

تأثیر آبیاری با آب رودخانه زرجوب بر تجمع عناصر سنگین در دانه برنج

محمد رضا خالدیان^{1*}، مجتبی رضایی²

تاریخ دریافت: 1395/11/25 تاریخ پذیرش: 1396/1/20

چکیده

در پژوهش حاضر تأثیر آبیاری با آب برداشتی از پنج مقطع رودخانه و آب چاه روی انباشت عناصر سنگین در دانه برنج پرداخته شد. بدین منظور آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار که در آن آبیاری در پنج سطح (1 غرقاب دائم (5 سانتی متر آب روی سطح خاک)، (2 اشباع، (3 100 درصد ظرفیت زراعی، (4 80 درصد ظرفیت زراعی و (5 60 درصد ظرفیت زراعی روی برنج رقم خزر (که اغلب در حوضه آبریز این رودخانه کشت می‌شود) در خاک سیلتی رسی و در گلدان‌های پلاستیکی انجام شد. آبیاری با آب برداشتی از شش منبع ذکر شده انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که همه منابع آب و همه رژیم‌های آبیاری سبب آلودگی دانه برنج به مس و روی نشده‌اند، ولی همه منابع آبی (چاه و رودخانه) و همه رژیم‌های آبیاری موجب آلودگی دانه به سرب شده‌اند (دارای غلظت بیش از 0/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم). نتایج نشان می‌دهند که به‌جز آب چاه سایر تیمارهای منابع آب (آب برداشتی از مقاطع مختلف رودخانه زرجوب) موجب آلودگی دانه به کادمیوم نشده‌اند. رژیم‌های آبیاری در حد 60 و 80 درصد ظرفیت زراعی موجب آلودگی دانه به کادمیوم شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آلودگی آب، رشت

مقدمه

زیست‌بوم‌های آبی شوند (Lamanso et al., 1999). آلودگی‌های ناشی از یون‌های عناصر سنگین از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلوده‌سازهای محیط‌زیست می‌باشند که در صورت عدم حذف آن‌ها ضمن ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی، موجب تشکیل کمپلکس‌های سمی شده و خطرات بالقوه‌ای را برای انسان و زیست-بوم ایجاد می‌نمایند (اوستان، 1383).

پایش و کنترل آب‌های سطحی برای مصارف مختلف آن امری لازم و ضروری محسوب می‌شود تا از این طریق آبی با کیفیت بالا برای مصارف مختلف در دسترس قرار گیرد (Bollinger et al., 1999). با توجه به پژوهش‌های انجام شده بیش‌ترین مقادیر عناصر سنگین در زیست‌بوم‌های آبی به عناصری مانند مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب مربوط می‌باشد (Masterson and Slowink., 1981). امروزه عناصر سنگین به دلیل سمی بودن، زمان ماندگاری بالا و تجمع آن‌ها در بافت جانداران از اهمیت اکولوژیک و بیولوژیکی زیادی برخوردار هستند (Clarck., 1992). در فرانسه پروتئ و همکاران و در برزیل بوسو و انزویر گزارش کردند که کودکانی که در اطراف کارخانه‌های ذوب آلومینیم قدیمی زندگی می‌کنند دارای میزان بالایی از سرب در خون خود هستند (Bosso and Enzweiler, 2008; Pruvot et al., 2006). ترکدوگان و همکاران شیوع بالای سرطان دستگاه گوارش در منطقه وان ترکیه را به غلظت بالای عناصر سنگین در خاک، میوه‌ها و سبزیجات منطقه ارتباط داده‌اند

عناصر سنگین از اجزای طبیعی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند و فرآیندهای طبیعی و همچنین فعالیت‌های انسان باعث آزادسازی آن‌ها در محیط‌زیست می‌شود. فعالیت‌های آتشفشانی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، هوازدگی سنگ‌ها و کانی‌ها از جمله عوامل طبیعی هستند که باعث آلودگی محیط‌زیست به عناصر سنگین می‌شوند (Kennish., 1992). عناصر سنگین به‌طور طبیعی در قشر زمین وجود دارند و با دخالت‌های انسان، میزان آن‌ها در محیط‌زیست افزایش می‌یابد. دخالت‌های انسان، در افزایش این عناصر در محیط، به‌صورت‌های مختلف از جمله فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، اکتشافات و استخراج معادن، مصرف سوخت‌های فسیلی و ... می‌باشد (اسماعیلی‌ساری، 1381).

فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی موجب شده است تا میزان زیادی فاضلاب‌های صنعتی، شهری و همچنین پساب‌های کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصر سنگین، وارد

1- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، رشت
2- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
* - نویسنده مسئول: (Email: khaledian@guilan.ac.ir)

است، چرا که حجم زیادی از آلاینده‌هایی مانند مواد آلی محلول و غیرمحلول، عناصر سنگین مانند سرب، نیکل، روی، آهن، مس، کادمیوم و سموم کشاورزی و دفع آفات و مواد اسیدی و قلیایی به داخل آن سرازیر می‌شوند.

توصیف آزمایش گلدانی

به منظور بررسی تأثیر آبیاری با آب برداشت شده از مقاطع مختلف رودخانه زرجوب روی تجمع عناصر سنگین در دانه برنج، مطالعه‌ای گلدانی در سال 1390 اجرا شد. این پژوهش در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در کیلومتر 5 جاده رشت - تهران به صورت کشت گلدانی گیاه برنج زیر باران گیر به اجرا درآمد.

آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور سطوح مختلف آبیاری شامل: غرقاب، اشباع، 100 درصد ظرفیت زراعی، 80 درصد ظرفیت زراعی و 60 درصد ظرفیت زراعی و منابع مختلف آب شامل پنج مقطع رودخانه زرجوب شامل ایستگاه‌های سراوان، شهر صنعتی رشت، شرکت آب منطقه‌ای، پل گلزار و پیربازار برداشت شد (شکل 1). همچنین آب چاه موجود در موسسه تحقیقات برنج کشور به عنوان یک تیمار در نظر گرفته شد. در تیمار غرقاب، ارتفاع آب روی خاک در حد پنج سانتی‌متر نگهداری شد و در صورتی که ارتفاع آن به کمتر از سه سانتی‌متر می‌رسید مجدداً آبیاری صورت می‌گرفت. در سایر تیمارها با کنترل رطوبت خاک در صورتی که مقدار آن به کمتر از حد اشاره شده می‌رسید آبیاری انجام می‌شد. تعداد سه عدد نشا برنج که در شرایط معمول منطقه آماده شده بودند، در گلدان‌هایی به قطر و عمق 25 سانتی‌متر که قبلاً از خاک زراعی محل (موسسه تحقیقات برنج کشور) پر شده بودند نشاکاری شدند. مشخصات این خاک در جدول 1 ارائه شده است. طی مدت 10 روز پس از نشاکاری آبیاری با آب معمولی انجام گرفت، سپس اعمال تیمارهای طرح به صورت غرقاب دائم با ارتفاع پنج سانتی‌متر شروع شد. در مجموع 30 تیمار و با احتساب سه تکرار کلا 90 گلدان وجود داشت. تمام عملیات زراعی به صورت معمول و کاملاً یکسان و طبق عرف منطقه انجام پذیرفت. پس از رسیدن محصول، غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه در دانه برنج اندازه‌گیری و نتایج با نرم‌افزار SAS تجزیه شدند. مقایسه میانگین براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

(Turkdogan et al., 2002). برخی از عناصر مانند مس و روی در غلظت کم ضروری و در غلظت زیاد سمی هستند. اثر سمی عناصر مانند سرب و کادمیوم ناشی از تقلید آن‌ها از عناصر ضروری سبک‌تر در رفتار بیوشیمی و جذب به وسیله گیاه است، که در نتیجه جایگزین آن‌ها در وظایف بیوشیمیایی می‌شوند. مثلاً کادمیوم می‌تواند جذب شده و وظایف روی را تقلید کند (رضایی‌زنگنه، 1377).

رودخانه زرجوب و گوهررود دو رودخانه‌ای هستند که از داخل شهر رشت عبور می‌کنند. نتایج پژوهش (خالدیان و همکاران، 1390) نشان می‌دهد که براساس شاخص کیفی NSFQI، این رودخانه کیفیت آب خود را از دست داده و روزبه‌روز بر آلودگی آن ناشی از تخلیه پساب‌های صنعتی، فاضلاب شهری و زهاب کشاورزی افزوده می‌شود. امروزه رودخانه زرجوب در بخش کشاورزی نقش مهمی را در اقتصاد خانوارهای ساکن در منطقه دارد، توسعه فعالیت‌های انسانی در چند دهه اخیر در حوضه آبریز زرجوب به خصوص شهر صنعتی رشت موجب شده که حجم بالایی از آلاینده‌ها وارد رودخانه زرجوب شده و از این طریق وارد تالاب انزلی شود. بنابراین بررسی تأثیر آبیاری با آب این رودخانه بر آلودگی برنج که کشت رایج در منطقه بوده و برای آبیاری آن از آب این رودخانه استفاده می‌شود ضروری است. به همین دلیل در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر آبیاری با آب رودخانه زرجوب بر تجمع عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دانه برنج پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

رودخانه زرجوب

در ساحل غربی رودخانه سفیدرود رواناب‌های یک حوضه آبریز به وسعت 150 کیلومتر مربع عمدت توسط دو رودخانه گوهررود و زرجوب جمع‌آوری شده که بعد از عبور از محدوده شهر رشت در منطقه کاماکل با پیوستن به یکدیگر رودخانه پیربازار را تشکیل داده و با حرکت به سمت تالاب انزلی در نهایت به دریای خزر می‌ریزد. در مسیر حرکت این رودخانه کشاورزان از آب آن برای آبیاری شالیزارها، باغات سبزی و صیفی استفاده می‌کنند (شرکت مهندسی مشاور جاماب، 1390). از آنجایی که رودخانه زرجوب در مسیر حرکت خود از مجاورت شهر صنعتی رشت و در محدوده شهر رشت از درون آن عبور می‌کند متأسفانه تمام فاضلاب‌های صنعتی و شهری بدون پالایش به این رودخانه وارد و آن را به یکی از آلوده‌ترین رودخانه‌های استان و یکی از مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده تالاب انزلی تبدیل کرده

جدول 1- برخی مشخصات خاک موسسه تحقیقات برنج کشور

رطوبت اشباع	ECe	pH	نیترژن کل	فسفر قابل جذب	پتاس قابل جذب	بافت خاک
%	dS m ⁻¹		%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
75	1/12	7/4	0/189	17/8	280	سیلتی رسی



شکل 1 - موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول رودخانه زرچوب

نتایج و بحث

جدول 2 نشان دهنده نتایج آنالیز نمونه‌های آب برداشتی برای آبیاری گلدان‌ها را نشان می‌دهد. این نتایج مربوط به آب چاه واقع در موسسه تحقیقات برنج کشور و آب برداشتی از پنج مقطع رودخانه شامل سراوان (قبل از شهر صنعتی)، شهر صنعتی (بعد از شهر صنعتی)، شرکت آب منطقه‌ای (ابتدای منطقه شهری)، گلسار (داخل منطقه شهری) و پیربازار (بعد از منطقه شهری و در داخل منطقه کشاورزی) می‌باشد. این مقاطع، ایستگاه‌های آب‌سنجی شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان هستند که مواردی نظیر سهولت دسترسی و فاصله مناسب بین ایستگاه‌ها موجب انتخاب آن‌ها شد. نتایج با استاندارد آب آبیاری قابل مقایسه هستند. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود هیچ‌کدام از منابع آبی به این چهار عنصر آلوده نیست، ولی تداوم استفاده از این آب‌ها در طول فصل آبیاری و فراهم شدن شرایط مناسب برای جذب و تجمع آن‌ها در گیاه، می‌تواند موجب آلودگی دانه شود.

تجمع عناصر سنگین در دانه

نتایج تجزیه واریانس

پس از انجام آنالیزهای شیمیایی و تعیین غلظت عناصر سنگین در دانه برنج، تجزیه آماری صورت گرفت. جدول 3 نشان‌دهنده نتایج تجزیه واریانس در مورد عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود منبع آب، رژیم آبیاری و اثر متقابل این

تعیین غلظت عناصر سنگین در آب

غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه در آب آبیاری تعیین شد. برای هضم نمونه‌های آب، طبق استاندارد آب (Eaton et al., 2005) با چند قطره اسیدنیتریک غلیظ pH آن به کمتر از دو رسانده شد (قبل از هضم، pH نمونه‌های خام بین محدوده 6/2 تا 7/2 اندازه‌گیری شد)، سپس نمونه‌ها زیر هود حرارت داده شدند ولی به مرحله جوش نرسیدند. پس از آن تمامی نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن عبور داده شدند تا رسوبات معلق در آن‌ها جدا شوند. اندازه‌گیری عناصر سنگین (سرب، روی، مس و کادمیوم) در نمونه‌های آب به‌وسیله دستگاه جذب اتمی با روش کوره صورت پذیرفت (Eaton et al., 2005).

اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین در دانه برنج

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت محصول غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه در دانه برنج تعیین شد. دو گرم از گیاه خشک شده از الک 0/5 میلی‌لیتری عبور داده شد، سپس درون بوتله چینی ریخته شد و در دمای 550 درجه سلسیوس به مدت چهار ساعت سوزانده شد. پس از سرد شدن 10 میلی‌لیتر اسیدکلریدریک 1:10 روی آن ریخته شد و بر روی هیتر 70 درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از کامل شدن هضم نمونه، آن را با کاغذ صافی واتمن 42 صاف کرده و به بالن 50 میلی‌لیتری منتقل کرده و به حجم رسانده شد. مقدار عناصر توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (خزایی، 1390).

دو عامل بر تجمع عناصر روی و مس در دانه دارای تأثیر معنی‌داری است. ولی منبع آب، رژیم آبیاری و اثر متقابل این دو عامل تأثیر

جدول 2- غلظت عناصر سنگین در آب برداشتی از مقاطع مختلف رودخانه برای آبیاری (ppb)

منبع آب	ایستگاه	کادمیوم	سرب	مس	روی
رودخانه	سراوان	0/2	2/6	0/01	3/3
	شهر صنعتی	0/4	3/8	0/024	0/4
	شرکت آب منطقه‌ای	0/5	1/7	0/062	0/8
	گلزار	0/6	4/1	0/012	9/4
	پیربازار	0/3	2/6	0/013	0/5
چاه		1/8	240	37	240
استاندارد آب آبیاری (USEPA)		50	20000	5000	10000

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس در مورد عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب در دانه برنج

منابع خطا	درجه آزادی	میانگین مربعات روی	میانگین مربعات مس	میانگین مربعات کادمیوم	میانگین مربعات سرب
تکرار	2	31 ^{**}	0/2 ^{ns}	286/9 ^{ns}	0/7 ^{ns}
منبع آب	5	107 ^{**}	1/4 ^{**}	288/3 ^{ns}	0/3 ^{ns}
رژیم آبیاری	4	99 ^{**}	0/9 ^{**}	109/4 ^{ns}	0/4 ^{ns}
منبع آب × رژیم آبیاری	20	74 ^{**}	0/3 ^{**}	108/7 ^{ns}	0/5 ^{ns}

ns و ^{**} به ترتیب بیانگر عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

استان اصفهان، کاربرد کود فسفره را عامل اصلی در ورود کادمیوم به خاک‌های کشاورزی استان ذکر کرده‌اند، که این وضعیت در سایر نقاط کشور که از مقادیر بالای کود فسفره استفاده می‌کنند می‌تواند بروز کند.

نتایج مقایسه میانگین به منظور تعیین اثر رژیم آبیاری بر تجمع عناصر سنگین در دانه

در این قسمت اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تجمع عناصر سنگین در دانه مورد بررسی قرار گرفته است. معمولاً آبیاری تناوبی نسبت به آبیاری غرقابی موجب تجمع مقدار بیش‌تری عنصر سنگین در گیاه می‌شود. جدول 5 اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تجمع عناصر روی، مس، سرب و کادمیوم در دانه را نشان می‌دهد که در مورد همه عناصر، آبیاری تناوبی در سطح 60 درصد ظرفیت زراعی بیش‌ترین تجمع عناصر سنگین را موجب شده است و پس از آن به ترتیب آبیاری در سطح 80 درصد ظرفیت زراعی، آبیاری در حد ظرفیت زراعی، آبیاری در سطح اشباع و در نهایت آبیاری غرقاب دائم قرار دارند. استفاده از آبیاری غرقاب باعث کاهش شرایط اکسیداسیون و برقراری شرایط احیا در خاک شده و میزان غلظت کادمیوم در دانه را کاهش می‌دهد. طی آزمایشی در ژاپن، میزان عملکرد در آبیاری غرقاب و تناوبی به ترتیب 16/3 و 10/1 گرم در گلدان بود و غلظت کادمیوم در دانه 0/3 و 2/25 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، که نشان‌دهنده نقش

نتایج مقایسه میانگین به منظور بررسی اثر منبع آب بر تجمع عناصر سنگین در دانه

پس از انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین با آزمون دانکن صورت گرفت که نتایج به تفکیک برای هر عنصر در جدول 4 آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود آب چاه باعث تجمع بالاترین غلظت عنصر روی در دانه شده است. بعد از آب چاه، آب برداشتی از ایستگاه‌های گلزار و شرکت آب منطقه‌ای باعث تجمع غلظت بالایی از عنصر روی در دانه شده‌اند. در مورد عنصر مس می‌توان نتیجه گرفت که آب چاه باعث ایجاد بالاترین غلظت مس در دانه شده است و سپس آب برداشتی از ایستگاه‌های گلزار و شرکت آب منطقه‌ای موجب ایجاد غلظت‌های پایین‌تر شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که تفاوت معنی‌داری بین منابع مختلف آب در تجمع سرب در دانه وجود ندارد. هرچند آب چاه بالاترین غلظت را ایجاد کرده و آب برداشتی از ایستگاه‌های گلزار و شرکت آب منطقه‌ای در رده‌های بعدی قرار دارند. در مورد عنصر کادمیوم می‌توان گفت که آب چاه باعث ایجاد میزان بالایی از عنصر کادمیوم در دانه شده است. بعد از آب چاه، آب ایستگاه‌های گلزار و شرکت آب منطقه‌ای قرار دارند. به نظر می‌رسد استفاده دائم از کودهای شیمیایی در موسسه تحقیقات برنج کشور، به‌خصوص فسفر سبب بالا رفتن میزان کادمیوم در آب چاه شده است و در نتیجه سبب تجمع میزان بسیار بالاتری در دانه برنج نسبت به آب رودخانه شده است. (امینی و همکاران، 1386) طی پژوهشی در

افزایشی آبیاری تناوبی در تجمع فلزات سنگین است (Chino., 1999).
شاید رواج آبیاری غرقابی و عدم زهکشی اراضی شالیزاری و در نتیجه دوام شرایط احیا در استان گیلان موجب کاهش تجمع کادمیوم در دانه شود (خالدیان و همکاران، 1393).

جدول 4- مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در مورد اثر منابع آب بر تجمع عناصر سنگین روی، مس، کادمیوم و سرب در دانه برنج

منبع آب	تعداد نمونه	میانگین تجمع روی (میلی- گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع مس (میلی- گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع سرب (میلی گرم بر کیلوگرم)
چاه آب	15	46/7 ^a	3/2 ^a	10/8 ^a	1/41 ^a
گلزار	15	43/5 ^b	2/9 ^b	0/09 ^b	1/13 ^a
شرکت آب منطقه‌ای	15	42/6 ^b	2/7 ^{bc}	0/07 ^b	1/11 ^a
سراوان	15	40/7 ^c	2/7 ^{bc}	0/06 ^b	1/1 ^a
پیربازار	15	40/1 ^c	2/6 ^c	0/05 ^b	1/07 ^a
بهدان	15	39/5 ^c	2/3 ^d	0/04 ^b	1 ^a

حرف غیرمشترک در یک ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول 5- مقایسه میانگین در مورد اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تجمع عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب در دانه برنج

رژیم آبیاری	تعداد نمونه	میانگین تجمع روی (میلی- گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع مس (میلی- گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)	میانگین تجمع سرب (میلی گرم بر کیلوگرم)
0.6FC	18	45/93 ^a	2/97 ^a	4/79 ^a	1/37 ^a
0.8FC	18	42/67 ^b	2/91 ^a	4/3 ^a	1/16 ^a
FC	18	41/27 ^{bc}	2/83 ^a	0/07 ^a	1/13 ^a
اشباع	18	41/24 ^{bc}	2/56 ^b	0/05 ^a	1/07 ^a
غرقاب	18	39/23 ^c	2/44 ^b	0/05 ^a	0/96 ^a

حرف غیرمشترک در یک ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

برداشتی از مقاطع مختلف رودخانه زرجوب) موجب آلودگی دانه نشده‌اند. در مورد رژیم‌های آبیاری باید گفت که رژیم‌های آبیاری در حد 60 و 80 درصد ظرفیت زراعی موجب آلودگی دانه به کادمیوم شده‌اند. هوانگ و اسکندر نیز بیان کرده‌اند که آبیاری تناوبی نسبت به آبیاری غرقابی موجب تجمع بیش‌تر کادمیوم در دانه برنج می‌شود (Huang and Iskandar, 2000). این امر به دلیل افزایش میزان هوا در خاک و خارج شدن خاک از شرایط احیا و ورود به شرایط اکسیداسیون است، در نتیجه میزان عنصر سنگین قابل جذب توسط گیاه در تیمار 60 درصد بیش از تیمار 80 درصد بوده و مقدار بیش‌تری در دانه تجمع کرده است. در مورد سرب حداکثر مجاز در دانه 0/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که همه منابع آبی (چاه و رودخانه) و همه رژیم‌های آبیاری موجب آلودگی دانه به سرب شده‌اند. سرب و کادمیوم امکان ایجاد سرطان و بیماری‌های دیگر به خصوص بیماری‌های قلبی و عروقی، بیماری‌های مرتبط با کلیه، خون و اعصاب همچنین ناهنجاری‌های استخوانی را افزایش می‌دهند (Jarup., 2003). مشکلات جدی در ارتباط با سلامتی افراد می‌توانند از آلودگی مواد غذایی به عناصر سنگین نظیر سرب و کادمیوم ناشی

پژوهش‌های انجام شده نشان داده که گیاهان آلوده به عناصر سنگین می‌توانند یکی از منابع اساسی در تجمع این عناصر در بدن انسان و جانوران باشند (Dudka and Miller., 1999). ورود عناصر سنگین به بدن بیش‌تر از طریق مواد غذایی است هر چند این عناصر می‌توانند از طریق دستگاه تنفسی نیز وارد بدن شوند (Tripathi et al., 1997). بنابراین تعیین میزان عناصر سنگین در مواد غذایی در جهت حفظ سلامتی افراد جامعه امری ضروری است. هرچند مس و روی عناصر ضروری هستند ولی مازاد آن‌ها در غذای انسان و علوفه دام‌ها می‌تواند موجب مسمومیت شود (Kabata-Pendias and Mukherjee., 2007). طبق استاندارد مواد غذایی حداکثر میزان مجاز مس و روی به ترتیب 10 و 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Zhuang et al., 2009). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهند که منابع آب و رژیم آبیاری سبب آلودگی دانه برنج به مس و روی نشده‌اند.

در مورد عنصر کادمیوم حداکثر غلظت مجاز 0/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Zhuang et al., 2009). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهند که به جز آب چاه سایر تیمارهای منابع آب (آب

خزایی، س. 1390. بررسی آلودگی فلزات سنگین رودخانه زرجوب رشت و تأثیر آن بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان.

شرکت مهندسی مشاور جاماب. 1369. نقشه جامع ملی آب. منابع آب سطحی در حوضه آبریز سفیدرود، انزلی و تالش. وزارت نیرو.

Bollinger, J.E., Steinberg, L.J., Harrison, M.J., Crews, J.P., Engle, A.J., Velasco-Gonzalez, C., White, L.E., George, W.J. 1999. Comparative analysis of nutrient data in the lower Mississippi River. *Water Research*. 33: 2627-2632.

Bosso, S.T., Enzweiler, J. 2008. Bioaccessible lead in soils, slag, and mine wastes from an abandoned mining district in Brazil. *Environmental Geochemistry and Health*. 30: 219-229.

Chino, M. 1999. Metal pollution of soil and groundwater and remediation strategies in Japan. P80-95, In: Huang, P.M., and I.K. Iskandar (eds.), *Soils and groundwater pollution and remediation: Asia, Africa, and Oceania*. CRC Press, New York, USA.

Clarck, R.B. 1992. *Marine pollution*. Oxford University Press. 172-184.

Dudka, S., Miller, W.P. 1999. Accumulation of potentially toxic elements in plants and their transfer to human food chain. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 34:681-708.

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition. Washington D.C.: American Water Works Association (AWWA).

Huang, P.M., Iskandar, I.K. 2000. *Soils and groundwater pollution and remediation*. CRC Press. 386 pp.

Jarup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68:167-182.

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. 2007. *Trace elements from soil to human*. New York: Springer-Verlag. First edition. Pp. 3.

Kennish, M.J. 1992. *Ecology of Estuaries: Anthropogenic effects*. CRC Press Incorporation, Boca, Florida SA. First edition. Pp. 10.

Lacatusu, R., Rauta, C., Carstea, S., Ghelase, B. 1996. Soil-plant-man relationships in heavy metal polluted areas in Romania. *Applied Geochemistry*. 11: 105-107.

Lamanso, R., Cheung, Y., Chan, K.M. 1999. Metal concentration in the tissues of rabbit fish collected from Tolo Harbour in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*. 39: 123-134.

Masterson, W., Slowink, I. 1981. *Chemical principles*. Fifth edition. 317-330.

شوند (Oliver., 1997). لاکاتوسو و همکاران گزارش کردند که خاک و گیاه آلوده به سرب و کادمیوم در مناطق کابسامیکا و بایامار در کشور رومانی در کاهش امید زندگی به میزان نه تا ده سال نقش داشته‌اند (Lacatusu et al., 1996).

نتیجه‌گیری

رودخانه زرجوب با عبور از داخل شهر رشت و کنار شهر صنعتی رشت پذیرای فاضلاب شهری و پساب صنعتی است. آب این رودخانه در ادامه مسیر خود و پس از عبور از داخل شهر در منطقه پیربازار برای آبیاری شالیزار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن وجود عناصر سنگین در آب رودخانه، تأثیر آبیاری با آب مقاطع مختلف رودخانه و تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بر تجمع عناصر سنگین در دانه برنج بررسی شد. نتایج نشان دادند که دانه برنج به عناصر سنگین مس و روی آلوده نشده است هرچند دانه به سرب و روی آلوده شد. علاوه بر آلودگی آب، مدیریت آبیاری و تغییر آن از غرقاب که روش رایج در منطقه است به آبیاری تناوبی و رسیدن به نقاط رطوبتی کمتر از ظرفیت زراعی قبل از اعمال آبیاری بعدی و کاربرد بیش از اندازه مواد شیمیایی نظیر کود فسفره می‌تواند در آلودگی دانه به سرب و کادمیوم نقش داشته باشد. بنابراین توجه به کیفیت آب آبیاری، رعایت مدیریت صحیح آب، سموم و کود در مزرعه ضروری است.

منابع

- اسماعیلی‌ساری، ا. 1381. استاندارد آلودگی‌ها، سلامتی و محیط زیست. انتشارات نقش مهر. 769 صفحه.
- امینی، م، افیونی، م، خادمی، ه. 1386. مدل‌سازی بیلان کادمیوم و سرب در اراضی کشاورزی منطقه اصفهان، مرکز ایران. *مجله علوم آب و خاک اصفهان*. 10 : 4 - 77 - 90.
- اوستان، ش. 1383. شیمی خاک. انتشارات دانشگاه تبریز. 417 صفحه.
- رضایی‌زنگنه، م، 1377. تحرک سلنیوم در خاک. پایان نامه کارشناسی - ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خالدیان، م، قره‌شیخ‌بیات، م، ملک‌نیا، ب. 1390. پهنه‌بندی کیفی رودخانه زرجوب رشت. یازدهمین همایش پژوهشی دانشگاه گیلان. 19 اردیبهشت. دانشگاه گیلان.
- خالدیان، م، معتمد، م، رضایی، م، قره‌شیخ‌بیات، م، ملک‌نیا، ب. 1393. تأثیر غلظت عناصر سنگین منابع مختلف آب آبیاری بر آلودگی خاک شالیزاری. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. 21 : 4 - 285 - 275.

- Turkdogan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I., Uygan, I. 2002. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 13: 175-179.
- Zhuang, P., Zou, B., Li, N.Y., Li, Z.A. 2009. Heavy metals contamination in soils and food crops around Dabaoshan mine in Guangdong, China: implication for human health. *Environmental Geochemistry and Health*. 31: 707-715.
- Oliver, M.A. 1997. Soil and human health: A review. *European Journal of Soil Science*. 48: 573-592.
- Pruvot, C., Douay, F., Herve, F., Waterlot, C. 2006. Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas. *Journal of Soils and Sediments*. 6: 215-220.
- Tripathi, R.M., Raghunath, R., Krishnamoorthy, T.M. 1997. Dietary intake of heavy metals in Bombay City, India. *The Science of the Total Environment*. 208: 149-159.

Impact of Irrigation with Zarjoub River Water on Heavy Metals Accumulation in Rice Grain

M.R. Khaledian^{*1}, M. Rezaei²

Received: Feb.13, 2017

Accepted: Apr.09, 2017

Abstract

In this study the effects of irrigation water from five stations along the river and irrigation water from well water on heavy metals accumulation in rice were assessed. A pot experiment was carried out in a completely randomized design with three replications. Irrigation regimes were flooding, saturated condition, field capacity (FC), 0.8FC and 0.6FC. Pots with Khazar cultivar, being common in the watershed of Zarjoub River, in a silty clay soil were irrigated with six different water sources. The results show that all irrigation water treatments and all irrigation regimes polluted rice grains to copper and zinc, whereas all irrigation water treatments (well and river water) and all irrigation regimes polluted rice grains to lead (having a concentration higher than 0.2 mg/kg). The results show that except for well water, irrigation water treatments (from all stations along the Zarjoub River) did not pollute rice grains to cadmium. Irrigation regimes of 60 and 80 percent of field capacity polluted rice grains to cadmium.

Keywords: Irrigation, Rasht, Water pollution

1- Water Engineering Department., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center

2- Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

(*- Corresponding Author Email : khaledian@guilan.ac.ir)