

## بررسی میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در خاک و آب زیرزمینی و ارتباط آن با کود شیمیایی در شهرستان قائم شهر [مطالعه موردی در منطقه کشاورزی وحدت] سال زراعی ۸۹-۸۸

هاجر بوداگی  
مسعود یونسیان  
امیرحسین محوی  
محمودعلی محمدی  
محمدهادی دهقانی  
شاهرخ نظم آرا

### چکیده

**سابقه و هدف:** کود یکی از منابع آلاینده فلزات سنگین برای خاک و آب زیرزمینی می باشد. هدف از این مطالعه تعیین میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در خاک شالیزاری و آب زیرزمینی و ارتباط آن با کود شیمیایی در شهرستان قائم شهر (در منطقه کشاورزی وحدت) می باشد.

**مواد و روش ها:** به طور تصادفی ۲۰ نمونه قبل و ۲۰ نمونه بعد از کوددهی از خاک (عمق ۳۰-۰ cm) و آب زیرزمینی در بهار و تابستان ۱۳۸۹ نمونه برداری گردید و ۳ نمونه مرکب از ۳ کود پرمصرف هم تهیه شد آنگاه پس از عصاره گیری نمونه های خاک (هضم با اسید نیتریک، اسید هیدروکلراید، آب اکسیژنه)، نمونه های آب (صاف کردن) و نمونه های کود (هضم با اسید نیتریک)؛ غلظت آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd) و سرب (Pb) آب، عصاره خاک و کود توسط دستگاه ICP-OES (ساخت آلمان) اندازه گیری شد.

**یافته ها:** با توجه به نتایج به دست آمده غلظت فلزات سنگین در آب صفر و در خاک پایین تر از استاندارد جهانی بوده است. تنها در کود سوپرفسفات تریپل غلظت Cd بیشتر از مقدار استاندارد CDFA بوده است.

**استنتاج:** از بین سه کود مصرفی تنها رابطه معنی دار بین میزان کود مصرفی پتاس با غلظت کادمیوم در خاک ( $p < 0.05$ ) مشاهده شد. با توجه به بیشترین غلظت کادمیوم در کود فسفات به نظر می رسد که در مزارعی که کود پتاس بیشتری استفاده شده مقدار کود فسفات کمتری استفاده شود ولی با توجه به ارتباط مثبت بین کود فسفات و کود پتاس ( $p < 0.05$ )؛ علت این امر همچنان نامشخص است. با توجه به غلظت فلزات سنگین در آب (صفر)، هیچ گونه رابطه ای بین مقدار فلزات سنگین در خاک با آب و مقدار فلزات سنگین کود با آب مشاهده نشد.

**واژه های کلیدی:** آرسنیک، کادمیوم، سرب، خاک شالیزاری، قائم شهر

### مقدمه

نوبت دارند (۱). دفع زباله های شهری و صنعتی، گازهای خروجی خودرو، فعالیت های معادن و شیوه های کشاورزی

در جایی که باروری ذاتی خاک کم است، اغلب کشاورزان تمایل به افزایش مصرف کود در چندین

استاندارد ملی بیشتر بوده است (۲۰). میانگین غلظت Cd کل در شالیزارهای اصفهان، فارس و خوزستان  $0.45 \text{ mg/kg}$  بوده است (۲۱). در آب زیرزمینی متوسط مقدار Pb ( $0.14$ ) و Cd ( $0.025 \text{ mg/l}$ ) می باشد و همبستگی معنی داری بین غلظت فلزات سنگین با میزان مصرف کودها مشاهده نشد (۲۲). غلظت Cd, Pb در خاک منطقه صنعتی آمل به ترتیب  $1241 \pm 50$  و  $16/13510 \pm 127$  میکروگرم بر گرم خاک به دست آمد (۲۳). غلظت cd, pb و As بر حسب  $\text{mg/kg}$  به ترتیب در کود سولفات پتاسیم  $0.04$ ،  $4/28$  و  $0.24$  و در کود سوپر فسفات تریپل  $6/74$ ،  $5$  و  $0.24$  می باشد (۲). همبستگی معنی داری بین غلظت فلزات سنگین با میزان مصرف کودها مشاهده نشد (۲۴). میزان cd و سرب خاک چین به ترتیب در محدوده  $0.4 - 0.04$  و  $50/4 - 22$   $\text{mg/kg}$  است (۲۵). متوسط غلظت کادمیوم برنج خام در شمال ایران  $0.34 \text{ mg/kg}$  بود و این در حالی است که غلظت کادمیوم خاک به تدریج از  $33$  به  $34 \text{ mg/kg}$  طی سال ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ افزایش یافته است (۲۷، ۲۶). بالاترین غلظت فلزات سنگین در آب مربوط به فلز Pb بوده (۲۹، ۲۸) و حداقل و حداکثر غلظت آن به ترتیب  $0.062 \pm 0.0508$  و  $0.007 \pm 0.054 \text{ mg/l}$  بوده است (۲۹). ترکیب کود سوپر فسفات ها عمدتاً مونوکسید فسفات بوده، مقدار کمی نیز فسفات های آهن، آلومینیوم و دی کلسیم فسفات در آنها به صورت ناخالص وجود دارد (۳۰، ۲). این کودها در آب محلولند اما حلالیت آنها نسبت به کودهای ازته بسیار کمتر است (۳۰). سولفات پتاسیم در درجه حرارت معمولی حدود ۱۲ درصد در آب حل می شود (۳۱) و علاوه بر پتاس دارای ۱۸ درصد گوگرد (عنصر پر نیاز گیاه از جمله برنج) است (۳۲). اوره حدود ۴۶ درصد ازت بوده است و خورنده و جاذب رطوبت نبوده است (۲). غلظت Cd در کود سوپر فسفات ساده، تریپل و اوره به ترتیب  $3/1$ ،  $8/1$  و  $0.1 \text{ mg/kg}$  بوده است (۳۳). در انگلستان، محدوده غلظت Cd و Pb (بر حسب  $\text{mg/kg}$ ) در کود فسفات به ترتیب  $170 - 1$  و  $225 - 7$  و در کودهای

منجر به تجمع فلزات در خاک می شود (۲). فلزات سنگین نگران کننده در کود شامل As, Cd, Pb و به میزان کمتر Ni و Zn بوده (۳) که استفاده مداوم از کود دارای As و خاک آلوده به آن، از طریق جذب گیاه به زنجیره غذایی منتقل می گردد (۴). قرار گرفتن در معرض Pb, Cd و As تهدید اصلی برای سلامت انسان می باشد (۵). کودها ضمن حاصلخیزی خاک سبب آلودگی محیط زیست نیز می شوند (۶). بنابراین به عنوان یکی از منابع آلاینده فلزات سنگین تبدیل شده که برای سلامتی انسان و محیط زیست زیان بار است (۷). در طولانی مدت غلظت Cd, As در خاک کشاورزی توسط کاربرد کود فسفات افزایش می یابد به عنوان مثال سالانه یک گرم در هکتار Cd و به طور متوسط حدود ۳ گرم در هکتار As در خاک یافت می شود (۹، ۸). عواملی نظیر اندازه ذرات خاک و عمر خاک در تعامل با منابع آلودگی در جذب عناصر نقش اساسی دارند (۱۰). Cd در حال حاضر به عنوان آلاینده در کود فسفات شناخته شده است (۱۱). کاربرد زیاد از حد کود فسفره ممکن است نه تنها باعث افزایش فسفر خاک، بلکه منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک کشاورزی شود (۱۲). As در کود، غلظت باقی مانده بیشتری در خاک را سبب می شود (۱۳). مصرف بی رویه کود و سموم شیمیایی از جمله عوامل آلودگی و ناپایداری خاک در مازندران می باشد. متوسط غلظت Cd و Pb در نمونه های خاک در کره به ترتیب  $0.4$  و  $14 \text{ mg/kg}$  بوده است (۱۴). محدوده Cd خاک بین  $0.04 - 0.46$   $\text{mg/kg}$  بوده است (۱۵). مقدار متوسط Cd خاک در شالیزارهای خرم آباد  $0.182 \text{ mg/kg}$  بوده است (۱۶). محدوده As خاک شالیزاری در بنگلادش  $0.3 - 48/8 \text{ mg/kg}$  به دست آمد (۱۷). میانگین غلظت Cd و Pb در خاک شالیزاری چین  $0.66$  و  $55/8 \text{ mg/kg}$  بوده است که آبیاری زمین شالیزاری با آب رودخانه دلیل اصلی تجمع بالای فلز مزبور است (۱۸). خاک شالیزاری بعضی از مناطق دارای پتانسیل آلودگی به فلزات سنگین می باشد (۱۹). غلظت As و Pb در خاک شالیزاری کنار رودخانه در چین از

برنج در شهرستان ۱۵۶۵۰ هکتار در سال (سال ۸۸-۸۷) بوده است. بافت خاک شامل لومی-رسی-شنی به خاک لومی متنوع است (۳۸). متوسط بارش سالانه ۵۹۸ میلی-متر برای دوره کشاورزی (سال ۸۸-۸۹) می باشد (۳۹). مرکز وحدت یکی از مناطق فعال به لحاظ تولید ارقام برنج پرمحصول مثل شیرودی، ندا، خزر و... که میزان تولیدشان (Kg/ha) بیشتر از ارقام محلی است، در شهرستان قائم شهر می باشد و مطالعه حاضر نیز بر روی این ارقام صورت گرفته است. فصل رشد برنج از اواسط بهار شروع و تا مرداد الی شهریور، بسته به شرایط آب و هوایی ادامه دارد. استفاده از کود از ته برای برنج، یکی قبل از کاشت و دیگری در میان مراحل رشد (سه مرحله) لازم است ولی عموماً کود فسفره و پتاس قبل کاشت به کار برده می شود.

#### ب) استراتژی نمونه برداری

شهرستان قائم شهر از نظر کشت برنج به ۲ منطقه (کوهستانی و دشتی) و ۵ مرکز کشاورزی (بیشه سر، قراخیل، علی آباد، کیا کلا، وحدت) تقسیم شده است. از آنجایی که کشت برنج پرمحصول در منطقه دشتی بیشتر است از بین ۲ مرکز تحت پوشش با توجه به وضعیت توپوگرافی، شیب زمین، جنس خاک، مرکز وحدت انتخاب گردید آنگاه با توجه به این که در مطالعات اجمالی خاک، از هر ۲ کیلومتر مربع یک نمونه خاک برداشت می شود (۴۰). بنابراین از ۴۰۰۳ هکتار سطح زیر کشت برنج پرمحصول در مرکز وحدت (۳۸)، تعداد ۲۰ نمونه جهت نمونه برداری انتخاب شد. سپس با توجه به وضعیت منابع تأمین آب کشاورزی منطقه، تعداد چاهها را به طور تزیادی جمع و به هر کدام به طور تصادفی شماره ای داده شد و در نزدیکی منابع چاه، زمین شالیزاری (پرمحصول) جهت نمونه برداری خاک در نظر گرفته شد. آنگاه تعداد بیست نمونه مرکب قبل از

نیترژنه به ترتیب ۸/۵-۰/۰۵ و ۲۷-۲ می باشد. غلظت Cd در کود سولفات پتاسیم ۰/۰۴ و در کودسولفات فسفات تریپل ۶/۷۴ mg/kg می باشد. غلظت حداکثر Cd در کود سوپر فسفات تریپل ۶/۷۴ mg/kg که از استاندارد CDFA،<sup>۱</sup> و OSDA<sup>۲</sup> و کانادا بیشتر بوده است. غلظت Pb در کود سولفات پتاسیم ۴,۲۸ و در کود سولفات فسفات تریپل ۵ mg/kg می باشد (۳۵,۳۴). میزان Cd و Pb در کود اوره به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۳/۷۱ mg/kg بوده است (۸). حداکثر Cd در کود فسفاته در استرالیا ۱۳۰، اتریش ۷۵، بلژیک ۹۰، دانمارک ۴۷، کانادا ۲۰، فنلاند ۲۱/۵، آلمان ۴۰، نروژ ۴۳ و سوئیس ۲۱ mg/kg بوده است (۳۶). غلظت Pb در کود سوپر فسفات ساده (۹/۹)، تریپل (۵/۷) و در کود اوره ۰/۳ mg/kg بوده است (۳۳). حرکت و قابلیت دسترسی زیستی فلزات موجود در خاکها به خواص فیزیکوشیمیایی فلز و خاک بستگی دارد (۲). در ژاپن ارزیابی ایتا ایتا و میناماتا به سبب مصرف برنجی که در خاک آلوده به Cd و Hg تهیه شده، گزارش شده است (۳۷). برنج محصول غالب کشاورزی شهرستان قائم شهر می باشد بنابراین کیفیت برنج، تا حد زیادی سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۹). هدف از این مطالعه بررسی غلظت Cd، As و Pb در خاک شالیزاری (برنج پرمحصول)، آب زیرزمینی کشاورزی و سه کود پرمصرف در مرکز کشاورزی وحدت شهرستان قائم شهر قبل و بعد از به کارگیری کود کشاورزی در فصل زارعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ و همچنین تأثیر کود بر فلزات سنگین مزبور می باشد.

## مواد و روش ها

### الف) مطالعه مکان

قائم شهر یکی از مناطق فعال کشاورزی کشت برنج در استان مازندران (شمال ایران) است. سطح زیر کشت

1. CDFA: California Department of Food and Agriculture  
2. OSDA: United States Department of Agriculture

کوددهی و بیست نمونه دیگر بعد از کوددهی (در این تحقیق جهت کمترین تأثیر سموم دفع آفات، نمونه گیری بعد از کوددهی: قبل از سرک سوم و در زمان حداقل مصرف سموم دفع آفات انجام شد) از خاک (۸-۶ نقطه زمین به صورت زیگزاکی در عمق ۳۰-۰) (۴۱) و ۲۰ نمونه از آب کشاورزی در سال کشاورزی ۸۹-۸۸ قبل از کوددهی و ۲۰ نمونه دیگر بعد از کوددهی تهیه شد همچنین برای ارزیابی غلظت فلزات سنگین در کود، از سه کود پرمصرف منطقه نیز ۳ نمونه مرکب تهیه گردید. یک کیلوگرم نمونه خاک و حدود ۵/۰±۱ لیتر نمونه آب در هر نمونه برداری مورد نیاز بود. نمونه های خاک را در مجاورت هوا خشک نموده، سپس با هاون کوبیده و از الک (۲mm) رد و در کیسه برچسب دار قرار دادیم نمونه آب چاه را در بطری ریخته، پس از برچسب گذاری، با اسید نیتریک غلیظ pH آب را به ۲ < رسانده در شرایط خنک نگهداری گردید. پس از عصاره گیری نمونه های خاک (هضم با اسید نیتریک، اسید هیدروکلراید، آب اکسیژنه)، نمونه های آب (صاف کردن با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲) و نمونه های کود (هضم با اسید نیتریک) (۴۵-۴۲) توسط دستگاه ICP-OES (ساخت کشور آلمان با دقت ppb) پس از کالیبره شدن دستگاه، با منحنی کالیبراسیون سنجش (۴۶) و غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم

و سرب) آب، عصاره خاک و کود را به ترتیب در طول موج ۱۸۹/۰۴۲-۲۱۴/۴۳۸-۲۲۰/۳۴۳ نانومتر اندازه گیری شد. جهت کسب اطلاعات مورد نیاز از کشاورزان در خصوص نوع، میزان و نحوه مصرف کود، سطح زیر کشت و ... پرسشنامه تهیه شد. تجزیه و تحلیل آماری مقایسه فلزات سنگین قبل از کوددهی و پس از آن (قبل از کاربرد کود سرک سوم) با استفاده از نرم افزار SPSS 11.5 انجام شد.

## یافته ها

**الف) فلزات سنگین-آب:** نتایج به دست آمده از اندازه گیری غلظت آرسنیک، کادمیوم و سرب در نمونه های آب چاه (محدوده عمق چاه ها ۷۰-۱۱ متر) با دستگاه ICP-OES نشان داد که در هر دو مرحله نمونه برداری غلظت هر سه فلز صفر بوده است. pH آب چاه ها در زمان نمونه برداری در محدوده ۷/۱ الی ۷/۴ بوده است.

**ب) فلزات سنگین- خاک:** غلظت فلزات، حداقل و حداکثر غلظت آن ها در خاک قبل و بعد کوددهی (قبل از سرک سوم) مطابق جدول شماره ۱ و ۲ می باشد. با توجه به آنالیز خاک شناسی موجود در منطقه؛ متوسط هدایت الکتریکی ۱/۲ (۱/۷۸-۰/۴۳)، متوسط pH خاک ۷/۸ (۷/۵-۷/۳۴) بوده است (۳۸).

جدول شماره ۱: مقدار غلظت As، Cd و Pb خاک قبل و بعد از کوددهی در شالیزارهای منطقه مورد مطالعه قائم شهر در سال زراعی ۸۹-۸۸

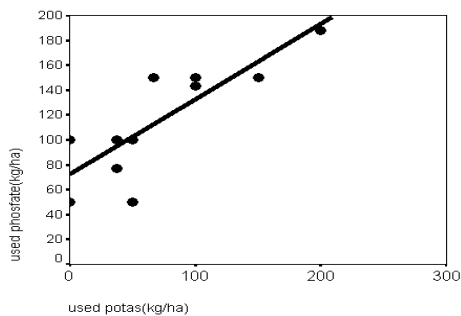
شماره نمونه	غلظت در خاک بر حسب (mg/kg)						شماره نمونه	غلظت در خاک بر حسب (mg/kg)					
	Cd		Pb		As			Cd		Pb		As	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد		قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
۱	۰/۰۰۲	۰/۳	۰/۱۰۲	۰/۲۵	۰/۰۰۳	۱۱	۰/۰۴۵	۰	۰/۴۵	۰/۱۰۲	۰/۳	۰/۰۰۲	
۲	۰/۰۰۳	۰/۲۵	۰/۰۹۹	۰/۲	۰/۰۰۱	۱۲	۰/۰۵	۰	۰/۴۵	۰/۰۹۹	۰/۲۵	۰/۰۰۳	
۳	۰/۰۰۱	۰/۲۵	۰/۰۹۵	۰/۲	۰/۰۰۱	۱۳	۰/۰۴۸	۰	۰/۴۵	۰/۰۹۵	۰/۲۵	۰/۰۰۱	
۴	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۶۶	۰/۲	۰/۰۰۳	۱۴	۰/۰۵۲	۰	۰/۴	۰/۰۶۶	۰/۲	۰/۰۰۵	
۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۷۴	۰/۲	۰/۰۰۳	۱۵	۰/۰۴۷	۰	۰/۴	۰/۰۷۴	۰/۲	۰/۰۰۵	
۶	۰/۰۰۵	۰/۲۵	۰/۰۸۵	۰/۲	۰/۰۰۱	۱۶	۰/۰۴۶	۰	۰/۴	۰/۰۸۵	۰/۲۵	۰/۰۰۵	
۷	۰/۰۰۷	۰/۲	۰/۰۸۷	۰/۲۵	۰/۰۰۵	۱۷	۰/۰۵	۰	۰/۴	۰/۰۸۷	۰/۲	۰/۰۰۷	
۸	۰/۰۰۶	۰/۳	۰/۱۰۳	۰/۲۵	۰/۰۰۳	۱۸	۰/۰۴۶	۰	۰/۵۵	۰/۱۰۳	۰/۳	۰/۰۰۶	
۹	۰/۰۰۴	۰/۲۵	۰/۰۸۶	۰/۲۵	۰/۰۰۳	۱۹	۰/۰۴۸	۰	۰/۴	۰/۰۸۶	۰/۲۵	۰/۰۰۴	
۱۰	۰/۰۰۴	۰/۲	۰/۰۹۳	۰/۱	۰/۰۰۴	۲۰	۰/۰۵	۰	۰/۴	۰/۰۹۳	۰/۲	۰/۰۰۴	
			۰/۰۸۹	۰/۲۲۵	۰/۰۰۳	میانگین							

از سرک سوم) و تغییر غلظت به ترتیب ۰/۰۰۳، ۰/۲۲۵ و ۰/۲۲۲ mg/kg بوده است. متوسط غلظت سرب خاک‌های مورد مطالعه قبل، بعد کوددهی و تغییر غلظت به ترتیب ۰/۰۸۹، ۰/۴ و ۰/۳۱۷ mg/kg بوده است.

با توجه به غلظت As، Pb و Cd در کود اوره، فسفات و پتاس (جدول شماره ۳) و همچنین میانگین کودهای مصرفی (جدول شماره ۴)؛ در صورتی که هر سه فلز در کودها فقط جذب خاک شوند میانگین As، Cd و Pb اضافه شده به خاک شالیزاری منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۷۹، ۵۷۸ و ۳۹۸ mg/ha/y خواهد بود (جدول شماره ۴). پس از محاسبه P-value جهت تعیین رابطه بین کود مصرفی و غلظت فلزات سنگین مشاهده شد که بین کود پتاس و فلز کادمیوم ارتباط معنی داری وجود دارد. بدین ترتیب که با افزایش کود پتاس، کادمیوم خاک کاهش یافته است ( $p < 0.05$ ) و بین کود پتاس با کود فسفات مصرفی در خاک شالیزاری نیز رابطه مثبت وجود دارد ( $p < 0.05$ ) (نمودار شماره ۱). همچنین با افزایش مصرف کود پتاس، مصرف کود اوره کاهش یافته است.

جدول شماره ۴: مقدار احتمالی فلز اضافه شده (mg/ha/y) به سیستم خاک شالیزاری قائم شهر در اثر فرآیند کوددهی

میانگین کود مصرفی (kg/ha)	فلز اضافه شده به خاک (mg/ha/y)
اوره	۲۷۲
فسفات	۱۱۰
پتاس	۶۳
آرسنیک	۱۷۹
کادمیوم	۵۷۸
سرب	۳۹۸



نمودار شماره ۱: مقایسه مصرف کود پتاس و فسفات در خاک شالیزاری قائم شهر

جدول شماره ۲: حداقل و حداکثر غلظت As، Cd و Pb خاک قبل و بعد از کوددهی در شالیزارهای منطقه مورد مطالعه قائم شهر در سال زراعی ۸۸-۸۹

فلزات (mg/kg)	آرسنیک	سرب	کادمیوم
حداقل	۰/۰۰۱	۰/۰۶۶	۰
حداکثر	۰/۰۰۷	۰/۱۰۳	۰
حداقل	۰/۱	۰/۳	۰/۰۴۶
حداکثر	۰/۳	۰/۵۵	۰/۰۵۲
حداقل	۰/۰۹۶	۰/۲۰۳	۰/۰۴۵
حداکثر	۰/۲۹۸	۰/۴۴۷	۰/۰۵۲

ج) فلزات سنگین - کود: غلظت As، Cd و Pb در سه کود مورد آنالیز طبق جدول شماره ۳ به شرح زیر می باشد: سوپرفسفات تریپل < سولفات پتاسیم < اوره و غلظت کادمیوم در کود اوره صفر بوده است.

جدول شماره ۳: غلظت As، Cd و Pb در سه کود پر مصرف مورد استفاده در شالیزارهای منطقه مورد مطالعه قائم شهر در سال زراعی ۸۸-۸۹

کود	فلز (mg/kg)	آرسنیک	کادمیوم	سرب
اوره	۰/۰۲	۰	۰/۰۱	
سوپرفسفات تریپل	۱/۴۷	۵/۲۳	۲/۹۸	
سولفات پتاسیم	۰/۱۸۷	۰/۰۱۵	۱/۰۴۷	

د) کود مصرفی: کل کود مصرفی اوره، فسفات و پتاس در شالیزارهای منطقه مورد مطالعه قائم شهر در سال زراعی ۸۸-۸۹ برای ارقام پر محصول به ترتیب برحسب kg برابر ۸۷۰۰، ۳۰۸۵ و ۱۳۵۵ و میانگین کود مصرفی برای کود اوره، فسفات و پتاس مطابق جدول شماره ۴ می باشد. درصد سطح زیر کشت برنج پر محصول در ۲۰ نمونه مورد بررسی به کل مساحت زیر کشت در منطقه وحدت (مورد مطالعه) برابر ۱/۰۲ درصد بوده است. سطح زیر کشت ارقام برنج محلی و پر محصول در منطقه مورد مطالعه ۲۰ و ۸۰ درصد می باشد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم خاک قبل از کوددهی و پس از آن (قبل از سرک سوم) به ترتیب برابر صفر و ۰/۰۴۹ mg/kg بوده است. متوسط غلظت آرسنیک خاک‌های مورد مطالعه قبل کوددهی، بعد کوددهی (قبل

## بحث

هیچ اطلاعاتی در خصوص مقادیر زمینه‌ای معمول برای خاک ایران وجود ندارد. غلظت Cd، As و Pb قبل و بعد کوددهی کمتر از استاندارد غلظت (Cd  $\leq 0.3$  mg/kg)، As ( $\leq 30$  mg/kg) و Pb ( $\leq 200$  mg/kg) در خاک چین بوده است (۱۵) و میانگین غلظت Cd و Pb از میانگین آن‌ها در نواحی صنعتی همدان کمتر بود (۴۷) و غلظت آرسنیک از غلظت استاندارد قوانین پیشگیری خاک شالیزاری ژاپن ( $< 15$  mg/kg) کمتر بوده است (۴۸). مقدار کود اوره و فسفات مصرفی ۱/۱ و ۲/۲ برابر بیشتر از توصیه کوددهی بوده است. به طور کلی، تغییر غلظت سرب خاک (قبل و بعد کوددهی) از آرسنیک بیشتر بوده و کادمیوم حداقل تغییر را دارا بوده است. رسوبات جوی، کود و لجن از منابع مهم سرب در خاک‌های کشاورزی می‌باشند (۴۹). با مقایسه نرخ فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه با برخی از کشورهای متوسط اروپا مشاهده شده که نرخ آرسنیک ( $0.179$  g/ha/y) از نرخ آن در هلند ( $3/2$ )، دانمارک ( $1/1$ )، انگلستان ( $0.9-1.0$ ) و متوسط اروپا (۲) کمتر بوده است و نرخ کادمیوم ( $0.578$  g/ha/y) از نرخ آن در هلند ( $1/3$ )، انگلستان ( $0.7-6/1$ )، متوسط اروپا ( $1/9$ ) کمتر و از دانمارک ( $0/3$ )، فنلاند ( $0/2$ ) بیشتر بوده است. نرخ سرب ( $0.398$  g/ha/y) از کلیه کشورهای مورد نظر کمتر بوده است. غلظت آرسنیک در کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب  $0.02$ ،  $1/47$  و  $0.187$  میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد همچنین غلظت کادمیوم در کودهای مورد نظر  $0.00$ ،  $5/23$  و  $0.015$  میلی‌گرم در کیلوگرم و غلظت سرب هم به ترتیب  $0.001$ ،  $2/98$  و  $1/047$  میلی‌گرم در کیلوگرم است. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین مورد نظر از استانداردهای موجود در جهان کمتر بوده است. غلظت کادمیوم در سوپر فسفات تریپل و کود اوره از کادمیوم کودهای شیمیایی مصرفی در آبخوان شوش

و اندیمشک کمتر (اوره =  $0.03$  و سوپر فسفات تریپل =  $12/2$  mg/kg) است (۲۴). تنها غلظت کادمیوم در کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل از غلظت استاندارد CDFA ( $4$  mg/kg) بیشتر بوده است و تنها رابطه معنی‌دار بین میزان کود مصرفی پتاس با غلظت کادمیوم در خاک ( $p < 0.05$ ) مشاهده شد که می‌توان فرمول زیر را برای غلظت کادمیوم خاک با توجه به کود مصرفی پتاس چنین نوشت:

$$Cd \text{ (mg/kg)} = \text{Constant} - (1.96 * 10^{-5}) * \text{kg/ha potas}$$

غلظت کادمیوم در کود اوره صفر بوده که عملاً کاربرد این کود نباید در افزایش یا کاهش کادمیوم افزوده به سیستم خاک، آب و گیاه تأثیر داشته باشد. با توجه به بیشترین غلظت کادمیوم در کود فسفات به نظر می‌رسد که در مزارعی که کود پتاس بیشتری استفاده شده، مقدار کود فسفات کمتری استفاده شود ولی با توجه به ارتباط مثبت بین کود فسفات و کود پتاس ( $p < 0.05$ ) (نمودار شماره ۱)؛ علت این امر همچنان نامشخص است.

در نهایت در مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگرچه غلظت فلزات سنگین در خاک و آب قبل از کوددهی و پس از آن از استاندارد تجاوز ننموده است ولی استفاده مکرر از سموم و کودهای شیمیایی در کشاورزی رایج، افزایش سطح فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی را سبب می‌شود از طرفی با توجه به نتایج، پر واضح است که غلظت کلیه فلزات سنگین (Cd، As، Pb) در طول یک سال زراعی افزایش یافته است. در این تحقیق نمونه‌گیری بعد کوددهی، قبل از سرک سوم و حداقل استفاده از سموم دفع آفات انجام شد که در صورت نمونه‌برداری بعد از برداشت محصول، تأثیر کاربرد سموم شیمیایی بر غلظت فلزات خاک و آب نیز قابل تأمل است. در بیشتر موارد نیز مشاهده گردید که کودهای مورد استفاده بدون تاریخ تولید و انقضاء بوده که به دلیل کاهش اثربخشی محصول، کشاورزان مجبور به استفاده بیش از اندازه کود بوده‌اند که متعاقب آن آلودگی محیط‌زیست را به دنبال دارد. در راستای

پایش صاحبان زمین بر عملکرد کشاورزان و آموزش کشاورزان پیشنهاد می‌گردد.

### سپاسگزاری

از همکاران محترم آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت تهران جهت همکاری با این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

راهکارهای مدیریتی کاهش اثرات سوء زیست محیطی کودهای شیمیایی، آزمایش خاک اراضی کشاورزی جهت تعیین نیاز واقعی زمین شالیزاری به کود، توزیع کودهای شیمیایی مجاز و استاندارد از طریق ارگان‌های دولتی، تنظیم استاندارد ملی و استانی، استفاده از کودهای شیمیایی سازگار با محیط زیست، نظارت و

### References

- Pacheco J, Marin L, Cabrera A, Steinich B, Escolero O. Nitrate temporal and spatial patterns in 12 water-supply wells, Yucatan, Mexico. *Environ Geol* 2001; 40(6): 708-715.
- Atafar Z, Mesdaghinia A, Nouri J, Homae M, Yunesian M, Ahmadi Moghaddam M, et al. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environ Monit Assess* 2010; 160(1): 83-89.
- McCauley A, Jones C, Jacobsen J. Commercial fertilizers and soil amendments. *Nutr Manage Module* 2009; 10: 4449-4410.
- Brent Clothier RB, Bolan NS, Mahimairaja S, Greven M, Moni Ch, Marchetti M, et al. Arsenic in the New Zealand environment. Australian New Zealand Soils Conference, 5-9 December 2004, University of Sydney, Australia. [CDROM]. 2004
- Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. *Brit Med Bull* 2003; 68(1): 167.
- Kelly J, Tate R. Effects of heavy metal contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a zinc smelter. *J Environ Qual* 1998; 27(3): 609-617.
- Rui Y, Shen J, Zhang F. Application of ICP-MS to determination of heavy metal content of heavy metals in two kinds of N fertilizer. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi* 2008; 28(10): 2425.
- Molina M, Aburto F, Calderon R, Cazanga M, Escudey M. Trace Element Composition of Selected Fertilizers Used in Chile: Phosphorus Fertilizers as a Source of Long-Term Soil Contamination. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 2009; 18(4): 497-511.
- McBride M, Spiers G. Trace element content of selected fertilizers and dairy manures as determined by ICP-MS. *Commun Soil Sci Plan Analysis* 2001; 32(1): 139-156.
- Yazdi M, Behzad N. Heavy metals in the soil of the Islam Shahr Urban Area, South of Tehran. *Environ Sci* 2007; 4(2): 73-83 (Persian).
- Jiao Y, Grant CA, Bailey LD. Effects of phosphorus and zinc fertilizer on cadmium uptake and distribution in flax and durum wheat. *J Sci Food Agr* 2004; 84(8): 777-785.
- Ju X, Kou C, Christie P, Dou Z, Zhang F. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. *Environ Pollu* 2007; 145(2): 497-506.
- Campos V. Arsenic in groundwater affected by phosphate fertilizers at Sao Paulo, Brazil. *Environ Geol* 2002; 42(1): 83-87.
- Byong-Gu K, Seong-Jin P, Gu-Bok J, Min-

- Kyeong K, Gun-Yeob K, Suk-Young H, et al. Characteristics of soil heavy metal contents in the agricultural areas near closed mine in Korea. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 2010.
15. Dong W, Cui Y, Liu X. Instances of soil and crop heavy metal contamination in China. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 2001; 10(5): 497-510.
  16. Matinfar H, Malaki A. Assessment of heavy metals in water, paddy soil and product Khorramabad (Iran). The first Regional Conference on Water, 2007 (Persian).
  17. Islam M, Jahiruddin M, Rahman G, Miah M, Farid A, Panaullah G, et al. Arsenic in paddy soils of Bangladesh: levels, distribution and contribution of irrigation and sediments, 2005.
  18. Laiyuan Zhong, Liming Liu, Yang J. Assessment of heavy metals contamination of paddy soil in Xiangyin county, China. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 2010.
  19. Zhao K, Liu X, Xu J, Selim H. Heavy Metal Contaminations in a Soil-Rice System: Identification of Spatial Dependence in Relation to Soil Properties of Paddy Fields. *J Hazard Mater* 2010.
  20. Xin-ying Z, Yong L, Hao-dong W, Jin-gao W. Heavy Metal Contamination in Paddy Soil and Rice Along Dahuan River in Banli Village of Hechi, Guangxi. *J Agro-Environ Sci* 2010: S1.
  21. Pirzadeh M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh A, Khademi H. Cadmium in paddy soils and rice in Isfahan, fars and Khuzestan provinces. 2<sup>nd</sup> Conference of Environmental Engineering. 2008 (Persian).
  22. Babaei A. Study the groundwater quality of Shush and Andimeshk plains and effect of fertilizers application on them, 2005. (persian).
  23. Amouei AI, Mahvi AH, Naddafi K, Hajian K. Effect of chemical additives on the availability of heavy metals (Pb, Cd, Zn) in soil. *J Babol Univ Med Sci* 2005; 7(4): 26-31.
  24. Nouri J, Mahvi A, Jahed G, Babaei A. Regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities. *Environ Geol* 2008; 55(6): 1337-1343.
  25. Zhao K, Zhang W, Zhou L, Liu X, Xu J, Huang P. Modeling transfer of heavy metals in soil-rice system and their risk assessment in paddy fields. *Environ Earth Sci* 2009; 59(3): 519-527.
  26. Khani MR, Malekoti MJ. Survey of cadmium changes in soils and rice of rice fields in north of Iran. *J Soil and Water* 2000; 12(9): 19-26.
  27. Khani MR, Malekoti MJ. Survey of relation between cadmium and phosphorus in rice field soils in the north of Iran. *J Soil and Water* 2000; 12(9): 12-18.
  28. Shokrzadeh M, Saeedi Saravi SS. The study of heavy metals (zinc, lead, cadmium and chromium) in Water sample from Gorgan Cost (Iran), Spring 2008. *Toxicol & Environ Chemist* 2009; 91(3): 405-407.
  29. Rokni M, Galistyn MH, Shokrizadeh M. Heavy metals in water samples from Seyyed Mahalleh (Mazandaran) farmlands and its relationship with quantitative traits of Rice. *Information Technologies & Management* 2011; 248-258.
  30. Poor Saadat M. Production and consumption of phosphoric acid and phosphate fertilizers in the country. 1<sup>nd</sup> national seminar on the development of fertilizer industry and Vegetable pesticides. Iran University of Science & Technology, 2004. (Persian).



31. Malakouti MJ, Nafisi M. Consumption of Fertilizer on agricultural land. Publications of Tarbiat Modares University, 1994 (Persian).
32. Soleimani A, Amiri Larjani B. Principles the Best crop of Rice. Publications of Arvij, 2004 (Persian).
33. Mirnia S Kh. Mohammadian M. Rice, disorders food elements, Management food elements. Publications of Mazandaran University, 2005 (Persian).
34. Williams P, Islam M, Adomako E, Raab A, Hossain S, Zhu Y, et al. Increase in rice grain arsenic for regions of Bangladesh irrigating paddies with elevated arsenic in groundwaters. Environ Sci Technol 2006; 40(16): 4903-4908.
35. Rahbari P, liyaaghat A, Afsharasl M, Jabali SJ. Simulation of nitrate convection to groundwater. Agriculture Science 2007; 38(1): 47-56 (Persian).
36. Malakouti MJ. Necessity Promotion Knowledge technology Manufacture of fertilizers in the country. 1<sup>nd</sup> national seminar on the development of fertilizer industry and Vegetable pesticides. Iran University of Science & Technology, 2004. (Persian).
37. Wang Q, Cui Y, Liu X, Dong Y, Christie P. Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China. J Environ Sci Healt A 2003; 38(5): 823-838.
38. Agriculture Organization of Mazandaran. Ghaemshahr. 2010.
39. Iran Meteorological Organization. 2011.
40. Staff SSD. Soil survey manual: United States Department of Agriculture; 1993.
41. Amiri R, Aliehyaei M. Manual of soil sampling, water and plants for laboratory analysis. 1998. 11 (Persian).
42. Aliehyaei M. Description analysis methods of soil chemical. Journal of Agriculture 1999; 1024 (Persian).
43. Gupta P. Soil, plant, water and fertilizer analysis: Agro Botanica; 2000.
44. Method 3050B. Acid digestion of sediments, slud Sludges, And Soils. 1996.
45. Behbahanizadeh AA, Emami. Laboratory methods the analysis chemical fertilizers in accordance with international standards. Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO). Soil and Water Research Institute. Publication of Technical. 707 (Persian).
46. Guideline booklet ICP-OES. Germany. Spectro Arcos EOP ICP-OES. Analysis Systems for Environmental Applications, 2009.
47. Jalali M, Khanlari Z. Environmental contamination of Zn, Cd, Ni, Cu, and Pb from industrial areas in Hamadan Province, western Iran. Environ Geol 2008; 55(7): 1537-1543.
48. Makino T. Heavy Metal Pollution of Soil and a New Approach to Its Remediation: Research Experiences in Japan: Food and Fertilizer Technology Center, 2007.
49. Nicholson F, Smith S, Alloway B, Carlton-Smith C, Chambers B. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Sci Total Environ 2003; 311(1-3): 205-219.