 میلی گرم نیتروژن از منبع کود گاوی بود که در چین اول با کاربرد جداگانه 120 میلی گرم نیتروژن از منبع اوره و تلفیق کود اوره با گاوی به نسبت 2:1 اختلاف معنی داری نداشت (شکل 1). یاسن و همکاران (2007) نیز با بررسی اثر کودهای آلی (کود گاوی، بقایای بادم زمینی و پتاسیم هومات) و کود NPK در گیاه اسفناج بیان کردند که استفاده از کودهای آلی عملکرد گیاه را در مقایسه با شاهد در هر دو شرایط خاک آلوده به فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و روی) و خاک غیر آلوده به فلزات سنگین افزایش داد. چایارات و همکاران (2011) نیز گزارش کردند که بالاترین عملکرد

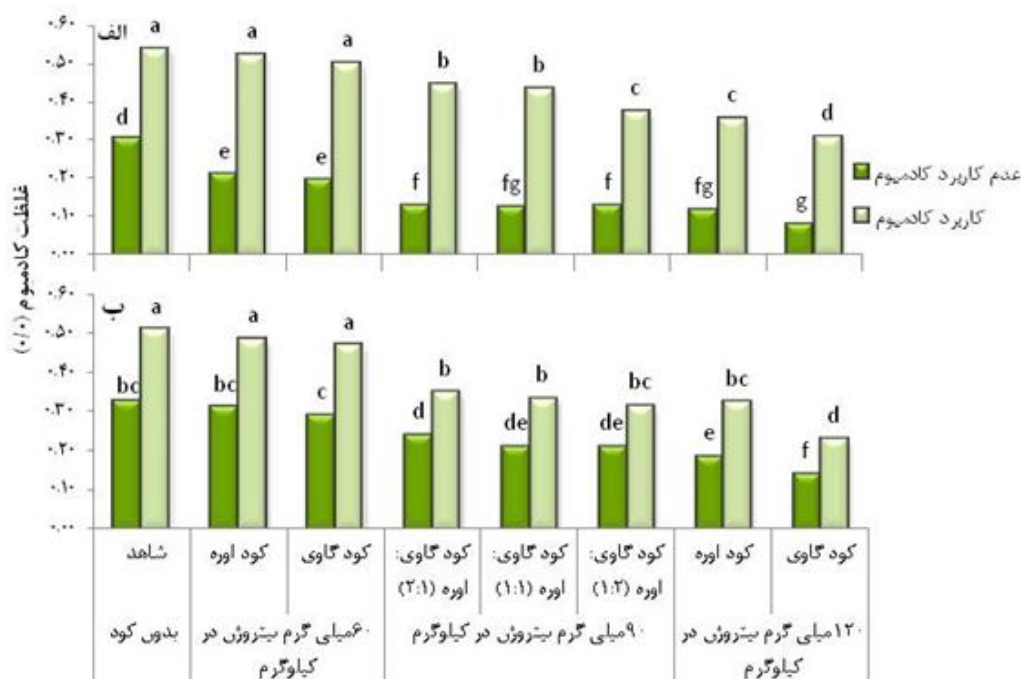
همکاران (2011) نیز گزارش کردند که غلظت کادمیوم در گیاه با افزایش در میزان کود گاوی کاهش یافت، که این امر با تحرک و فراهمی کم کادمیوم با افزایش ماده آلی در خاک در ارتباط است (مک‌برید، 1995). همچنین کاهش غلظت کادمیوم در گیاه با افزایش کود گاوی به دلیل افزایش در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و در نتیجه افزایش توانایی خاک در تجمع کادمیوم می‌باشد (المگیر و همکاران، 2011). چندین مطالعه دیگر نیز نشان داده است که کاربرد ماده آلی از منبع کود گاوی و کمپوست باعث کاهش غلظت کادمیوم در گیاهان ذرت و گندم شده است (بیچتل و برادوی، 2008). غلظت پایین کادمیوم در شرایط نیتروژن زیاد ممکن است به دلیل اثر رقیق‌سازی بیولوژیکی ناشی از رشد سریع باشد (شکل 1).

داشت و همین سطح کودی از منبع اوره با سطح 90 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط عدم کاربرد کادمیوم نیز کمترین غلظت کادمیوم در دو چین در تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی مشاهده شد و تیمار 60 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک نیز بدون اختلاف معنی‌داری دارای بیشترین غلظت کادمیوم در هر دو شرایط بودند. محمودآبادی و همکاران (2009) نشان دادند که با افزایش غلظت کادمیوم (10 و 25 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی در سویا به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. کاهش غلظت کادمیوم با کاربرد کود اوره با نتایج لاندبرگ و گریگر (2003) و کین و همکاران (2010) همخوانی داشت ولی با نتایج میتچل و همکاران (2000) و وانگسترنند و همکاران (2007) مغایرت داشت. المگیر و

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن‌دار و کادمیوم بر غلظت و تجمع کادمیوم گیاه خرفه

منبع تغییر	درجه آزادی	غلظت کادمیوم		تجمع کادمیوم	
		چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم
کودهای نیتروژن‌دار	7	0/034**	0/039**	0/031**	0/030**
کادمیوم	1	0/904**	0/23**	0/218**	1/721**
کودهای نیتروژن‌دار × کادمیوم	7	0/002*	0/002**	0/006**	0/013**
خطای آزمایشی	32	0/0008	0/0006	0/001	0/0022
ضریب تغییرات (%)		9/74	8/11	8/92	9/71

\* و \*\* به ترتیب نشانگر معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند



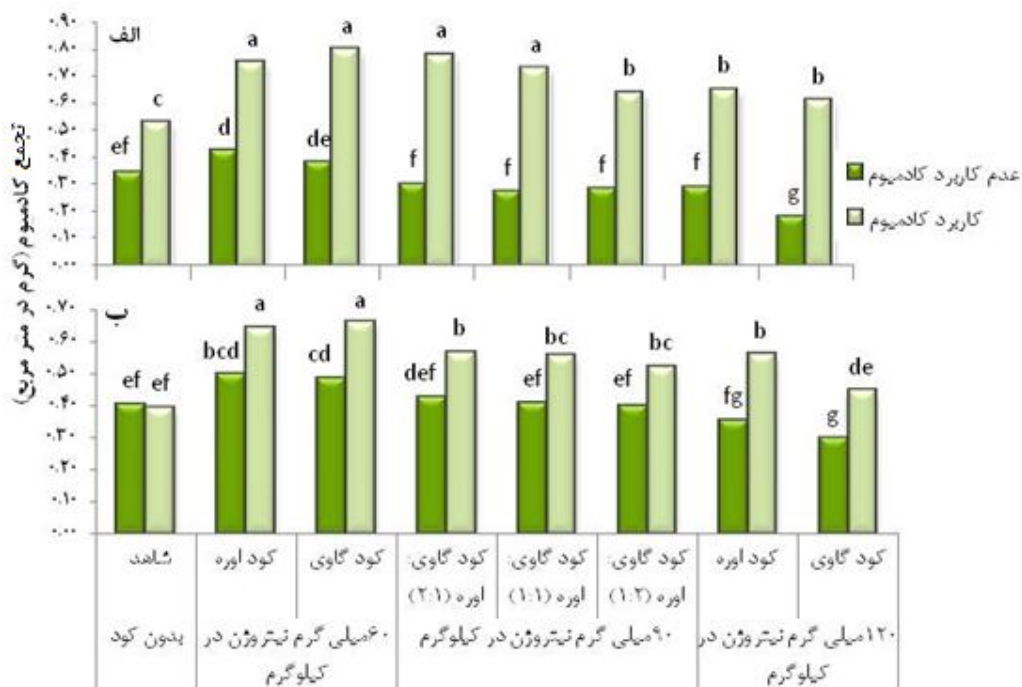
شکل 2- اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم بر غلظت کادمیوم طی چین اول (الف) و چین دوم (ب) گیاه خرفه. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند

### تجمع کادمیوم

تجمع کادمیوم در گیاه کاهش یافت. براون و همکاران (2003) و والکر و همکاران (2003) نیز بیان داشتند که کودهای آلی عموماً شامل ترکیبات متفاوتی نظیر مواد آلی، اکسیدهای فلزی، آنیون‌ها و ترکیبات آلی و معدنی تثبیت کننده هستند که منجر به جذب و یا رسوب فلزات سنگین شده و می‌توانند قابلیت دسترسی این فلزات را در خاک-های آلوده کاهش دهند و از انتقال و جذب آنها توسط گیاه جلوگیری کنند.

کاربرد کادمیوم در خاک باعث افزایش تجمع کادمیوم در مقایسه با عدم کاربرد کادمیوم، توسط گیاه در دو چین شد. غلظت بیشتر کادمیوم (شکل 2) در خاک آلوده به کادمیوم موجب افزایش معنی‌دار تجمع کادمیوم شده است. کین و همکاران (2009) افزایش تجمع کادمیوم در شاخساره و ریشه دو رقم برنج را با افزایش کادمیوم (0/1 تا 5 میکرو مولار) در محلول غذایی (کشت هیدروپونیک) گزارش کردند. همچنین افزایش تجمع کادمیوم در ساقه و ریشه ریحان (چایارات و همکاران، 2011) و برگ و ریشه شاهی (سینگ‌گیل و همکاران، 2012) در اثر کاربرد سطوح مختلف کادمیوم گزارش شده است.

نتایج تجزیه واریانس در جدول 2 حاکی از معنی‌داری اثر کودهای نیتروژن‌دار، کادمیوم و اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم بر تجمع کادمیوم در دو چین است. در دو چین در شرایط عدم کاربرد کادمیوم، کمترین جذب در تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی حاصل شد که در چین دوم با هم سطح خود از منبع اوره اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 3). در شرایط کاربرد کادمیوم کمترین جذب در تیمار شاهد مشاهده شد و در بین سطوح کودی در دو چین با افزایش در میزان کود از دو منبع کودی تجمع کادمیوم کاهش یافت (شکل 3). این نتیجه با نتایج چن و همکاران (2010) در گیاه کلم همخوانی داشت. جذب کم کادمیوم در تیمار شاهد به دلیل پایین بودن عملکرد آن می‌باشد (شکل 1)، اما دیگر تیمارها به دلیل تولید ماده خشک بیشتر مقدار کادمیوم بیشتری را جذب نموده‌اند. از طرفی کاهش تجمع کادمیوم با افزایش کود گاوی و اوره به دلیل کاهش غلظت کادمیوم می‌باشد (شکل 2). لیو و همکاران (2009) نیز با بررسی سطوح مختلف کمپوست کود مرغی و کاومیوم نشان دادند که با افزایش کمپوست، غلظت و



شکل 3- اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم بر تجمع کادمیوم طی چین اول (الف) و چین دوم (ب) گیاه خرفه. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند

## غلظت نیتروژن

کود اوره در شرایط عدم کاربرد کادمیوم دارای بیشترین میزان غلظت نیتروژن بود که با همین سطح از منبع کود گاوی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 4 - الف) و در چین دوم بیشترین میزان غلظت نیتروژن در تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی حاصل شد که با دیگر سطوح نیتروژن مصرفی اختلاف معنی‌داری داشت.

غلظت نیتروژن تحت تأثیر کودهای نیتروژن‌دار، کادمیوم و اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم قرار گرفت (جدول 3). غلظت نیتروژن در شرایط استفاده از تیمارهای کودی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت، به طوری که تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن‌دار و کادمیوم بر غلظت و جذب نیتروژن گیاه خرفه

جذب نیتروژن		غلظت نیتروژن		درجه آزادی	منبع تغییر
چین دوم	چین اول	چین دوم	چین اول		
8/64**	9/50**	0/60**	0/46**	7	کودهای نیتروژن‌دار
11/48**	33/63**	0/66**	1/60**	1	کادمیوم
0/097**	0/40**	0/02**	0/02*	7	کودهای نیتروژن‌دار × کادمیوم
0/019	0/054	0/0022	0/01	32	خطای آزمایشی
3/34	5/06	1/89	4/05		ضریب تغییرات (%)

\* و \*\* به ترتیب نشانگر معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند.

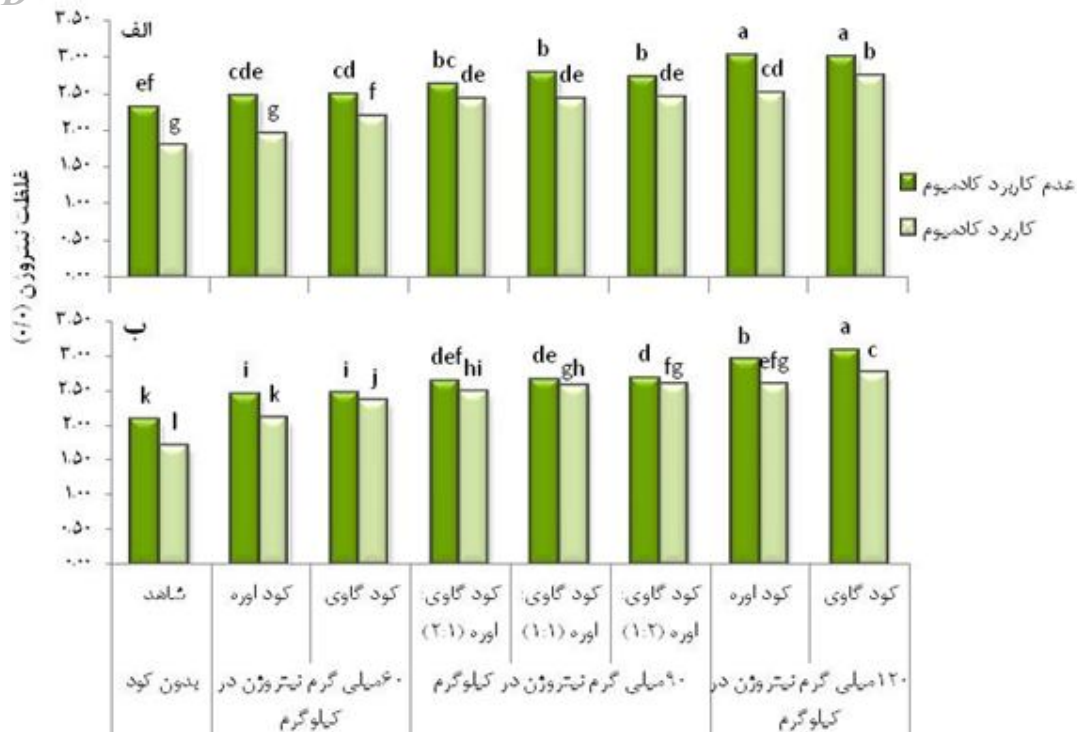
مضر فلزات روی رشد گیاه و تداخل فلزات و مواد غذایی است و استفاده از کود گاوی (5 و 10 تن در هکتار) در مقایسه با کود شیمیایی غلظت و جذب نیتروژن بیشتری را در اسفناج رشد کرده در هر دو خاک باعث شد. در حالی که میتچل و همکاران (2000) و کین و همکاران (2009) افزایش غلظت نیتروژن را در حضور کادمیوم گزارش کردند.

## جذب نیتروژن

اثرات اصلی کودهای نیتروژن‌دار، کادمیوم و اثر متقابل این دو عامل بر جذب نیتروژن در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 3). در شرایط عدم کاربرد کادمیوم، تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود اوره و گاوی در چین اول و تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی در چین دوم دارای بیشترین میزان تجمع کادمیوم بود که با دیگر سطوح نیتروژن مصرفی اختلاف معنی‌داری داشت (شکل 6). جذب بیشتر نیتروژن در این تیمارها مربوط به غلظت بیشتر نیتروژن (شکل 5) و عملکرد بیشتر (شکل 1) می‌باشد. کاربرد کادمیوم باعث کاهش جذب نیتروژن در کلیه سطوح کودی شد و در دو چین سطح بالای کود گاوی (120 میلی‌گرم نیتروژن) موجب افت کمتر جذب نیتروژن در گیاه شد.

شاه و احمد (2006) با بررسی اثر کود اوره و کود گاوی به صورت جداگانه و تلفیقی (0:0، 0:100، 100:0، 75:25، 50:50 و 25:75) بیشترین غلظت نیتروژن در کاه و کلش گندم را در تیمار 100 درصد کود گاوی گزارش کردند. در شرایط کاربرد کادمیوم غلظت نیتروژن کاهش پیدا کرد و در دو چین تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع کود گاوی دارای بیشترین میزان غلظت نیتروژن بود، از طرفی تیمار 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با سطوح تلفیقی (90 میلی‌گرم نیتروژن از دو منبع کودی) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 4- ب). در آزمایشی که توسط تزوتو و همکاران (2012) در مورد تأثیر سطوح مختلف کادمیوم، روی و نیکل بر روی قهوه انجام شد، مشخص گردید که غلظت نیتروژن در برگها با کاربرد نیکل و روی تغییری نکرد اما کادمیوم باعث کاهش غلظت نیتروژن در برگها شد. کاهش غلظت نیتروژن توسط گیاه احتمالاً به محدودیت جذب نیتروژن به علت اثرات سمی کادمیوم روی ریشه‌ها مربوط می‌شود (سالت و همکاران، 1995). یاسن و همکاران (2007) نیز با آزمایش تأثیر منابع آلی و کود NPK بر کاهش سمیت فلزات سنگین (کادمیوم، روی و سرب) در گیاه اسفناج گزارش نمودند که غلظت و جذب نیتروژن در گیاهان رشد کرده در خاک تیمار شده با فلزات سنگین نسبت به خاک غیر آلوده کاهش نشان داد، که احتمالاً به دلیل اثرات





شکل 4- اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم بر غلظت نیتروژن طی چین اول (الف) و چین دوم (ب) گیاه خرفه. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند

جذب نیتروژن را با صفات کمی اسفرزه گزارش کرد. از طرفی همبستگی منفی غلظت و جذب نیتروژن با غلظت و تجمع کادمیوم بیانگر این مسئله می‌باشد که متابولیسم نیتروژن تحت تأثیر تنش کادمیوم می‌باشد و در شرایط تنش گیاهان تمایل دارند بخشی از نیتروژن صرف تولید آنزیم فیتوکلاتین سنتز می‌شود که برای کاهش سمیت کادمیوم استفاده می‌شود و در نتیجه رشد گیاه کم می‌شود. علاوه بر این تنش کادمیوم از آنزیم‌های متعدد دخیل در اسیملاسیون جلوگیری می‌کند و در نتیجه ظرفیت جذب نیتروژن را کم می‌کند و وقتی نیتروژن صرف تولید آنزیم شود رشد کم و سمیت کادمیوم بیشتر می‌شود (بوساما و همکاران، 1999؛ چافی و همکاران، 2003 و چافی و همکاران، 2004).

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد کود گاوی نه‌تنها باعث عملکرد بهتری می‌شود بلکه در مناطق کشت سبزیجات از جمله خرفه به دلیل کاهش انتقال کادمیوم به اندام‌های رویشی گیاه، محصول سالمی را برای تغذیه انسان تولید می‌نماید. علاوه بر این در صورت عدم دسترسی به مقادیر کافی کود گاوی استفاده از تلفیق کود دامی با کود اوره هم تولیدی معادل بالاترین سطح اوره را ایجاد می‌نماید و هم 25 درصد از مصرف نیتروژن را کاهش می‌دهد. بنابراین تولید محصول

همچنین کاربرد 120 میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره در چین اول با سطوح تلفیقی (2:1 و 1:2) و در چین دوم با سطوح تلفیقی (1:1 و 1:2) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 6). بلاز و همکاران (2005) گزارش کردند که وجود اکثر عناصر ضروری در کود دامی که به تدریج تجزیه شده و آزاد می‌شوند در افزایش غلظت این عناصر در خاک مؤثر می‌باشد که در اثر این عوامل رشد ریشه و در کل میزان جذب و غلظت عناصر در گیاه بالا می‌رود. کین و همکاران (2009) نیز گزارش کردند که انباشتگی نیتروژن ساقه برنج با افزایش در میزان کادمیوم در کلیه سطوح نیتروژن کاهش یافت و در سطوح بالاتر نیتروژن بیشتر از سطوح پایین بود. کاهش جذب نیتروژن در شرایط کاربرد کادمیوم با نتایج لیم و همکاران (2003) نیز همخوانی داشت.

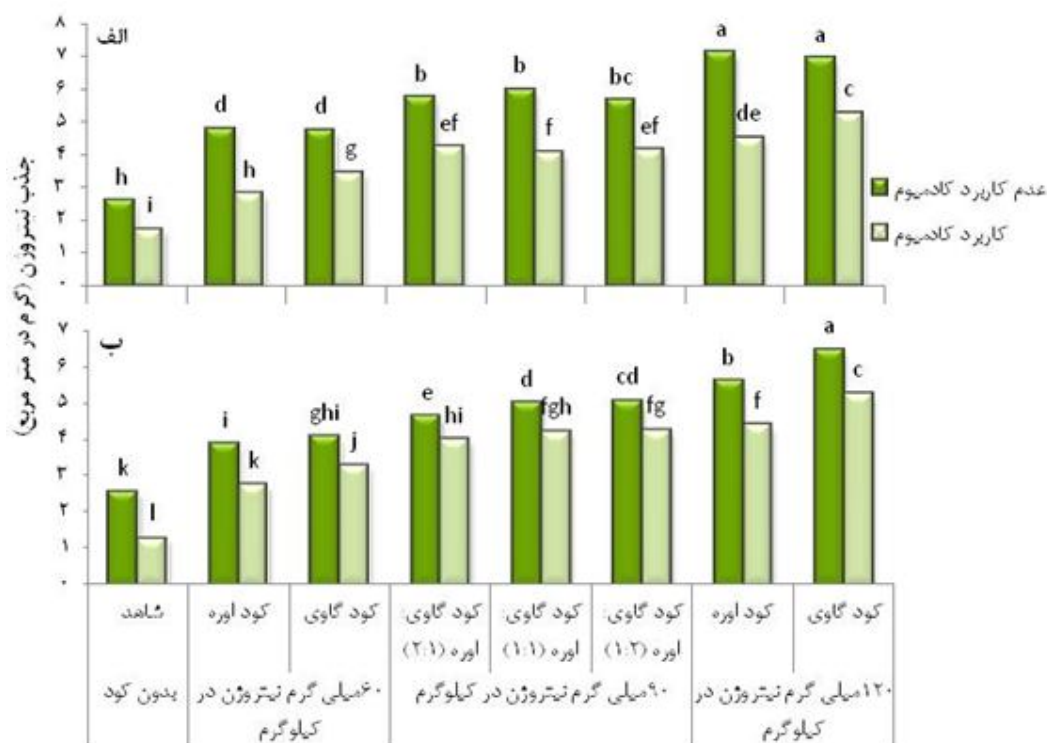
همبستگی غلظت و جذب نیتروژن در دو چین با غلظت کادمیوم (به ترتیب  $-0/85^{**}$  و  $-0/88^{**}$ ) و تجمع کادمیوم ( $-0/34$  و  $-0/38^{*}$ ) منفی و معنی‌دار و با عملکرد اندام هوایی (به ترتیب  $95/0^{**}$  و  $96/0^{**}$ ) مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی مثبت نشان می‌دهد که توانایی گیاه در جذب نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش رشد رویشی به عملکرد بیشتر منجر شود. نصیرزاده (1390) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت و

عضو هیأت علمی گروه شیمی و مهندسی شیمی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد درود جهت کنترل و تحلیل  
روش اندازه‌گیری کادمیوم در بافت گیاهی صمیمانه  
قدردانی می‌شود

خرفه در شرایط کاربرد کود دامی (جداگانه یا تلفیقی) به  
کاهش ورود کادمیوم به زنجیره غذایی و کاهش مصرف  
کودهای شیمیایی کمک می‌نماید که این امر در سلامت  
انسان و محیط زیست مؤثر می‌باشد.

### سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه  
شهرکرد و از زحمات سرکار خانم دکتر اکرم رحیمی



شکل 5- اثر متقابل کودهای نیتروژن‌دار با کادمیوم بر جذب نیتروژن طی چین اول (الف) و چین دوم (ب) گیاه خرفه. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند

### فهرست منابع:

1. امامی ع. 1375. روشهای تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره 982، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. 202 صفحه.
2. ثوابقی غ. اردلان م. و ملکوتی م. ج. 1381. اثر مصرف توأم کادمیوم و روی در خاک‌های آهکی بر پاسخ‌های گیاه گندم. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 33 (شماره 2)، صفحات 333 تا 341.
3. شریفی م. افیونی م. و خوشگفتارمنش ا. ج. 1389. اثر کود گاوی، لجن فاضلاب و کلرید کادمیوم بر جذب کادمیوم در شاخساره ذرت. مجله آب و فاضلاب، شماره 4، صفحات 98 تا 103.
4. نصیرزاده س. 1390. اثر سطوح مختلف کود گاوی و اوره بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk). پایان‌نامه کارشناسی ارشد اکرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، 67 صفحه

5. نظری م ، فلاح س، جلیلیان ج و کیانی ش. 1393. تأثیر ترکیب کودهای شیمیایی و زیستی بر میزان کادمیوم و پارامترهای رشدی گیاه دارویی شنبلیله در یک خاک آلوده به کادمیوم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد 4 شماره 3. صفحات 215-231.
6. یارقلی ب، عباسی ف. و لیاقت ع. 1388. جذب کادمیوم از محیط ریشه و تجمع آن در اندامهای هوایی مختلف محصولات جالیزی رایج ایران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 10 شماره 2. صفحات 31-44.
7. Abbasi M.K. Khaliq A. Shafiq M. Kazmi M. and Imran A. 2010. Comparative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in northeast Pakistan. *Experimental Agriculture* 46(2): 211-230.
8. Ahmad A.U.H. Qadir I. and Mahmood N. 2007. Effect of integrated use of organic and inorganic fertilizers on fodder yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Pakistan Journal of Agriculture Science* 44(3): 415-421.
9. Ahmad P. Nabi G. and Ashraf M. 2010. Cadmium-induced oxidative damage in mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern. and Coss.] plants can be alleviated by salicylic acid. *South African Journal of Botany* 77(1): 36-44.
10. Alamgir M. Kibria M.G. and Islam M. 2011. Effects of farmyard manure on cadmium and lead accumulation in amaranth (*Amaranthus oleracea* L.). *Journal of Soil Science and Environmental Management* 2(8): 237-240.
11. Blaize D. Singh J.V. Bonde A.N. Tekale K.V. and Mayee C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfield cotton (*Gossypium hirsutum*). *Bioresource Technology* 96: 345-349.
12. Boussama N. Ouariti O. Suzuki A. and Ghorbla M.H. 1999. Cd-stress on nitrogen assimilation. *Plant Physiology* 155: 310-317.
13. Brown S.L. Henry C.L. Chaney R. Compton H. and DeVolder P.S. 2003. Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas. *Journal of Plant and Soil* 249: 203-215.
14. Kabata-Pendias A. and Pendias H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants* (3rd Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL.
15. Chaffei C. Gouia H. and Ghorbel H.M. 2003. Nitrogen metabolism in tomato plants under cadmium stress. *Journal of Plant Nutrition* 26(8): 1617-1634.
16. Chaffei C. Pageau K. Suzuki A. Gouia H. Ghorbel M.H. and Masclaux-Daubresse C. 2004. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant and Cell Physiology* 45(11): 1681-1693.
17. Chaiyarat R. Suebsima R. Putwattana N. Kruatrachue M. and Pokethitiyook P. 2011. Effects of soil amendments on growth and metal uptake by *ocimum gratissimum* grown in Cd/Zn-contaminated soil. *Water Air and Soil Pollution* 214: 383-392
18. Chen H.S. Huang Q.Y. Liu L.N. Cai P. Liang W. and Li M. 2010. Poultry manure compost alleviates the phytotoxicity of soil cadmium: influence on growth of pakchoi (*Brassica chinensis* L.). *Pedosphere* 20(1): 63-70
19. Davis R.D. and Calton-Smith C. 1980. *Crops as Indicators of the Significance of Contamination of Soil by Heavy Metals*. WRC, Stevenage. TR 140.
20. El-Tayeb M.A. El-Enany A.E. and Ahmed N.L. 2006. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regulation* 50: 191-199.
21. Gavi F. Basta N.T. and Raun W.R. 1997. Wheat grain cadmium as affected by long-term fertilization and soil acidity. *Journal of Environment Quality* 26: 265-271.

22. González J.A. Gallardo M. Hilal M. Rosa M. and Prado F.E. 2009. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. *Botanical Studies* 50(1): 35-42.
23. Jansson J.O. and Eriksson J. 2003. The effect of fertilization for higher protein content on Cd-level in water wheat grain. In: International conference on the biochemistry of trace elements. Conference proceedings 1: 242-243.
24. Janzen H.H. 1993. soluble salts. In: Carter M.R. (Ed.), soil sampling and Methods of Analysis, Lewis, Boca Raton, FL. Pp 161-166.
25. John R. Ahmad P. Gadgil K. and Sharm S. 2009. Heavy metal toxicity: effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. *International Journal of Plant Production* 3: 65-75.
26. Landberg T. and Greger M. 2003. Influence of N and N supplementation on Cd accumulation in wheat grain. In: 7th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Uppsala '03, Conference Proceedings 1:III, pp. 90-91.
27. Laomreaux J.R. and Chaney W. 1978. The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised silver maple leaves. *Physiologia Plantarum* 43: 231-236.
28. Lim P.E. Tay M.G. Mak k.y. and Mohamed N. 2003. The effect of heavy metals on nitrogen and oxygen demand removal in constructed wetlands. *Science of the total Environment* 301(3): 13-21.
29. Liu L. Chen H. Cai P. Liang W. and Huang Q. 2009. Immobilization and phytotoxicity of Cd in contaminated soil amended with chicken manure compost. *Journal of Hazardous Materials* 163: 563-567.
30. Liu Y. Zhang S.P. and Cai Y.Q. 2007. Cytoprotective effects of selenium on cadmium-induced LLC-PK1 cells apoptosis by activating JNK pathway. *Toxicology in Vitro* 21: 677-84.
31. Lorenz S.E. Hamon R.E. McGrath S.P. Holm P.E. and Christensen T.H. 1994. Application of fertilizer cations affect cadmium and zinc concentrations in soil solutions and uptake by plants. *European Journal of Soil Science* 45: 159-165.
32. Mahmoodabadi M.R. Ronaghi A. Khayyat M. and Hadarbadi G. 2009. Effects of zeolite and cadmium on growth and chemical composition of soybean (*Glycine max* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 515-521.
33. McBride M.B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sewage sludge. Are USEPA regulations protective. *Journal of Environment Quality* 24: 5-18.
34. Mitchell L. Grant C. and Racz G. 2000. Effect of nitrogen application on concentration of cadmium and nutrient ions in soil solution and in durum wheat. *Canadian Journal of Soil Science* 80: 107-115.
35. Pichtel J. and Bradway D. 2008. Conventional crops and organic amendments for Pb, Cd and Zn treatment at a severely contaminated site. *Bioresource Technology* 99: 1242-1251.
36. Qian H. Li J. Pan X. Jiang H. Sun L. and Fu Z. 2010. Photoperiod and temperature influence cadmium's effects on photosynthesis-related gene transcription in *Chlorella vulgaris*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 1202-1206.
37. Qin D. Ming-xue C. Rong ZH. Zhao-yun ZH. Zhi-wei ZH. Guo-sheng SH. and Guang-ming W. 2009. Cd toxicity and accumulation in rice plants vary with soil nitrogen status and their genotypic difference can be partly attributed to nitrogen uptake capacity. *Rice Science* 16(4): 283-291.
38. Robinson B.H. Mills T.M. Petit D. Fung L.E. Green S.R. and Clothier B.E. 2000. Natural and inuced cadmium-accumulation in poplar and willow: implications for phytoremediation. *Journal of Plant and Soil* 227: 301-306.

39. Salt D.E. Prince R.C. Pickering I.J. and Raskin I. 1995. Mechanisms of cadmium mobility and accumulation in Indian mustard. *Plant Physiology* 109: 1427-1433.
40. Singh Gill S. Khan N.A. and Tuteja N. 2012. Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism while at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Journal of Plant Science* 182: 112-120.
41. Satarug S. Baker J.R. Reilly P.E.B. Moore M.R. and Williams D.J. 2002. Cadmium levels in the lung, liver, kidney cortex and urine samples from Australians without occupational exposure to metals. *Archives of Environmental Health* 57 :69-77.
42. Tezottoa T. Laercio J. Ricardo F. Azevedob A. Reynaldo L. Alleonic F. and Mazzaferad P. 2012. Coffee is highly tolerant to cadmium, nickel and zinc: plant and soil nutritional status, metal distribution and bean yield. *Field Crops Research* 125: 25-34.
43. Wangstrand H. Eriksson J. and Born V. 2007. Cadmium concentration in winter wheat as affected by nitrogen fertilization. *Journal of Agronomy* 26: 209-214.
44. Yassen A.A. Nadia M. and Badran M. 2007. Role of some organic residual as tools for reducing heavymetals hazard in plant. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(2): 204-209.