بررسی آلاینده‌های رودخانه ارس و تأثیر استفاده از آب رودخانه در افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و برخی محصولات کشاورزی

Study on Aras river chemical pollution and the effects of river water use on heavy metals accumulation in soil and some major crops

منصور حکیمی

کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی

چکیده

در این مطالعه، ابتدا در ورودی رودخانه‌های جاری به رودخانه ارس و نیز مسیر رودخانه ارس، برخی فلزات سنگین از قبیل سرب، نیکل، آهن، مس، کادمیوم، روی و منگنز اندازه‌گیری شد. همچنین میزان غلظت عناصر فوق در خاکهای آبیاری شده با آب این رودخانه در یک دوره ۳ ساله و نیز در برخی از مهمترین محصولات کشاورزی مورد سنجش قرار گرفت. بررسی نتایج بدست آمده و مقایسه آنها با مقادیر مجاز در خاک و محصولات کشاورزی و نیز مقایسه مقادیر موجود در آب با معیارهای شاخص کیفیت آب زراعی نشان داد که بین مقادیر موجود و حد مجاز استاندارد تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

مقدمه

هرچند تأمین نیازهای رشدی گیاهان و جانوران و نیز تجزیه و تبدیل

پس‌مانده‌های طبیعت، از وظایف اصلی خاک می‌باشد، ولی هنگامی که این ماده به هر دلیل آلوده شود، دیگر قادر به ایفای نقش خود نخواهد بود. اگر به هر ترتیبی یکی از استعدادهای خاک بیش از حد بکار گرفته شود، کار ویژهٔ دیگر آن دچار اختلال شده و بین این دو وظیفه اصلی برخورد پیش خواهد آمد. مثلاً اگر به خاکی کود فراوان اضافه شود، توان پالایندگی آن بهم خورده و آب آلوده دشواریهایی را در جای دیگر فراهم خواهد ساخت و برعکس، افزودن فاضلاب و پساب به خاک، سبب برهم خوردن تعادل بین عناصر غذایی می‌شود و در نتیجه رشد گیاه را مختل می‌سازد.

در چنین مواردی باید با بهره‌گیری از توان تحمّل و مقابله خاک با تغییر عوامل بیرونی، روش تناسب در پیش گرفته شود تا خاک بتواند هر دو نقش اساسی خود را ایفا کند.

بای‌بوردی در سال ۱۳۶۸ می‌نویسد، فلزات سنگین در عرصه‌های مختلف فعالیت‌های شهری، کشاورزی و صنعت و معدن، دارای مصرف روزافزون می‌باشند، و به دلیل حلالیت بیشتر این عناصر امکان انتقال آنها به رودخانه ها در اثر فرسایش‌های آبی خاک و از بین رفتن پوشش‌های گیاهی و بهره‌برداری‌های غیراصولی از معادن، به رودخانه‌ها میسر می‌باشد.(۳)

عمده‌ترین منبع آبیاری دشت مغان رودخانه ارس است که در مسیر بیش از ۱۰۰۰ کیلومتری خود آب حوزه‌های آبریز چهار کشور ترکیه، ایران، ارمنستان و جمهوری آذربایجان، را جمع‌آوری می‌نماید.(۹) آلاینده‌های شهری و صنعتی و به‌ویژه بهره‌برداری‌های بی‌رویه از معادن، تأثیر بسزایی در کیفیت آب این رودخانه می‌گذارد.بنابراین بررسی کیفیت آب‌زراعی دراین منطقه از اهمیتِ بسزایی برخوردار است.

با در نظر گرفتن موارد فوق در این پژوهش منابع آلایندهٔ رودخانه ارس بررسی گردید و اندازه‌گیری و ردیابی عناصر فلزی در اثر آبیاری اراضی با آب رودخانه فوق، با هدف تعیین میزان برخی از مهمترین عناصر فلزی در آب، خاک و محصولات کشاورزی بعمل آمد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق با استفاده از بررسی‌های کتابخانه‌ای، نقشه‌های توپوگرافی ، عکس‌های هوایی‌وماهواره‌ای‌ومطالعات صحرایی، ابتدامسیررودخانه‌ها،منابع‌تأمین آب، منابع آلوده کنندهٔ رودخانه‌ها و تغییرات فیزیکوشیمیایی آبهای ورودی به رودخانه ارس مورد مطالعه قرار گرفت.

پس از شناسایی مناطق استفاده کننده از آب این رودخانه و نوع محصولات کشاورزی، از محل ورودی ۱۰ رودخانه جاری به ارس و نیز ۴ نقطه در مسیر اصلی نمونه‌های آب جمع‌آوری و میزان غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در خاک، از مزارع زیر کشت پنج نوع محصول عمده در کرانه شمالی رود ارس واقع در جمهوری آذربایجان و نیز مزارع مشابه آن در کرانه جنوبی در ایران از هر مزرعه ۳ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید. همچنین از نباتات هر مزرعه سه نمونه از اندامهای هوایی تهیه و میزان غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و گیاه اندازه‌گیری شد.

تمام اطلاعات آماری در رابطه با آبدهی رودخانه‌های جاری به ارس و مساحت حوزه‌های آبخیز و محصولات کشاورزی عمده مجاور رودخانه با استفاده از اسناد ومدارک موجود در انستیتو خاکشناسی و آگروشیمی و مرکز آگرواکولوژی آکادمی علوم جمهوری آذربایجان تأمین گردیده است.(۹-۸-۷)

اندازه‌گیری عناصر در خاک، آب و گیاه و تمام آزمایشات مربوط به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی نمونه‌ها در آزمایشگاههای انستیتو خاکشناسی و آگروشیمی، مرکز علوم آگرواکولوژی جمهوری آذربایجان و مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی با دستگاههای اسپکترو فتومتر و جذب اتمی مطابق روش زیر اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه گیری میکروالمنت‌ها در خاک از روش DTPA استفاده شد. این روش توسط لیندسی ونوورول[1] مورد تایید قرار گرفته است.(۱۱) در این روش میکروالمنت‌های آهن ، منگنز ، روی و مس با DTPA کلات با ثباتی تشکیل و همزمان DTPA با نیکل و کادمیوم نیز کلات تشکیل می دهد که امکان اندازه‌گیری میکروالمنت‌ها

1- Lindsay and Norvell

در عصاره فراهم می شود و نیز برای اینکه محیط عصاره‌گیری با کلرور کلسیم در تعادل باشد از کلرور کلسیم ۰/۰۱ مول استفاده گردید.

جهت اندازه گیری آهن ، مس ،منگنز و روی در گیاه از روش سوزاندن خشک[۱] و ترکیب با اسید هیدروکلریک استفاده گردید . همچنین برای اندازه گیری سرب ، نیکل و کادمیم از روش هضم به طریقه مرطوب[۲] بااسیدهای سولفوریک و سالیسیک و آب اکسیژنه استفاده شد.(۲)

نتایج و بحث

رودخانه ارس از دامنه کوههای بینگول داغ کشور ترکیه سرچشمه گرفته و پس از گذشتن از کرانه‌های کشورهای ترکیه، ایران، ارمنستان، جمهوری آذربایجان و طی مسیر ۱۰۷۲ کیلومتر وارد دریای خزر می‌گردد. مساحت کل حوزه‌های آبریز این رودخانه ۱۰۰۲۲۵ کیلومتر مربع می‌باشد.(۸)

جدول شماره ۱ مساحت حوزه‌های آبخیز رودخانه ارس و میزان پراکنش آنها را در کشورهای فوق نشان می‌دهد. بیشترین سطح حوزه‌های آبخیز این رودخانه مربوط به جمهوری اسلامی ایران است.

جدول ۱- پراکنش حوزه‌های آبخیز رودخانه ارس (۸)

Table 1- Aras river basins

نام کشور Country	مساحت‌به‌کیلومترمربع Area km^2	درصد %
ترکیه Turkey	23092	23
ایران Iran	38475	38.4
آذربایجان‌وارمنستان Azarbaijan and Armenia	38658	38.6

1- Dry Ashing

2- Wet Digestion

جدول شماره ۲ اطلاعات مربوط به دبی برخی از رودخانه‌هایی که از کشورهای مختلف به رودخانه ارس جاری هستند و سهم مؤثری در آلودگی آن دارند نشان می‌دهد. براساس اطلاعات ارائه شده و با توجه به اطلس جغرافیایی کشورهای صاحب حوزه و وضعیت فیزیوگرافی، در کشور ارمنستان تعدد رودخانه‌ها نسبت به سایر کشورها بیشتر است.

جدول ۲- آبدهی رودخانه‌های جاری به ارس (۸)

Table 2- Rivers flowing to Aras

رودخانه Name of River	حوزه آبخیز River basin	مترمکعب در ثانیه m^3/s
آخوریان	ارمنستان	
Akhourian	Armenia	31
سجوق	ارمنستان	
Sojough	Armenia	32
رازدان	ارمنستا	
Razdan	Armenia	21
آرپاچای	آذربایجان	
Arpachai	Azarbaijan	23
برگشاد چای	آذربایجان	
Bargshadchai	Azarbaijan	21.5
اوخجوچای	ارمنستان	
Okhjouchai	Armenia	9.6
قاری چوان چای	ارمنستان	
Ghari chouan chai	Armenia	24
گیلان چای	آذربایجان	
Guilan chai	Azarbaijan	18
قطور چای	ایران	
Ghotour chai	Iran	26
قره‌سو	ایران	
Gharassou	Iran	31

جدول شماره ۳ میانگین اندازه‌گیری شده برخی از فلزات سنگین در آب رودخانه‌های جاری به ارس و نیز چهار ایستگاه اندازه‌گیری در مسیر رودخانه ارس (سد ارس، سد خدافرین، کانال A دشت مغان و کانال B دشت مغان) را نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ میانگین اندازه‌گیری شده برخی از فلزات سنگین در آب رودخانه ارس (میلی‌گرم در لیتر)

Table 3- Mean value of some heavy metals concentration in Aras river(mg/l)

Mn	Zn	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	فلز / ایستگاه type of Metal / Station	شماره No.
							اوخجوچای	۱
4.35	13.2	0.09	7.3	70.8	3.1	7.6	Okhjouchai	
							قاری چوان چای	۲
0.15	6.2	0.03	0.02	20.2	1.04	5.2	Ghari chouan chai	
							برگشادچای	۳
6.25	7.2	1.01	0.08	3.1	—	2.3	Bargshadchai	
							گیلان‌چای	۴
4.76	12.1	1.01	1.02	30.9	1.01	3/2	Guilan chai	
							آخوریان	۵
0.90	4.3	0.02	0.80	31.4	2.85	3.1	Akhourian	
							سجوق	۶
0.30	5.2	0.05	1.04	20.8	3.2	4.2	Sojough	
							رازدان	۷
1.06	15.4	0.02	3.2	33.3	2.95	8.2	Razdan	
							آرپاچای	۸
2.75	4.2	0.01	0.3	14.2	1.80	2.05	Arpachai	
							قره‌سو	۹
0.10	2.20	0.05	0.02	6.1	0.2	0.80	Gharassou	
							قطورچای	۱۰
0.15	1.15	0.01	0.18	4.2	0.18	0.65	Ghotour chai	
							سد ارس	۱۱
2.64	4.65	0.02	0.24	12.3	1.85	3.1	Aras dam	
							سد خدافرین	۱۲
3.10	6.20	0.01	0.03	16.2	2.01	4.25	Khodafarin dam	
							کانال A	۱۳
2.65	3.10	0.03	0.27	8.4	1.02	3.05	Canal A	
							کانال B	۱۴
3.15	5.6	0.02	0.35	9.5	1.63	3.05	Canal B	

جدول ۴ـ حد مجاز غلظت فلزات سنگین در آب آبیاری (۴) (میلی‌گرم در لیتر)

Table 4- Permitted limit of heavy metals concentration in the irrigation water(mg/l)

Mn	Zn	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	نوع فلز Type of metal
10	10	0.05	5	20	2	10	Tolerated limit

جدول ۵ ـ میزان غظلت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در خاک‌های اراضی جمهوری آذربایجان (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)

Table 5- Heavy metals concentration measured in field soils of the Republic of Azarbaijan and Moghan plain(mg/kg soil)

Mn	Zn	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	نوع فلز / Type of Metal	داده‌های آماری / statistical data
32	10.30	1.98	4.36	47.2	6.96	13.1	آذربایجان	میانگین
20.67	6.8	2.8	2.28	36.2	6.83	13.5	مغان	Mean
10.6	3.94	0.7	2.02	5.48	3.30	3.4	آذربایجان	انحراف معیار
6.19	2.21	0.9	0.91	10.67	3.48	3.7	مغان	SE

جدول شماره ۶ـ حد مجاز غلظت فلزات سنگین در خاک زراعی به روش استخراج DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) (۵ و ۶ و ۷)

Table 6- Permitted limit of heavy metals concentration in agricultural land extracted DTPA by metood (mg/kg soil)

Mn	Zn	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	عنصر غذایی Nutrients
3	9	3	8	4.5	50	15	غلظت بحرانی Critical concentration

جدول ۷ـ میزان غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های برخی از محصولات کشاورزی (میکروگرم در گرم گیاه خشک)

Table 7- Heavy metals concentration measured in field crop samples and corresponding critical limits (μg/g dry weight)

Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	Ni	Pb	فلزات‌سنگین Heavy metals	اندام‌موردآزمایش Analysed organ of plant	نام‌محصول type of crop
74	4	340	100	760	2.2	10.6	غلظت‌اندازه‌گیری‌شده	بوته‌های۱۵سانتی‌متری	یونجه
100	1.5	250	50	400	4	1.8	حدبحرانی‌غلظت	15cm plants	Alfalfa
50	1	460	36	344	2.2	4.6	غلظت‌اندازه‌گیری‌شده	تمام اندامهای هوایی	ذرت
60	0.35	300	70	250	3.7	3.6	حدبحرانی‌غلظت	Whole upper part	Corn
102	7	350	350	256	5.4	7.6	غلظت‌اندازه‌گیری‌شده	برگهای کامل	چغندر قند
80	3.8	360	80	140	3.2	2.5	حدبحرانی‌غلظت	Mature leaves	Sugar beet
130	3	270	18	80	7.3	4.2	غلظت‌اندازه‌گیری‌شده	برگهای پیچیده‌شده	کاهو
250	3.8	250	25	100	2	1.7	حدبحرانی‌غلظت	Rolled leaves	Lettuce
170	3	2.2	31	315	5.2	2.3	غلظت‌اندازه‌گیری‌شده	برگهای‌انتهایی	کلم‌پیچ
200	1.2	200	25	300	2.2	0.72	حدبحرانی‌غلظت	Apical leaves	Cabbage

بررسی نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در نمونه‌های آب مربوط به رودخانه‌هایی که به ارس جاری هستند فلزات سنگین چون سرب و منگنز کمتر از حد مجاز و غلظت نیکل درروخانه‌های اوخجوچای، آخوریان و رازدان بالاتر از حد بحرانی است. غلظت آهن در رودخانه‌های اوخجوچای، قاری چوان، گیلان چای، آخوریان و رازدان بیشتر از حد بحرانی اندازه‌گیری شده است و غلظت این عنصر در رودخانه اوخجوچای بیشتر از سه برابر حد مجاز مشاهده شده و غلظت مس نیز در این رودخانه بیشتر از حد مجاز تعیین شده است. میزان غلظت کادمیوم بجز در رودخانه اوخجوچای در بقیه ایستگاههای مطالعاتی کمتر از مقدار مجاز آن اندازه‌گیری شده است. غلظت روی در رودخانه‌های اوخجوچای، گیلان چای و رازدان بالاتر از حد بحرانی آن است و در بقیه نقاط مورد بررسی غلظت آن پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد. بطوریکه از جدول شماره ۳

استنباط می‌شود به ترتیب رودخانه‌های اوخجوچای، رازدان و آخوریان از عمده منابع آلاینده رودخانه ارس محسوب می‌گردند، که از حوزه آبریز جمهوری ارمنستان سرچشمه می‌گیرند و رودخانه‌های جاری از جمهوری آذربایجان در درجه دوم اهمیت از نظر آلودگی آب قرار دارد. خوشبختانه رودخانه‌های جاری در جمهوری اسلامی ایران سهم چندانی در آلودگی آب رودخانه ارس ندارند بهمین دلیل غلظت فلزات سنگین با نزدیک شدن رود ارس به دریای خزر کاهش می‌یابد و در کانالهای آبیاری نسبت آنها نیز کمتر است.

نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی نمونهای خاک نشان می‌دهد که غلظت منگنز برعکس غلظت آن در آب بیشتر از حد بحرانی است، بدین معنی که انتقال آن توسط آب صورت نگرفته بلکه امکان تجمع آن در خاکها مربوط به جنس خاک و نیز کودهای مصرفی می‌باشد.

میزان غلظت آهن، مس و روی در خاکهای شمال ارس بیشتر از حد مجاز و در خاکهای جنوبی نزدیک به حد بحرانی اندازه‌گیری شده است.

نتایج اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین در اندامهای هوایی محصولات کشاورزی نشان می‌دهد که غلظت آهن، مس و منگنز در اکثر محصولات بیشتر از حد بحرانی آن بوده و میزان غلظت روی کمتر از حد لازم است.

در ارتباط با چغندرقند همانطور که مقایسه جداول شماره ۷ و ۸ نشان می‌دهد، غلظت فلزات سنگین در اندامهای هوایی این گیاه اکثراً بیشتر از حدبحرانی است. غلظت سرب سه برابر، غلظت نیکل، آهن و کادمیوم تقریباً دو برابر و غلظت مس بیش از چهار برابر حدبحرانی اندازه‌گیری شده است. بررسیهای انجام شده در مورد سایر فلزات سنگین موجود در اندامهای هوایی چغندرقند مانند منگنز و روی نشان می‌دهد که غلظت این مواد معادل حدبحرانی می‌باشد.

بطور کلی از نتیجه این پژوهش می‌توان استنباط نمود که فلزات سنگین علاوه بر تأثیر فاضلابهای شهری و صنعتی عمدتاً بر اثر انحلال توسط هرز آبهای روان قابل انتقال می‌باشند، که در این میان نقش پوشش نباتی بسیار با اهمیت است. همچنین جلوگیری از فرسایش‌های آبی بویژه حفظ طبقات رویی خاک و انجام احتیاط های لازم در بهره‌برداری از معادن و نیز انجام عملیات مهندسی به منظور جلوگیری از ورود هرز

آبهای معادن به رودخانه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱ـ آیرز، آر. اس. و د. و. وست کات. ۱۹۷۲. کیفیت آب برای کشاورزی، ترجمهٔ دکتر شاپور حاج رسولیها. مرکز نشر دانشگاهی. شماره ۱۵۰، تهران، ایران، صفحات ۱۱۴-۱۱۳.

۲ـ احیایی، م. و ع. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیهٔ شیمیایی خاک. نشریهٔ شماره ۸۹۳۰. چاپ اول، انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. صفحات ۷۶-۷۳

۳ـ بای بوردی، م. ۱۳۶۸. فیزیک خاک. چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۶۷۲، تهران، ایران. صفحات ۳۸۶ و ۳۸۷.

۴ـ شینبرگ، آی، و ج. د. اوستر. ۱۳۶۳. کیفیت آب در آبیاری. ترجمه و تدوین امین علیزاده. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد، ایران، صفحه ۲۰.

۵ـ ملکوتی، م. ج، و م. ن. غیبی. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذائی محصولات استراتژیک و توصیه کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران، صفحات ۲۴ تا ۴۸.

۶ـ ملکوتی، م. ج، و م. همائی. ۱۳۷۳، حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۰، تهران، ایران. صفحات ۳۸۶ و ۳۸۷.

7- Hassett. J. J, and W. L. Banwart. 1992. Soils and their environment. prentice Hall, Englewoed Cliffs, New Jersey, USA, P: 335 - 336.

8- AQ¯cCAÇqA] cKeaiCYUWAey]y] AGc_]_[AgYAey CAWy 1993. e. 43-55 E¯ 73-74

9- ýÝWS[S [A]eic GiYA['£Zj 1996. I¯sgK [iÛA] cKWS_]i AeYA]IiQ eiEAc[A WA]AYy Q_]Aey g_caAGYAcy]y] WK]KgWK mieieUÇÇ¯gY¯cS E¯ e¯[¯c¯YS

10- SegSlËIÝeS. SnhTfBf 03-00-27 g'dbBHvj ^ BfZzH wAWy 1996 e: 61-63 E¯ 84-105

11- Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis, Part 2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.