

УДК 631.67.03: [631.445.56+633.51

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

ПАНОВ Н. П., АФАНАСЬЕВ В. П.

(Кафедра почвоведения)

В связи с острым дефицитом оросительной воды в хлопкосеющих районах Средней Азии особую значимость приобретает отыскание новых источников орошения. Большой интерес представляют подземные воды, откачиваемые скважинами вертикального дренажа, степень минерализации которых в условиях Голодной степи варьирует от 2—3 до 20—25 г/л.

Практика мирового сельского хозяйства свидетельствует о широком использовании для орошения вод различной степени минерализации. Однако до сих пор нет единого мнения о пригодности вод повышенной минерализации для орошения сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника, что прежде всего объясняется значительными различиями почвенно-климатических и гидрогеологических условий возделывания культур, неодинаковыми солевыносивостью растений и химическим составом оросительных вод [3—6, 8, 11].

В задачу наших исследований входило изучение изменений свойств почвы, урожая и качества хлопка-сырца при орошении хлопчатника разнокачественными оросительными водами.

Объекты и методика исследований

Исследования проводили в совхозе «30 лет Октября» Кировского района Чимкентской области КазССР (северо-западная часть Голодной степи).

Почвы опытного участка сероземно-луговые крупнопылевато-среднесуглинистые, сформированные на лёссах. Содержание гумуса в пахотном слое 0,81—1,02, азота — 0,073—0,091%. Карбонаты (CO_2) по профилю распределены равномерно — 5,63—7,14%. Содержание гипса с глубиной увеличивается с 0,16 до 1,12%. Почвы характеризуются малой емкостью поглощения (10,7—12,8 мг·экв на 100 г), что обусловлено невысоким содержанием минеральных коллоидов и гумуса. Поглощающий комплекс насыщен щелочно-земельными основаниями: сумма поглощенных кальция и магния составляет 93,4—96,3% емкости обмена, на калий и натрий приходится 3,7—6,6%. Высокая карбонатность и насыщенность поглощающего комплекса основаниями почвы определяют слабощелочную реакцию: $\text{pH}_{\text{вод}}$ в пахотном слое 7,35—7,51 и в подпахотном — 7,69—7,86. Компоненты минеральной части равномерно распределены по профилю почвы. Молекулярное отношение $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ (6—7) указывает на сиалитный ее характер.

Полевой опыт, в котором изучалось влияние минерализованных вод на урожайность хлопчатника (сорт Ташкент 1), был заложен в 1974 г. по методике СоюзНИХИ [7]. Повторность опыта 4-кратная, площадь учетной делянки 45 м². Схема опыта представлена в табл. 1.

Схема опыта и качества оросительной воды

Вариант опыта и степень минерализации (г/л) оросительных вод	Химический состав оросительных вод, мг·экв/л							Коэффициент обмена по Английско-Каратаеву и Кедрву	Величина SAR по Гапону
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		
1-й — 0,958	2,43	2,59	9,08	5,05	3,93	4,43	0,79	1,93	2,09
2-й — 2,327	3,07	6,04	26,00	11,95	12,62	7,91	2,63	2,91	2,26
3-й — 4,376	3,98	9,18	52,98	24,15	21,80	16,07	3,15	2,54	3,56
4-й — 9,566	4,11	91,58	58,60	27,90	24,67	98,46	3,26	0,58	19,19
5-й — 14,628	4,84	163,24	70,85	31,35	29,26	175,09	3,23	0,34	31,98
6-й — 19,440	4,89	242,84	73,17	32,20	30,41	254,96	3,33	0,24	45,50
7-й:									
0,958 (1-й полив)	2,43	2,59	9,08	5,05	3,93	4,43	0,79	1,93	2,09
4,376 (2-й »)	3,98	9,18	52,98	24,15	21,80	17,07	3,15	2,54	3,56
9,566 (3-й »)	4,11	91,58	58,60	27,90	24,67	98,46	3,26	0,58	19,19
8-й:									
9,566 (1-й полив)	4,11	91,58	58,60	27,90	24,67	98,46	3,26	0,58	19,19
0,958 (2-й »)	2,43	2,59	9,08	5,05	3,93	4,43	0,79	1,93	2,09
4,376 (3-й »)	3,98	9,18	52,98	24,15	21,80	17,07	3,15	2,54	3,56
9-й:									
4,376 (1-й полив)	3,98	9,18	52,98	24,15	21,80	17,07	3,15	2,54	3,56
0,958 (2-й »)	2,43	2,49	9,08	5,05	3,93	4,43	0,79	1,93	2,09
9,566 (3-й »)	4,11	91,58	58,60	27,90	24,67	98,46	3,26	0,58	19,19

Оросительная вода, используемая в вариантах 1—3, относится к хлоридно-сульфатному типу засоления, а в вариантах 4—6 — к сульфатно-хлоридному. Величина коэффициента ионного обмена оросительных вод в вариантах 1, 2 и 3 показывает, что осолонцевание почв здесь маловероятно, а в вариантах 4, 5 и 6 — такая опасность имеется [1]. Аналогичное заключение можно сделать и на основании натриево-адсорбционного отношения (SAR) по Гапону [6].

Влажность почвы поддерживали на уровне 70—70—60% ППВ в слое 0—50 см до фазы цветения и в слое 0—70 см в период цветения — плодообразование хлопчатника. В целях создания промывного режима орошения поливные нормы принимали из расчета 1,5 дефицита влаги в слое 0—70 см до цветения и в слое 0—100 см в период цветения — плодообразование. Для поддержания заданного режима влажности почвы в годы исследований потребовалось проведение трех поливов по схеме 1—2—0, нормы полива — 887—1293 м³/га. Оросительная норма в эти годы почти не изменялась — 3140—3441 м³/га. Первые поливы проведены 16—21 июня в фазу массовой бутонизации хлопчатника, последующие — в период цветения — плодообразование. Продолжительность периода орошения варьировала от 51 до 54 дней, межполивные интервалы составляли 24—30 дней.

Уровень грунтовых вод на опытном участке обуславливался природными и ирригационно-хозяйственными факторами и в основном дренирующим действием скважины вертикального дренажа. В среднем за 3 года в вегетационный период уровень грунтовых вод несколько понижался от весны к осени — с 2,03—2,32 до 3,56—4,81 м. Степень минерализации грунтовых вод изменялась от 5,10—6,12 г/л весной до 5,11—8,93 г/л осенью.

Агротехника на опытном участке была общепринятой в совхозе, но поливной режим устанавливали согласно схеме опыта.

Лабораторные исследования проводили на кафедрах почвоведения Университета дружбы народов им. П. Лумумбы и в Тимирязевской академии.

Анализы почвенных образцов выполняли по следующим методикам: гумус — по Тюрину; общий азот — по Кьельдалю; $pH_{вод}$ — потенциометрическим методом; емкость поглощения — по Пфедферу и Беляевой; содержание карбонатов — по Голубеву; гипс, валовой состав почвы и водную вытяжку — по методике, описанной Е. В. Аринушкиной [2].

Механический состав почвы определяли методом пипетки, в качестве диспергатора использовали пирофосфат натрия; микроагрегатный состав — по Н. А. Кичинскому; плотность твердой фазы почвы — пикнометрическим способом; максимальную гигроскопическую влагоемкость — по А. В. Николаеву; величину набухания почвенных образцов — по А. М. Васильеву (модификация С. Н. Алешина и А. В. Кузнецова).

Технологические качества хлопкового волокна определяли по об-

Т а б л и ц а 2

Изменение степени дисперсности ила в сероземно-луговых почвах (в числителе — содержание ила, по данным механического анализа, %; в знаменателе — (по данным микроагрегатного анализа, %)

Глубина взятия образца, см	Исходные данные, весна 1974 г.		После трехлетнего орошения водой с содержанием солей, г/л					
	0,001	коэффициент дисперсности (K_d), %	0,96		4,4		19,4	
			< 0,001	K_d	< 0,001	K_d	< 0,001	K_d
0—10	$\frac{16,10}{3,89}$	24,16	$\frac{15,75}{4,53}$	28,76	$\frac{16,14}{5,36}$	33,21	$\frac{16,58}{7,81}$	47,10
10—20	$\frac{15,75}{3,51}$	22,28	$\frac{15,98}{4,61}$	28,85	$\frac{17,31}{6,27}$	36,22	$\frac{17,32}{7,61}$	43,94
20—30	$\frac{15,83}{3,16}$	19,96	$\frac{16,48}{3,51}$	21,30	$\frac{18,21}{5,48}$	30,09	$\frac{17,97}{6,75}$	37,56
30—40	$\frac{16,68}{4,11}$	24,64	$\frac{18,11}{3,62}$	20,00	$\frac{18,61}{4,93}$	26,49	$\frac{18,51}{5,69}$	30,74
40—50	$\frac{17,17}{3,48}$	20,27	$\frac{17,98}{4,17}$	23,19	$\frac{18,55}{4,69}$	25,28	$\frac{18,84}{5,73}$	30,41
50—60	$\frac{16,19}{3,55}$	21,93	$\frac{17,51}{3,78}$	21,59	$\frac{18,34}{4,18}$	22,79	$\frac{18,69}{4,81}$	25,74
60—70	$\frac{16,71}{4,00}$	23,94	$\frac{18,48}{3,91}$	21,16	$\frac{16,71}{3,98}$	23,82	$\frac{18,07}{4,61}$	25,51
70—80	$\frac{15,94}{3,96}$	24,84	$\frac{16,93}{3,72}$	21,97	$\frac{15,93}{4,24}$	26,62	$\frac{16,41}{4,48}$	27,30
80—90	$\frac{15,52}{3,41}$	21,97	$\frac{15,73}{3,54}$	22,50	$\frac{16,19}{3,86}$	23,84	$\frac{16,61}{4,55}$	27,39
90—100	$\frac{16,09}{3,59}$	22,31	$\frac{15,12}{3,17}$	20,97	$\frac{15,11}{3,10}$	20,52	$\frac{16,13}{3,57}$	22,13
100—120	$\frac{15,12}{3,64}$	24,07	$\frac{14,80}{3,63}$	24,53	$\frac{14,52}{3,11}$	21,42	$\frac{16,21}{4,09}$	25,23
120—140	$\frac{14,81}{2,89}$	19,51	$\frac{16,32}{3,86}$	23,65	$\frac{13,73}{3,27}$	23,83	$\frac{15,04}{3,15}$	20,94
140—160	$\frac{12,93}{2,82}$	21,81	$\frac{14,74}{3,18}$	31,57	$\frac{13,51}{3,42}$	25,31	$\frac{13,47}{2,98}$	22,12
160—180	$\frac{12,64}{2,70}$	21,36	$\frac{13,31}{3,12}$	23,44	$\frac{13,43}{3,18}$	23,68	$\frac{13,09}{3,17}$	24,21
180—200	$\frac{12,38}{2,49}$	20,11	$\frac{12,43}{3,07}$	24,69	$\frac{12,42}{3,17}$	25,53	$\frac{12,62}{3,21}$	25,43

Динамика водно-физических свойств сероземно-луговой почвы в среднем за 3 года
(в числителе — в весенний период, в знаменателе — в осенний)

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Плотность, г/см ³	Общая связанность, %	Связанность азотации, %	ППВ, %	Максималь- ная гигроско- пичность, %	Влажность завядания, %	Запас про- дуктивной влага, мм
В а р и а н т 1								
0—30	1,35	2,65	49,0	25,2	22,1	3,8	5,7	51,7
	1,48	2,65	44,2	25,8	18,3	4,3	6,5	26,5
30—60	1,46	2,70	45,4	15,5	23,5	3,9	5,9	63,7
	1,56	2,70	42,2	19,3	21,0	4,0	6,0	40,3
0—100	1,41	2,68	47,4	18,9	23,1	3,9	5,9	209,6
	1,49	2,68	44,4	22,3	30,0	3,9	5,9	127,4
В а р и а н т 2								
0—30	1,31	2,65	50,4	27,3	22,0	3,5	5,3	48,4
	1,46	2,70	44,8	27,7	19,2	4,5	6,8	25,2
30—60	1,30	2,67	47,1	18,3	23,6	3,1	4,7	66,6
	1,58	2,67	41,7	18,1	20,9	3,9	5,9	42,1
0—100	1,33	2,65	47,9	20,9	23,6	3,3	5,0	210,0
	1,48	2,67	44,7	22,7	20,4	3,9	5,9	129,9
В а р и а н т 3								
0—30	1,33	2,68	50,4	27,1	22,5	3,5	5,3	48,9
	1,50	2,70	44,3	25,8	19,7	4,9	7,4	22,2
30—60	1,45	2,67	45,6	16,7	24,2	3,4	5,1	66,5
	1,57	2,67	41,2	18,0	20,9	4,6	6,9	36,4
0—100	1,39	2,67	47,9	20,2	24,2	3,4	5,1	211,5
	1,51	2,68	43,8	21,6	20,6	4,4	6,6	121,3
В а р и а н т 4								
0—30	1,35	2,64	48,9	25,3	22,1	3,8	5,7	47,6
	1,52	2,69	43,3	23,4	19,5	6,0	9,0	15,4
30—60	1,45	2,64	45,1	16,6	23,9	3,7	5,6	64,4
	1,58	2,68	41,0	17,7	20,9	5,0	7,5	34,4
0—100	1,39	2,64	47,2	19,5	23,8	3,6	5,4	206,6
	1,50	2,67	43,8	21,3	20,3	4,8	7,2	112,8
В а р и а н т 5								
0—30	1,29	2,67	51,6	28,9	22,5	3,7	5,6	46,8
	1,60	2,72	42,3	22,6	19,2	6,8	10,2	10,5
30—60	1,42	2,67	46,7	17,8	24,2	3,5	5,3	64,3
	1,70	2,67	36,5	11,4	20,8	5,4	8,1	38,8
0—100	1,36	2,66	48,8	20,9	24,0	3,4	5,1	205,5
	1,59	2,68	41,0	17,6	20,0	5,1	7,7	110,7
В а р и а н т 6								
0—30	1,28	2,68	52,2	30,1	21,6	3,5	5,3	47,3
	1,71	2,70	36,8	15,5	19,6	7,7	11,6	5,7
30—60	1,37	2,68	48,8	20,7	24,2	3,6	5,4	61,7
	1,68	2,69	37,7	13,0	20,8	5,5	8,3	32,0
0—100	1,33	2,67	50,2	25,3	23,8	3,4	5,1	199,8
	1,60	2,69	40,9	16,9	20,2	5,5	8,3	101,9
В а р и а н т 7								
0—30	1,24	2,68	53,8	33,0	21,7	3,4	5,1	46,4
	1,44	2,67	46,1	28,1	19,2	4,9	7,4	22,0

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Плотность, г/см ³	Общая связность, %	Связность аэрации, %	ППВ, %	Максимальная гигроскопичность, %	Влажность завядания, %	Запасы продуктивной влаги, мм
30—60	1,38	2,67	48,4	20,3	23,5	3,3	5,0	63,6
	1,55	2,70	42,6	20,5	20,5	4,2	6,3	38,4
0—100	1,32	2,67	50,6	23,8	23,8	3,3	5,0	202,7
	1,46	2,68	45,6	24,3	20,3	4,1	6,2	124,0
В а р и а н т 8								
0—30	1,29	2,68	51,9	29,2	21,6	3,4	5,1	48,3
	1,47	2,71	45,8	27,2	19,3	5,0	7,5	27,7
30—60	1,38	2,67	48,3	20,0	23,6	3,3	5,0	64,1
	1,53	2,66	42,5	19,9	20,5	3,8	5,7	41,7
0—100	1,34	2,66	42,6	22,3	23,8	3,2	4,8	206,9
	1,46	2,67	45,4	24,0	19,9	3,9	5,9	127,4
В а р и а н т 9								
0—30	1,23	2,69	54,3	32,5	22,2	3,6	5,4	45,0
	1,47	2,69	45,4	27,2	19,2	5,3	5,3	19,6
30—60	1,37	2,68	48,9	24,6	24,4	3,4	5,1	62,5
	1,51	2,69	43,9	21,7	20,4	4,5	6,8	36,1
0—100	1,32	2,69	50,9	25,2	24,1	3,3	5,0	201,6
	1,44	2,68	46,3	25,3	19,8	4,4	6,6	117,6

щепринятой методике, рекомендованной Министерством легкой промышленности СССР [10].

Результаты исследования

Основным компонентом механического состава сероземно-луговых почв опытного участка является крупная пыль (43,16—56,6%); содержание фракций физической глины (частицы <0,01 мм) составляет 26,23—36,68%, илистой фракции — 12,38—17,17%. Содержание частиц крупнее 0,25 мм ничтожно мало — 0,45—0,10%, что характерно для всех лёссовидных пород. В целом механический состав однороден по профилю, только в нижних горизонтах и материнской породе содержится на 7—10% меньше илистой фракции, чем в верхних. Это подтверждает наличие оглинения в верхних и средних частях профиля у почв сероземного типа [9].

Почвы опытного участка отличаются хорошей водопроходной микро-структурой, о чем свидетельствуют коэффициенты дисперсности по Н. А. Качинскому — 19,51—24,84% (табл. 2).

Сушественных изменений в механическом составе сероземно-луговой почвы после трехлетнего орошения хлопчатника не обнаружено. Несколько изменилось лишь распределение по профилю илистой фракции как более подвижной, подверженной вымыванию. Так, в варианте 1 (минерализация поливной воды 0,96 г/л) содержание этой фракции в верхнем слое снизилось, а в подпахотном — увеличилось. При использовании более минерализованной воды (варианты 3—6) илистой фракцией обогатился как пахотный, так и подпахотный горизонты. Причем по мере увеличения степени минерализации оросительной воды «оглиненность» распространилась на значительно большую глубину, чем в варианте 1.

При поливе хлопчатника как арычной, так и минерализованной водой увеличился выход илстых частиц и уменьшилась оструктуренность почвы (табл. 2). В вариантах с поливом минерализованной водой верхние слои почвы отличались большей дисперсностью и меньшей оструктуренностью, о чем свидетельствуют коэффициенты дисперсности (в варианте 6 они в 1,6—1,8 раза выше, чем в контроле). Вниз по профилю различия между коэффициентами дисперсности при поливах арычной и минерализованной водами стираются и по сравнению с исходными величинами становятся незначительными.

Многочисленные данные о динамике сложения сероземов говорят о том, что вовлечение этих почв в культуру орошаемого земледелия приводит к их уплотнению.

К концу вегетационного периода уплотнялись и пахотный и подпахотный горизонты (табл. 3), особенно при увеличении степени минерализации оросительной воды. Так, в варианте 6, где хлопчатник поливали минерализованной водой 19,4 г/л, объемная масса почвы в слоях 0—30; 30—60 и 0—100 см к концу вегетации была соответственно на 15,5; 7,7 и 7,4% выше, чем при поливе арычной водой, степень минерализации которой составляла 0,96 г/л.

Из данных табл. 3 видно, что к концу вегетации общая скважность в пахотном и подпахотном горизонтах значительно снизилась, особенно при увеличении минерализации поливной воды.

Наблюдалась также тенденция к снижению скважности аэрации, причем степень снижения находилась в прямой зависимости от минерализации поливной воды. Существенно изменялась ППВ, что зависело от уровня грунтовых вод. В период посева хлопчатника при близком их залегании ППВ в метровом слое находилась в пределах 23,1—24,2%. при снижении уровня грунтовых вод на 1,53—2,49 м по сравнению с весенним ППВ уменьшилась до 20,0—20,6%.

Для сероземно-луговых почв характерны сравнительно небольшие величины максимальной гигроскопичности и влажности завядания, во многом зависящие от степени минерализации оросительных вод. При поливе арычной водой, минерализация которой составила 0,96 г/л, эти показатели к концу вегетации хлопчатника в метровом слое почвы не изменились, в пахотном и подпахотном горизонтах они несколько возросли. Полив хлопчатника высокоминерализованными водами (9,6 г/л и выше) привел к значительному увеличению максимальной гигроскопичности и влажности завядания к концу вегетации. Аналогично изменялись запасы недоступной для растений влаги.

Увеличение максимальной гигроскопичности и влажности завядания, а также снижение продуктивных запасов влаги в почве к периоду уборки хлопчатника могут быть объяснены не только изменениями физических свойств почвы, но и прежде всего процессами физико-химического порядка, а именно: засолением и осолонцеванием, наблюдающимися при орошении минерализованными водами.

Орошение хлопчатника как арычной, так и минерализованной водой приводит к накоплению в почве водорастворимых солей. Процесс засоления на опытной участке носил сезонно-обратимый характер, т. е. засоление возрастало от весны к осени. В зимний период накопившиеся за вегетационный период соли вымываются вглубь при промывных поливах и с атмосферными осадками. Количество накопившихся водорастворимых солей в почве за вегетационный период находилось в прямой зависимости от степени минерализации оросительной воды. Так, в вариантах 1 и 2 поливы хлопчатника оросительной водой, содержащей до 2,3 г солей в 1 л, не вызвали существенного накопления водорастворимых солей: общее их количество в двухметровой толще почвогрунта не превышало 0,3% массы почвы, что дает основание отнести почвы рассматриваемых вариантов к группе практически незасоленных.

Физико-химические свойства сероземно-луговой почвы

Глубина взятия образца, см	До орошения					После 3 лет орошения					Набухание, %	
	емкость обмена, мг. экв на 100 г	Ca++	Mg++	Na+	K+	емкость обмена, мг. экв на 100 г	Ca++	Mg++	Na+	K+	до промывки	после промывки
Вариант 1 (степень минерализации 0,96 г/л)												
0—10	13,2	65,2	28,2	3,3	2,7	13,1	64,0	30,2	3,4	2,4	4,1	4,5
10—30	13,0	65,3	29,1	3,1	2,5	13,7	63,1	31,4	3,2	2,3	3,2	4,8
30—60	13,9	64,4	30,2	3,2	2,5	14,2	61,9	32,3	3,7	2,1	3,9	4,2
90—120	10,7	59,8	34,6	3,0	2,2	10,3	62,3	32,6	2,9	2,2	3,4	3,3
Вариант 2 (2,33 г/л)												
0—10	12,9	67,1	27,7	3,1	1,9	13,2	65,2	27,3	3,3	3,2	4,1	4,8
10—30	13,3	64,9	26,8	3,4	3,7	13,8	64,7	29,4	3,2	2,4	3,3	4,6
30—60	13,7	65,3	30,5	2,9	1,4	13,9	60,9	32,6	3,1	2,8	4,0	4,5
90—120	9,6	54,8	38,3	2,7	2,8	10,1	57,8	36,5	2,8	2,5	3,3	3,4
Вариант 3 (4,38 г/л)												
0—10	13,4	71,3	22,8	2,8	2,6	12,9	65,3	28,4	4,2	2,1	4,0	5,2
10—30	13,6	65,8	27,4	3,5	2,5	13,5	64,9	29,3	3,9	1,9	2,9	5,0
30—60	12,7	63,4	32,1	3,1	1,4	13,7	64,0	29,8	4,0	2,2	3,3	4,6
90—120	10,3	57,4	38,7	2,4	1,1	10,2	64,3	30,6	3,1	2,0	3,2	3,2
Вариант 4 (9,57 г/л)												
0—10	12,4	65,4	26,9	3,1	3,1	12,3	61,0	28,1	9,1	1,8	2,5	8,4
10—30	13,5	67,3	26,3	3,4	2,3	12,9	62,3	29,4	6,3	2,0	2,7	6,8
30—60	11,9	61,7	34,0	2,9	1,2	13,4	62,1	30,2	5,4	2,3	3,6	5,6
90—120	8,7	54,8	37,6	3,2	3,0	10,3	62,6	31,1	4,2	2,1	2,9	4,1
Вариант 5 (14,63 г/л)												
0—10	12,9	66,8	27,3	2,8	2,6	12,1	59,7	28,3	10,4	1,4	2,4	9,6
10—30	13,2	64,7	28,4	3,0	3,1	12,8	61,3	26,7	10,3	1,2	2,9	7,1
30—60	13,4	61,3	31,5	3,4	2,9	13,3	59,4	33,4	5,6	1,7	3,5	5,7
90—120	10,1	57,6	35,3	2,6	3,2	10,0	59,6	34,6	3,5	2,2	3,0	3,9
Вариант 6 (19,44 г/л)												
0—10	13,1	67,5	25,7	2,6	3,2	12,9	61,2	24,2	12,7	1,9	2,3	12,9
10—30	13,5	65,4	30,2	2,9	2,1	13,1	57,0	27,6	13,2	2,2	2,6	10,2
30—60	12,9	59,8	31,9	3,5	3,9	12,6	61,0	29,4	7,4	2,2	3,2	7,3
90—120	8,7	56,2	34,8	3,1	4,1	9,8	62,6	30,0	5,3	2,1	2,9	4,8
Варианты 7—9 (0,96 и 9,57 г/л)												
0—10	13,5	69,7	25,4	2,6	2,2	12,4	63,5	27,3	5,2	3,1	—	—
10—30	13,1	64,5	27,8	3,1	3,4	13,2	61,0	28,9	5,7	3,0	—	—
30—60	11,7	60,3	32,9	2,9	2,8	12,7	59,3	33,5	3,8	2,7	—	—
90—120	9,4	58,7	35,4	3,2	2,3	10,3	58,2	36,1	3,3	1,9	—	—

При использовании оросительной воды, минерализация которой составила 4,4—9,6 г/л (вариант 3 и 4), а также 0,96—9,6 г/л (варианты 7—9), почва, прежде не засоленная, стала среднесоленной.

Наибольшее количество водорастворимых солей за вегетационный период накопилось в почве вариантов 5, 6 (минерализация оросительной воды 14,6—19,4 г/л), где содержание солей к периоду уборки хлопчатника достигло значительных величин (1,216—1,622%).

По мере увеличения степени минерализации оросительной воды водные вытяжки, имевшие хлоридно-сульфатный и магниевый-кальциевый состав, стали сульфатно-хлоридными и кальциево-натриевыми.

Количество отдельных элементов, накопившееся в почве, тесно связано с химическим составом оросительной воды. В целях выяснения ха-

рактера накопления отдельных элементов при различном химическом составе оросительных вод и прочих равных условиях нами для каждого элемента были рассчитаны уравнения регрессии (расчетный слой 2,0 м):

$$y_{\text{HCO}_3^-} = 0,0692x - 0,1540; \quad y_{\text{Cl}^-} = 0,0234x + 0,3867; \quad y_{\text{SO}_4} = 0,0024x + 0,3873$$
$$y_{\text{Ca}^{++}} = 0,0085x + 0,1996; \quad y_{\text{Mg}^{++}} = 0,0221x - 0,3148; \quad y_{\text{Na}^+} = 0,0203x + 0,5036,$$

где y — количество возможного накопления соответствующего элемента; в почве, мг·экв на 100 г; x — содержание соответствующего элемента в оросительной воде, мг·экв на 1 л.

Орошение минерализованными водами оказывает большое влияние на состав поглощенных оснований почвы. В результате трехлетнего орошения хлопчатника разнокачественными по химическому составу оросительными водами существенно изменился состав поглощенных катионов сероземно-луговой почвы (табл. 4). При повышении степени минерализации, а следовательно, содержания солей натрия в оросительной воде натрий активно вытесняет кальций и закрепляется в поглощающем комплексе почвы. Доля кальция при этом снижается в среднем на 1,5—2,0%, а в отдельных горизонтах — на 4,3—8,4%, а доля натрия в поглощающем комплексе почвы возрастает. Так, в вариантах 4, 5 и 6 при поливе минерализованной водой, содержащей от 9,57 до 19,44 г солей в 1 л, в пахотном слое на его долю приходилось от 9,1 до 13,2%, что позволяет охарактеризовать почву в данных вариантах как солонцеватую.

Таким образом, наблюдалась общая тенденция увеличения количества поглощенного натрия в почве при увеличении степени минерализации оросительной воды. Необходимо также отметить, что орошение хлопчатника арычной водой, в которой содержалось 0,96 г водорастворимых солей и 2,59 мг·экв хлора в 1 л, и смесью арычной воды с дренажной, содержащей 2,33 г солей и 6,04 мг·экв хлора, не привело к существенному изменению почвенного поглощающего комплекса сероземно-луговой почвы. Следовательно, опасность осолонцевания почв при использовании этих оросительных вод незначительная.

В указанных вариантах опыта за трехлетний период орошения хлопчатника несколько увеличилась емкость обмена, что можно объяснить накоплением в почве ирригационных наносов (арычного ила), внесенных с арычной водой. В вариантах с поливом дренажной водой подобной тенденции не отмечено.

Орошение хлопчатника как арычной, так и минерализованной водой способствовало повышению содержания обменного магния в почве. Что касается поглощенного калия, то можно говорить лишь о некоторой очень слабой и не повсеместно выраженной тенденции к уменьшению его содержания по всему почвенному профилю.

Сероземно-луговые почвы характеризуются сравнительно небольшим набуханием. Максимальное набухание образцов различных горизонтов, отобранных весной 1974 г. при закладке опыта, достигало 3,2—4,7% исходного объема. Поливы хлопчатника в течение трех лет существенно изменили величину набухания почвы (табл. 4). Как уже отмечалось, по мере увеличения степени минерализации оросительной воды засоление почвы возрастает, в то время как ее набухание значительно снижается. Так, в варианте 6 набухание в среднем было на 24,7% ниже, чем в контроле (полив арычной водой).

Установлена отрицательная корреляция между содержанием водорастворимых солей и набуханием почвенных образцов ($r = -0,71 \pm \pm 0,124$). Это можно объяснить тем, что по мере растворения солей повышается концентрация двухвалентных катионов, вызывающих уменьшение толщины диффузного водного слоя в почвенных частицах, а следовательно, и величины набухания.

Влияние состава обменных оснований поглощающего комплекса на набухание почвенных образцов изучалось нами в модельном опыте. Исследования показали, что набухаемость почвы при отсутствии водорастворимых солей в среднем была на 32,1% выше, чем при их наличии. После удаления водорастворимых солей из почвенных образцов набухание солонцеватых почв (варианты 4—6) резко увеличилось. Таким образом, в отсутствие водорастворимых солей набухание почв при прочих равных условиях тесно связано с содержанием поглощенного нат-

Т а б л и ц а 5

Урожайность хлопчатника и технологические свойства хлопкового волокна
(в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Масса коробочки, г	Выход волокна, %	Урожай хлопка-сырца, ц/га	Длина волокна, мм		База, %	Равномерность	Крепость, г	Разрывная длина, км	Метрический номер
				модельная	штапельная					
1	6,4	36,4	45,9	29,4	32,5	37,7	1109	4,5	25,4	5696
2	6,4	36,3	45,4	29,4	32,4	37,0	1093	4,4	25,6	5827
3	5,8	36,3	43,4	29,4	32,4	37,0	1087	4,4	25,1	5713
4	5,3	35,3	18,5	28,6	32,2	37,0	1059	4,1	24,7	6083
5	5,1	34,9	14,9	28,3	32,3	36,7	1036	4,0	24,6	6153
6	4,9	34,7	9,2	27,8	32,2	36,0	1001	3,9	24,3	6183
7	5,7	35,8	33,3	28,7	32,4	36,7	1054	4,0	24,0	6000
8	5,4	35,5	23,0	29,0	32,3	36,0	1039	4,2	23,9	5677
9	5,5	35,7	25,3	29,0	32,5	36,0	1043	4,3	25,1	5793

рия, о чем свидетельствует повышенная корреляционная связь ($r=0,83 \pm \pm 0,013$).

Следовательно, в результате полива хлопчатника высокоминерализованными водами значительно изменяются физические, химические и физико-химические свойства сероземно-луговой почвы, что в конечном итоге сказывается на урожайности хлопчатника и качестве хлопкового волокна.

С увеличением степени минерализации оросительной воды значительно снижались масса коробочки и выход хлопкового волокна (табл. 5).

Данные об урожайности хлопчатника убедительно подтверждают общую закономерность изменения ряда других показателей, проявившуюся за 3 года: по мере увеличения уровня минерализации оросительных вод урожай хлопка-сырца резко снижался. Следует отметить, что при поливе хлопчатника оросительной водой, в которой содержалось до 2,33 г солей в 1 л, математически доказуемого снижения урожая не отмечено.

Химический состав оросительных вод во многом обуславливает качество хлопкового волокна (табл. 5). К сожалению, литературные данные о влиянии химического состава оросительных вод на технологические качества хлопкового волокна крайне ограничены.

Одним из важнейших показателей качества хлопкового волокна является его длина. Модельная длина волокна (наиболее часто встречающаяся в штапеле) с увеличением степени минерализации оросительной воды снижалась с 29,4 до 27,8 мм, в то время как штапельная (средневзвешенная) его длина практически не изменялась (32,2—32,5 мм).

Наряду с длиной важными технологическими показателями, определяющими специфику использования волокна в текстильной промышленности, являются крепость, метрический номер и разрывная длина. Эти показатели зависят от количества целлюлозы, отложившейся в

стенках волокна, и плотности упаковки целлюлозных мицелл. Крепость и разрывная длина волокна, как и модельная длина, с увеличением засоления оросительной воды резко снижались. То же можно сказать и о показателе равномерности.

При большем количестве целлюлозы в стенках волокна его крепость повышается, но одновременно снижается метрический номер. Так, в вариантах с использованием высокоминерализованной оросительной воды он был максимальным — 6083-6183.

Заключение

При орошении хлопчатника водами, содержащими более 2,33 г солей в 1 л, ухудшаются физические и химические свойства сероземно-луговых почв, что приводит к снижению их плодородия и урожайности хлопчатника. Математически доказано снижение урожайности хлопчатника при его поливах водой, содержащей 4,4 г солей в 1 л и более. Качество хлопкового волокна, как и его урожай, снижаются по мере увеличения степени минерализации оросительной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов-Каратаев И. Н., Кадер Г. М. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию. «Почвоведение», 1961, № 3, с. 60—65. — 2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ, 1970. — 3. Ибрагимов Г. А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника. Ташкент. «ФАН», 1973. — 4. Ковалев А. А. Осолощение карбонатных почв под влиянием натриевых солей. Тр. Ин-та почвовед. УзССР, 1963, вып. 3, с. 34—43. — 5. Легостаев В. М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение. Ташкент, 1961. — 6. Минашина Н. Г. Расчет допустимой минерализации оросительных вод для орошения почв. «Почвоведение», 1972. № 2, с. 111—119. — 7. Методика

полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения. Ташкент, «ФАН», 1973. — 8. Рабочев И. С. Использование минерализованных вод для орошения и рассоления почв и основные направления дальнейших исследований. В кн.: Использование минерализованных вод для орошения. М. «Колос», 1973. — 9. Розанов А. Н. Сероземы Средней Азии. М., Изд-во АН СССР, 1951. — 10. Сб. инструкций по техническому контролю и методике испытаний хлопка-сырца, волокна, линта, семян и волокнистых отходов хлопкозаводов, М., «Легкая индустрия», 1972. — 11. Тагаев С. Р. Влияние орошения высокоминерализованными водами типа морских на свойства почв и урожайность хлопчатника. Автореф. канд. дис., Ташкент, 1972.

Статья поступила 26 января 1978 г.

SUMMARY

The effect of irrigating waters of different chemical composition on physical and chemical properties of sierozem-meadow soils, on the quantity and quality of raw cotton yield was studied. It has been established that if chloride-sulfate type of salinization with the degree of water mineralization over 2.33 g/litre is used for irrigation of cotton plant, the properties of the soils become worse and their fertility falls. That the yielding capacity of cotton plant is decreased if water containing 4.4 g and more of salts per 1 litre is used for irrigation has been proved mathematically. The quality of cotton fiber as well as its yield become lower as the degree of mineralization of irrigating water increases.