

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОМ ЙЕМЕНЕ

Раджех Амен Яхья, А.В. Шуравилини

Кафедра почвоведения и земледелия
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

Проведено изучение химического состава городских сточных вод Северного Йемена (города Сана, Хаджа и Дамар), выявлено влияние сточных вод на свойства горных красно-бурых почв и урожайность зеленой массы кукурузы. Установлено, что поливы кормовых культур городскими сточными водами оказывали положительное влияние на основные свойства почв и их плодородие. По сравнению с поливом пресной водой из скважины улучшается структура почвы, повышается поглотительная способность почв, содержание гумуса и питательных элементов. Доказано, что орошение городскими сточными водами не снижает урожайность кукурузы на зеленую массу по сравнению с поливом пресной водой.

В Республике Йемен поверхностные сбросные воды составляют около 73 млн м³ в год. При этом объем сточных вод в таких крупных городах, как Сана, Хаджа и Даммар, достигает соответственно 50 тыс. м³, 16 и 10 тыс. м³ в сутки. Сброс канализационных вод загрязняет поверхностные и подземные водные источники.

Опыт многих стран мира показывает, что экономически целесообразно и экологически оправдано использование городских сточных вод после их очистки на орошение сельскохозяйственных культур. При этом, помимо экономии природных вод, происходит почвенная доочистка городских сточных вод, прекращается сброс в поверхностные водоисточники и загрязнение подземных вод, обеспечивается утилизация питательных веществ, содержащихся в сточных водах.

В Северном Йемене крестьяне широко используют сточные воды на орошение сельскохозяйственных культур. Однако научные данные о влиянии их на загрязнение почв, питательную ценность продукции практически отсутству-

ют. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение химического состава городских сточных вод крупных городов Северного Йемена и выявление влияния орошения этими водами на почвенные процессы, водный режим и урожайность сельскохозяйственных культур.

По данным экологического центра Йемена, на территории северной его части каждый город имеет свои очистные сооружения. Канализационные стоки проходят механическую и биологическую очистку, обеззараживаются и обезвреживаются.

Химический состав сточных вод городов Сана, Дамар, Хаджа представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сточных вод г. Сана, Дамар, Хаджа в мг/л
(среднее за 2006 г.)

№	Показатели	Перед сбросом в отстойники			При поступлении на поля орошения		
		г. Сана	г. Дамар	г. Хаджа	г. Сана	г. Дамар	г. Хаджа
1	Конц. солей	1 971,4	1 224,9	1 286,5	1587,2	1 063,7	1 235,2
2	pH	7,4	7,3	7,7	7,2	7,1	7,3
3	БПК ₅	1 560,0	540	1 090,3	72	86,6	80,1
4	ХПК	2 140,0	822	2 333,9	205,0	101,8	210,14
5	Нитриты	1,77	0,45	0,54	1,19	0,61	1,54
6	Железо	0,25	0,23	0,27	0,22	0,20	0,16
7	Медь	0,28	0,93	0,78	0,151	0,056	0,50
8	Цинк	0,03	0,026	0,05	0,014	0,195	0,44
9	Марганец	0,4	0,75	0,49	0,04	0,06	0,1
10	Кобальт	0,81	0,64	0,94	—	—	—
11	Молибден	0,45	0,37	0,63	—	—	—
12	Кадмий	0,42	0,35	0,61	—	—	—
13	Никель	0,002	0,001	0,001	—	—	—
14	Свинец	0,07	0,09	0,087	0,02	0,06	0,03

По общей концентрации солей городские сточные воды Северного Йемена относятся к слабоминерализованным. Перед сбросом в отстойники общая концентрация солей равнялась 1,22—1,97 г/л, а при выходе из отстойников на поля орошения — 1,06—1,59 г/л. Кислотный показатель (pH) воды 7,1—7,7 свидетельствует о слабощелочной реакции. Содержание взвешенных веществ в стоках невысокое.

По общей минерализации, коэффициенту ионного обмена, ирригационному коэффициенту и соотношению отдельных ионов городские сточные воды, прошедшие доочистку в отстойниках, пригодны для орошения. Однако по соотношению натрия к кальцию изучаемые воды недостаточно благоприятны для орошения. В целом, городские сточные воды представляют определенную экологическую опасность, так как содержат вредные вещества (тяжелые металлы, нитраты) и микроорганизмы.

Содержание тяжелых металлов в городских сточных водах после их доочистки в прудах-накопителях было невелико, а многие тяжелые металлы отсутствовали, хотя до очистки они обнаруживались. Содержание нитратов в сточных водах городов Сана, Даммар и Хаджа после их доочистки составляло соответственно 59,4, 280 и 25 мг/л. Весьма высокое содержание нитратов зафиксировано в городских водах Даммар, что может отрицательно сказаться на качестве продукции.

Санитарно-гигиеническая оценка сточной воды, используемой для орошения, свидетельствует об ее удовлетворительном состоянии. Патогенная кишечная микрофлора в изучаемых сточных водах городов не была выделена.

Изучение возможности использования городских сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур проводилось в полевом опыте на горных красно-бурых почвах (табл. 2). Исследования были организованы в крестьянских хозяйствах: Шарис, расположенном в пригороде Сана (опыт 1), Харет — в пригороде Даммар (опыт 2) и Мохад — в пригороде Хаджа (опыт 3).

Таблица 2

Схема полевого опыта, 2006 г.

№ опыта	Варианты опытов
1) (заложен в окрестностях г. Сана)	1. Полив грунтовой водой
	2. Полив сточной водой
2) (заложен в окрестностях г. Даммар)	1. Полив грунтовой водой
	2. Полив сточной водой
3) (заложен в окрестностях г. Хаджа)	1. Полив грунтовой водой
	2. Полив сточной водой

В нашем опыте в 2006 г. в качестве кормовой культуры был использован гибрид кукурузы сорта Тхана. Поливы кукурузы осуществлялись по бороздам при снижении влажности почвы до уровня 75% наименьшей влагоемкости (НВ). Используемые грунтовые воды в варианте 1 откачивались из вертикальной скважины. Минеральные и органические удобрения не вносились. Предшественником во всех опытах была яровая пшеница.

Проведенные нами исследования показали, что полив городскими сточными водами оказывал положительное влияние на структурное состояние горных красно-бурых почв. Результаты сухого просеивания свидетельствуют о том, что в опытах 1—3 при поливах грунтовой водой из скважины (вар. 1) количество агрономически ценных агрегатов (0,25—10 мм) в слое почвы 0—20 см составляло 61,5—67,5%, а при поливах сточными водами увеличилось до 69,1—70,2%. Коэффициент структурности при этом возрос с 1,60—2,08 до 2,24—2,36. В целом, при поливах городскими сточными водами почва оставалась хорошо агрегированной, и по сравнению с поливом чистой водой структурно-агрегатный состав почвы не ухудшался, а, наоборот, отмечалась тенденция улучшения агрономически ценной структуры. Это, по-видимому, связано с обогащением почвы органическими и минеральными веществами, поступающими от городских сточных вод, прошедших очистные сооружения.

Определение водопрочности агрегатов показало, что при использовании городских сточных вод показатели водопрочности почвенных агрегатов также сохранялись и даже несколько повышались по сравнению с контролем, где полив проводился грунтовой водой, откачиваемой из скважины. Однако горные красно-бурые почвы характеризуются невысокой степенью агрегированности. В них илистая фракция не находится в агрегированном состоянии. Сумма водопрочных агрегатов (более 0,25 мм) в пахотном слое почвы (0—20 см) при поливах грунтовой водой составляла 18,9, 16,8 и 17,6% соответственно в опытах 1, 2 и 3, а при поливах городскими стоками — 22, 19,2 и 23,4%. Следовательно, поливы городскими сточными водами по сравнению с поливами чистой водой не разрушали водопрочную структуру, а, наоборот, способствовали ее улучшению, т.е. увеличению содержания водостойких почвенных агрегатов.

Как свидетельствуют полученные в наших исследованиях данные, поливы городскими стоками не изменяли профильное распределение гумуса в почве, и его содержание практически не отличалось от варианта полива грунтовой водой (табл. 3).

Таблица 3

Содержание гумуса в почве при поливах грунтовой и сточной водой на конец исследований, % (2006 г.)

Номер опыта	Варианты опыта	Слой почвы, см			
		0—20	20—40	40—60	0—60
1	1	0,42	0,49	0,53	0,48
	2	0,46	0,53	0,56	0,52
2	1	0,68	0,83	0,67	0,73
	2	0,72	0,93	0,72	0,79
3	1	0,82	0,33	0,40	0,52
	2	0,89	0,36	0,48	0,58

В целом содержание гумуса во всех опытных участках было очень низким (0,48—0,79% в слое 0—60 см). При поливах грунтовой водой оно составляло 0,48—0,73%, что меньше, чем при орошении сточной, на 9—11,5%. Таким образом, при использовании городских сточных вод для орошения кормовых культур наблюдается тенденция повышения содержания гумуса. По-видимому, гумусонакопление в почвенном профиле обусловлено поступлением из городских сточных вод органических веществ, которыми обогащались очень бедные малогумусные горные красно-бурые почвы.

Содержание питательных веществ в почве (азота, фосфора и калия) непосредственно связано с общими запасами гумуса в почве и его распределением по горизонтам. В пахотном слое почвы (0—20 см) обеспеченность легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором была очень низкая, а обменным калием — высокая в опытах 1 и 2 и средняя в опыте 3 (табл. 4).

**Содержание подвижных форм питательных элементов
в слое почвы 0—20 см на конец исследований, 2006 г.**

Номер опыта	Варианты опыта	N легкоусвояемый	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1	2,7	1,10	69,8
	2	3,3	1,12	71,0
2	1	3,6	1,20	108,3
	2	4,2	1,30	115,01
3	1	2,9	1,01	22,7
	2	3,5	1,04	25,1

Проведение поливов городскими сточными водами оказало благоприятное влияние на питательный режим почвы пахотного слоя. При внесении стоков в почву отмечена тенденция повышения содержания подвижных соединений питательных элементов по сравнению с поливом чистой водой. Так, содержание легкогидролизуемого азота в слое почвы 0—20 см увеличилось на 16,6—22,0%, содержание подвижного фосфора — на 2—8% и обменного калия — на 2—11%. Таким образом, поливы городскими сточными водами способствовали улучшению питательного режима почвы по сравнению с поливом грунтовой водой. Однако при низком исходном содержании подвижных форм азота и фосфора улучшение пищевого режима горных красно-бурых почв возможно лишь при дополнительном внесении минеральных удобрений.

Поливы городскими сточными водами не оказывали отрицательного влияния на поглощательную способность почвы. В пахотном слое (0—20 см) сумма поглощенных оснований составляла 14,84—16,92 мг-экв. на 100 г почвы. При этом, как при поливах сточными водами в гг. Сана, Даммар и Хаджа, так и при поливах грунтовой (чистой) водой из скважин, состав и соотношение обменных катионов практически не изменялись. В почвенно-поглощающем комплексе содержание поглощенного натрия не превышало 5,7%, что указывает на слабую осолонцеватость горных красно-бурых почв. В то же время поливы городскими стоками способствовали некоторому увеличению содержания поглощенного натрия. Это, по-видимому, обусловлено его достаточно высоким количеством в канализационных водах гг. Сана, Даммар и Хаджа. Поэтому орошение сельскохозяйственных культур городскими сточными водами необходимо проводить нормированное, не допуская осолонцевания почв.

Данные по естественной влагообеспеченности и испаряемости указывают на высокий дефицит естественного увлажнения. По среднегодовым климатическим показателям, наиболее высокий годовой дефицит естественного увлажнения отмечался в г. Сана (1317,7 мм), а наименьший — в г. Хаджа (854,5 мм). При этом за период летней вегетации (май—август) дефицит влаги составил 529,7 мм, 386,1 мм и 217,8 мм соответственно для пригородов Сана, Даммар и Хаджа. Полученные материалы свидетельствуют о ведущей роли орошения при возделывании в этих районах сельскохозяйственных культур во все фазы вегетации.

В опытах вегетационные поливы проводились по бороздам в период с 25 мая по 7 августа 2006 г. через каждые 16—22 суток поливными нормами 700—900 м³/га (табл. 5). В опыте 1 за период с мая по август было проведено 8 поливов как грунтовой, так и сточной водой. Оросительная норма составила 6300 м³/га. В опыте 2 при возделывании кукурузы было проведено 6 поливов оросительной нормой 4600 м³/га. Меньшее количество поливов характерно для опытного участка 3, где наблюдается наименьший дефицит естественного увлажнения. Здесь за период вегетации кукурузы в 2006 г. было проведено 5 поливов при оросительной норме 3800 м³/га. Проведенные в опытах 1—3 поливы обеспечивали регулирование влажности активного слоя почвы в оптимальных пределах.

Таблица 5

Сроки и нормы полива кукурузы, 2006 г.

№ опыта	Показатели	Поливы								Оросит. норма, м ³ /га
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	
1	Дата полива	10 мая	26 мая	8 июня	19 июня	4 июля	20 июля	5 авг.	20 авг.	6300
	Норма полива, м ³ /га	900	800	800	800	800	800	800	700	
2	Дата полива	12 мая	28 мая	12 июня	26 июня	18 июля	15 авг.			4600
	Норма полива, м ³ /га	700	800	800	800	800	700			
3	Дата полива	25 мая	11 июня	28 июня	20 июля	5 авг.				3800
	Норма полива, м ³ /га	700	800	800	800	700				

Наши исследования показали (табл. 6), что урожайность кукурузы на зеленую массу в значительной степени зависела от химического состава оросительных вод. Наиболее высокие урожаи кукурузы на зеленую массу были получены при поливах городскими сточными водами гг. Сана и Дамар (63,60—63,73 т/га), несколько меньше — при поливах коммунальными стоками г. Хаджа (62,45 т/га). В целом разница в урожайности зеленой массы кукурузы при поливах грунтовой водой и городскими сточными водами была небольшой.

Таблица 6

Урожайность кукурузы на зеленую массу при поливах чистой и сточной водой за 2006 г., т/га

Номер опыта	Номер варианта	Повторности				Среднее	Отклонение от контроля	
		1	2	3	4		т/га	%
1	1 кон.	61,3	58,5	62,4	64,8	61,75		100
	2	63,7	67,4	62,3	61,5	63,73	1,98	103,2
	НСР ₀₅					2,47		
2	1 кон.	60,1	59,3	63,4	58,4	60,3		100
	2	64,2	65,3	65,5	59,2	63,6	3,3	105,5
	НСР ₀₅					3,16		
3	1 кон.	58,6	64,2	60,8	59,4	60,75		100
	2	63,2	66,7	58,9	61,0	62,45	1,7	102,8
	НСР ₀₅					2,23		

В целом поливы городскими сточными водами, по сравнению с грунтовой водой, несущественно повышали урожайность кукурузы на зеленую массу (на 1,7—3,3 т/га, или на 2,8—5,5%).

Таким образом, городские сточные воды можно вносить на сельскохозяйственные поля орошения. Они способствуют улучшению свойств горных красно-бурых почв, повышению их плодородия и обеспечивают получение высокой урожайности зеленой массы кукурузы в несколько больших количествах, чем при поливе грунтовой (чистой) водой.

USE WASTEWATER FOR IRRIGATION FORAGE CROPS IN NORTH OF YAMANE

Rajeh Amin Yahya, A.V. Shuravilin

Department of pedology and farming
Russian People's Friendship University
8/2, Miklucho-Maklay str., Moscow, Russia, 117198

Work represents chemical analyses of using treated wastewater, North of Yamane (Sana, hajja and Damar). Exposure, the effect of using rese wastewater on the characteristics of mountain red-brown soil and corn yield biomass. Monitoring irrigated treated wastewater shows positive influences on the characteristics (physics and chemical) and there fertility potential ,would be considered batter with CEC (cation exchange capacity), soil nutrients, organic matter as will as structure. Treated wastewater appeared decrease yield production compared to using good quality water for irrigation.