

# بررسی انتقال کادمیوم در ستون خاک آهکی توسط نمک‌های مختلف محلول در آب آبیاری

سامان ملک‌نیا<sup>۱</sup>، علی خان‌میرزایی‌فرد<sup>۲</sup>، مهدی اکبری<sup>۳</sup> و محبوبه مظهري (نویسنده مسئول)<sup>\*۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، البرز، ایران،

saman.ma1370@gmail.com

۲- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، البرز، ایران،

alikhhanmirzai@yahoo.com

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران،

akbari\_m43@yahoo.com

\*۴- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، البرز، ایران،

mahbubehmazhari@gmail.com

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

## Study of Cadmium in calcareous soil columns by various salts dissolved in water

Saman Maleknia<sup>1</sup>, Ali Khan Mirzaee fard<sup>2</sup>, Mehdi Akbari<sup>3</sup> and Mahbobeh Mazhari (Corresponding author)<sup>\*4</sup>

1- Ph.D Student, Department of Soil Science, Agriculture and Natural resources college, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran, saman.ma1370@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture and Natural resources college, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran, alikhhanmirzai@yahoo.com

3- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), akbari\_m43@yahoo.com

4\* - Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture and Natural resources college, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran, mahbubehmazhari@gmail.com

Received: June 2017

Accepted: July 2017

### Abstract

Heavy metal cadmium is one of impurities of chemical fertilizers in Iran. Deep penetration of cadmium in soils and groundwater polluted by this metal endangers public health. Studies have shown that a key factor in improving the bioavailability of cadmium salt and complex formation of chlorine - Cadmium prevents the rapid absorption of cadmium in soil and sediment. In this study, calcareous soil was selected with sandy loam texture. 2.5 kg of soil was poured into the polyethylene tubes with a diameter of 12 cm and height of 30 cm. the samples were added to the soil columns equal to several times the capacity of solutions containing 100 m equivalent different salts and 10 m equivalent cadmium. Water head of the columns level was variable pressure. Treatments included calcium chloride, sodium chloride, sodium sulfate and distilled water (control). Output solution was collected at a rate of 250 ml in 10 steps. The results showed that the solubility of cadmium in the presence of calcium chloride has the maximum value compared with two sodium chloride and sodium sulfate salts.

**Keywords:** Cadmium, Mobility, Soluble salts, Solute transport

فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۶، دوره ۱۲، شماره ۱، صص ۲۵-۲۱

### چکیده

یکی از ناخالصی‌های کودهای شیمیایی در ایران فلز سنگین کادمیوم است. نفوذ عمقی کادمیوم در خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی به آن سلامت جامعه را به خطر می‌اندازد. مطالعات نشان داده است که شوری عامل مهمی در افزایش زیست‌فراهمی کادمیوم می‌باشد. تشکیل کمپلکس‌های کلر-کادمیوم مانع از جذب سریع و رسوب کادمیوم در خاک می‌گردند. در این پژوهش انتقال آلاینده کادمیوم در یک خاک آهکی در حضور نمک‌های مختلف بررسی گردیده است. خاک مورد مطالعه خاک آهکی با بافت شنی لومی انتخاب گردید. ۲/۵ کیلوگرم از خاک درون لوله‌های پلی اتیلنی به قطر ۱۲ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر ریخته شد. ستون‌ها به وسیله محلول‌های حاوی ۱۰۰ میلی اکیوالانت در لیتر نمک‌های مختلف و ۱۰ میلی اکیوالانت کادمیوم آبیاری شدند. هد آبی سطح ستون‌ها ثابت و تیمارها شامل کلرید کلسیم، کلرید سدیم، سولفات سدیم و آب مقطر (شاهد) در نظر گرفته شد. محلول خروجی به میزان ۲۵۰ میلی لیتر در ۱۰ مرحله جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که حلالیت کادمیوم در حضور نمک کلرید کلسیم نسبت به دو نمک کلرید سدیم و سولفات سدیم بیشترین مقدار بوده است.

**کلمات کلیدی:** انتقال املاح، تحرک، کادمیوم، نمک‌های محلول

فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۶، دوره ۱۲، شماره ۱، صص ۲۵-۲۱

## مقدمه و کلیات

از دیدگاه جهانی خاک پس از آب و هوا، سومین جزء عمده محیط زیست تلقی می‌شود. امروزه بشر با وجود اینکه به حیات‌بخش بودن خاک اعتقاد دارد، با افراط در آنچه تمدن نامیده می‌شود، موجبات تخریب آن را فراهم نموده است. یکی از عوامل تخریب و کاهش کیفیت خاک، انباشت روز افزون آلاینده‌ها در آن است. آلاینده‌های خاک عمدتاً مواد مایع یا جامدی هستند که با خاک مخلوط می‌شوند و از راه فیزیکی یا شیمیایی به ذرات خاک چسبیده و یا در خلل و فرج ریز آن مستقر می‌شوند (گیتی، ۱۳۹۰). در بین آلاینده‌های خاک فلز سنگین کادمیوم به دلیل سمیت قابل توجه و نیمه عمر بیولوژیکی ۲۰ سال و بروز عوارضی از جمله نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی - عروقی، استخوانی، ریوی و غیره در انسان دارای اهمیت خاصی می‌باشد (Mauskar et al, 2007). در سال‌های اخیر آلودگی خاک ناشی از استفاده ترکیبات معدنی چون جیوه، کادمیوم، سرب و غیره بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات از طرق مختلفی به خاک وارد شده و آن را آلوده می‌سازند. سرب از طریق احتراق بنزین در وسایل نقلیه و سوزاندن ذغال سنگ و برخی دیگر از فعالیت‌های انسانی وارد اتمسفر شده و از طریق بارش برف و باران روی خاک نشست می‌کند. وجود فلزات سنگین در علف‌کش‌ها، سوپرفسفات‌ها و سنگ‌های آهک نیز از این طریق باعث آلودگی خاک می‌شوند (چوپانی، ۱۳۸۸). آب شویی مواد شیمیایی در نیمرخ خاک و انتقال آن‌ها به آب‌های زیر زمینی باعث آلودگی منابع آب می‌شود. همچنین آب شویی کودها و انتقال آن‌ها به خارج از منطقه ریشه باعث کاهش بازدهی کودها می‌شود. بنابراین برآورد مقدار

کمی انتقال و انباشت املاح و فلزات سنگین در خاک بسیار مهم است. از فرآیندهای شیمیایی مؤثر در حرکت املاح می‌توان به تبادل یونی و دفع آنیونی اشاره کرد. پدیده‌ی تبادل کاتیونی از فرآیندهای مهم کاهش شست و شوی املاح در خاک می‌باشد. حرکت املاح زمانی که پدیده‌ی تبادل کاتیونی وجود داشته باشد بسیار کم خواهد بود. پدیده‌ی تبادل کاتیونی باعث کاهش غلظت املاح و افزایش جذب سطحی می‌شود. به این ترتیب غلظت یون مورد نظر در لایه‌ی دوگانه‌ی پخشیده افزایش یافته و در نتیجه غلظت کاتیون در محلول خاک کاهش می‌یابد (برزگر، ۱۳۸۱). در تحقیقی که توسط Acosta و همکاران در سال ۲۰۱۱ صورت گرفت تأثیر شوری ناشی از سدیم سولفات، منیزیم کلرید، کلسیم کلرید و سدیم کلرید بر روی تحرک مس، سرب و روی مورد مطالعه قرار گرفت. زمانی که کلرید کلسیم و کلرید سدیم استفاده شد، سرب بالاترین درجه تحرک را نشان داد. با اضافه شدن کلرید منیزیم، مس بیشترین تحرک را نشان داد. در نهایت افزودن سولفات سدیم، تحرک زیاد مس را سبب شد. این تحقیق نشان داد با افزایش فلزات سنگین، درصد آزاد شدن سرب و مس در حضور شوری تحت‌الشعاع قرار نگرفت که نشان دهنده جذب بالای این فلزات توسط ذرات خاک است. آبیاری با محلول‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم به شدت باعث افزایش تحرک و خروج کادمیوم از ستون خاک می‌گردد. به طور کلی روند خروج کادمیوم از زهاب خروجی، در حضور کلرید سدیم و کلرید کلسیم از الگوی متفاوت‌تری نسبت به فلزات سنگین تبعیت می‌نمود و شباهت‌هایی را با الگوی خروج عناصر متحرک دنبال می‌کرد (خانمیرزایی، ۱۳۹۱). با توجه به اینکه

### فرآیند پژوهش

خاک مورد مطالعه از مزرعه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انتخاب شد و پس از نمونه برداری از خاک و انتقال به آزمایشگاه، خاک هوا خشک گردید. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌ای یک کیلوگرمی را مجدداً کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه روی نمونه مورد نظر انجام گرفت. اطلاعات اولیه خاک مورد نظر در جدول ۱ آمده است. پس از آماده‌سازی خاک و انجام آزمایشات، خاک درون لوله‌های پلی اتیلنی به قطر ۱۲ و ارتفاع ۵۰ سانتی متر ریخته شد (شکل ۱).

بخش‌های بزرگی از ایران دارای مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد یکی از مهم‌ترین مشکلات این مناطق، شوری آب، خاک و همچنین ورود فلزات سنگین از طریق لجن فاضلاب و آفت کش‌ها است. زباله‌ها یکی از مهم‌ترین منابع آلوده کننده‌ی خاک محسوب می‌شوند. متأسفانه روز به روز خاک بیشتر به عنوان مکان مناسبی جهت دفع زباله‌ها، مواد زیان آور و پسماندها تبدیل می‌شود و بیشتر از آب و هوا بر بار آلودگی آن افزوده می‌شود (Christensen, 1992).

هدف از این پژوهش بررسی روند انتقال کادمیوم در ستون خاک آهکی توسط نمک‌های مختلف محلول در آب آبیاری می‌باشد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

Table 1: Physical and chemical properties

بافت خاک	درصد رس	درس سیلت	درصد شن	EC	pH	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)
Sany Loam	۱۲/۴	۱۴	۷۳/۶	۶۱۱	۸/۱۶	۰/۲۸۹۱	۰/۱۶

ستون‌های پلی اتیلنی در محل مناسب بطوریکه محلول زهکشی شده از ستون‌ها قابل جمع‌آوری باشد نگه داشته شد. ستون‌های پلی اتیلنی از لحاظ مشخصات ظاهری، خاک، زبری دیواره و غلظت کادمیوم در جدول ۲: میانگین و انحراف معیار زهاب‌های خروج

Table 2: Average and standard deviations of drainage

برداشت	H <sub>2</sub> O		NaCl		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		CaCl <sub>2</sub>	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	۸۶/۷	۲۴/۳۳	۱۰۰/۱۲	۴۲	۱۱۳/۲	۷۲/۹۶	۱۱۰۲/۲۷	۱۹۷/۷۳
۲	۱۰۱/۰۹	۲۹/۳۵	۱۶۱	۵/۷	۱۷۵/۰۱	۴۲/۲۸	۱۲۸۲/۹۴	۴۵۶/۷۵
۳	۴۷/۴۸	۵۶	۱۳۱/۲۲	۴۰/۸۵	۱۴۹/۰۹	۶۷/۹۴	۱۲۱۴/۵۴	۲۰۰/۶۱
۴	۸۳/۵۷	۳۵/۸۲	۱۱۰/۱۴	۴۷	۱۲۶/۰۴	۸۱/۳۹	۱۲۷۱/۳	۳۶۸/۱۲
۵	۹۰/۱۱	۳۷/۵۱	۱۱۹/۹۲	۲۸/۵۳	۹۵/۵۶	۴۴/۹۲	۱۲۰۰/۱	۶۰۰/۸۵
۶	۱۳۷/۶۱	۲۰/۲۵	۱۵۳/۱۳	۳۹/۴۳	۱۶۷/۸۲	۱/۶۸	۱۵۵۸/۷	۷۱۵/۰۶
۷	۶۱/۳۴	۳۹/۴	۲۵۴/۲۴	۱۱۵/۸۹	۲۰۰/۱	۵۷۱/۲۵	۱۸۱۳/۵۶	۴۵۷/۶۵
۸	۴۸/۸۹	۳۷/۱۹	۷۱/۵۱	۱۰/۳۹	۱۸۹/۴	۴۷/۲۲	۲۱۰۰/۱	۹۹۹/۸۳
۹	۱۰۵/۵۴	۱۵/۵۴	۱۶۶/۳۴	۲۳/۱۴	۱۳۴/۱۳	۳۴/۷۸		
۱۰	۵۹/۳۵	۳۶/۸۵	۱۱۱/۹۶	۲۷/۳۴	۱۴۲/۱۲	۱۳/۹۸		
میانگین	۸۲/۱۶۸		۱۳۷/۹۵		۱۴۹/۲۴		۱۶۴۹/۰۷	

اکیوالانت بر لیتر و محلول‌های سدیم کلرید، کلسیم کلرید و سولفات سدیم غلظت هر کدام ۱۰۰ میلی اکیوالانت بر لیتر است. هر تیمار دارای سه تکرار بود. عصاره‌ها به مقدار ۲۵۰ میلی لیتر طی ۱۰ روز دریافت گردید و در زمان‌های مختلف به صورت مداوم

محلول‌ها یکسان در نظر گرفته شد. تیمار یک (شاهد) محلول کادمیوم، تیمار دو محلول سدیم کلرید و کادمیوم، تیمار سه محلول کلسیم کلرید و کادمیوم و در تیمار چهار سولفات سدیم و کادمیوم منظور گردید. غلظت کادمیوم ورودی ۱۰ میلی

گردیده است. کدخدایی و همکاران (۱۳۹۱) تحقیقی روی تأثیر شوری بر جذب عناصر سنگین با سه سطح شوری (۲، ۷ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) و سه عنصر نیکل، سرب و کادمیوم در دو نوع گیاه آفتاب گردان و سودانگراس در گلخانه‌ی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام دادند. نتایج آنالیز نشان داد که قابلیت دسترسی نیکل، سرب و کادمیوم با افزایش شوری، افزایش یافته است. نتایج کدخدایی و همکاران با نتایج حاصل شده در این پژوهش هم راستا می‌باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

مشکل عمده در بخش‌های خشک و نیمه خشک کشور است. حضور توام شوری از نوع کلره و فلز کادمیوم در خاک می‌تواند خطر تحرک و سمیت این فلز را در ورود به زنجیره غذایی از طریق جذب گیاهی و ورود به منابع آب‌های زیرزمینی افزایش دهد؛ لذا در اراضی شور یکی از پتانسیل‌های آلودگی محیط می‌تواند ورود کادمیوم و تحرک بسیار بالای آن در مقایسه با فلزات دیگر باشد. نتایج نشان داد که آبیاری با محلول کلرید کلسیم به شدت باعث افزایش تحرک و خروج کادمیوم از ستون خاک می‌گردد. در بین ستون‌هایی که آب آبیاری حاوی کلسیم کلرید دریافت کرده بودند، تفاوت معنی داری دیده نشد. به طور کلی روند خروج کادمیوم از زهاب خروجی، در حضور کلرید کلسیم از الگوی متفاوت تری نسبت به فلزات سنگین تبعیت می‌نمود و شباهت‌هایی را با الگوی خروج عناصر متحرک دنبال می‌کرد.

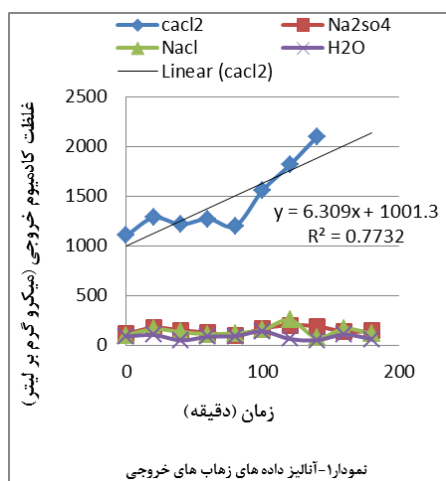
### منابع

- ۱- بزرگر، ع. و ر. کوچک زاده. ۱۳۸۱. وضعیت کادمیوم و نیکل در نیشکر. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۱، ص ۱۲۷ - ۱۱۹.

محلول زهکشی شده جمع‌آوری، ثبت زمان و نگهداری شد. در پایان غلظت‌های متفاوت و روند خروج املاح توسط نرم افزار Excel محاسبه و رسم شد.

### نتایج و بحث

جدول ۲ شامل میانگین و انحراف معیار زهاب‌های خروجی می‌باشد. بر اساس جدول مذکور آبیاری با آب حاوی نمک به طور چشمگیری باعث افزایش تحرک و خروج کادمیوم از ستون خاک گردید. بیشترین تأثیر مربوط به محلول ۱۰۰ میلی اکیوالانت کلرید کلسیم با میانگین ۱۶۴۹/۰۷ میلی گرم بر لیتر کادمیوم خروجی از ستون‌های آبشویی و کم‌ترین مقدار با غلظت ۸۲/۱۶۸ میلی گرم بر لیتر مربوط به آب مقطر (شاهد) بود. بیشترین کادمیوم خروجی از زهاب تیمار کلرید کلسیم، در برداشت هشتم بود با مقدار ۲۱۰۰/۱ میلی گرم بر لیتر و در تیمارهای آب مقطر (شاهد)، کلرید سدیم و سولفات سدیم به ترتیب در برداشت ۶،۷ و ۷ با مقادیر ۱۳۷/۶۱، ۲۵۴/۲۴، ۲۰۰/۱ میلی گرم بر لیتر بوده است. نمودار ۱ بر اساس داده‌های مذکور بدست آمد.



حضور کلر در خاک از طریق کمپلکس شدن و افزایش حلالیت کادمیوم باعث افزایش تحرک این فلز سنگین و ایجاد رفتاری شبیه به عناصر متحرک

۲- چوپانی، م. ح. ۱۳۸۸. آلاینده‌های زیست محیطی و حفاظت از محیط زیست. انتشارات آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایران، چاپ اول، بهار ۱۳۸۸.

۳- خانمیرزایی، ع. بازرگان، ک. معزی، ع. ک. شهبازی. ۱۳۹۱. رابطه بین شکل‌های شیمیایی کادمیوم خاک و غلظت آن در دانه گندم در برخی از خاک‌های استان خوزستان ۳۵۴ - ۳۴۸.

۴- کدخدایی، ا. کلیچ، س. ا. باغبانی. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف شوری بر جذب عناصر سنگین (نیکل، سرب و کادمیوم) در گیاهان آفتاب گردان و سودانگراس، ۵۳ - ۴۷.

۵- گیتی، ع. ۱۳۹۰. بیابان زایی و بیابان زدایی: چالش‌ها و فرصت‌ها (مدیریت مناطق خشک و نیمه خشک)، ص ۶۹۳.

- 6-Acosta JA, Jansen B, Kalbitz K, Faz A, Martínez-Martínez S. 2011. Salinity increases mobility of heavy metals in soils, 85(8):1318-24.
- 7-Christensen, T. H. 1992. Attenuation of leachate pollutants in groundwater, Landfilling of Water:Leachate, Chapman and Hall.
- 8- Jalali M, Khanlari ZV.2008. Cadmium availability in calcareous soils of agricultural lands in Hamadan, western iran. Soil sediment contaminant J 17(3):256-268
- 9-Li, L. G. Xue, L. D. and Ming, L. Q. 2008. Heavy metals contamination characteristics in soil of different mining activity zones, Trans. Nonferrous Met. Soc., 18:207-211.
- 10- Mauskar, J.M.. 2007. cadmium – An Environment Toxicant, Central pollution Control Board, Ministry of Environment & Forests, Govt of India, parivesh B hawan, East Arjun Nagar, Delhi-110032.