

УДК 502/504:633.1:633.51:631.67

В. И. ГОРОДНИЧЕВ, И. А. КОСТОВАРОВА

Федеральное государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

**ОРОШЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ХЛОПЧАТНИКА
НА СЛАБОЗАСОЛЕННЫХ СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ**

Рассмотрены вопросы возможности полива дождеванием в условиях аридного климата, проектирования стационарной системы дождевания с заданными энергетическими параметрами. Дана оценка зависимости урожайности озимой пшеницы и хлопчатника от оросительной нормы и распределения влаги в почве. Приведены результаты сценарных исследований с помощью имитационной модели.

Аридная зона, модуль сезонно-стационарной дождевальной системы, опытный участок, озимая пшеница, хлопчатник, рациональная оросительная норма, влажность, урожай.

There are considered questions of a possibility of applying sprinkler irrigation under the arid climate conditions, designing a stationary sprinkler system with the given power parameters. There is given an assessment of the crop yield dependence of winter wheat and cotton from the irrigation rate and moisture distribution in the soil. There are given the results of scenario researches by means of the simulation model.

Arid zone, the module of seasonally-stationary sprinkling system, test plot, winter wheat, the cotton, rational irrigating rate, humidity, crop yield.

Местом проведения исследований было выбрано фермерское хозяйство «Кушман-Ата» Сардобинского района Сырдарьинской области Республики Узбекистан, имеющее площадь 25 га и расположенное в периферийной части аллювиальных отложений реки Сырдарьи (Голодная степь) с характерными для аридной зоны природными условиями. Здесь был установлен поливной модуль сезонно-стационарной дождевальной системы для орошения участка площадью 2 га. Почвы опытного участка по механическому составу представлены легкими суглинками и супесями. Исходная объемная масса почв опытного участка до начала проведения поливов в слоях 0...50, 0...70 и 0...100 см составила: 1,40; 1,41 и 1,42 г/см³ соответственно, а предельная полевая влагоемкость (ППВ) – 21,55; 21,76 и 21,98 % к массе сухой почвы соответственно. Верхний слой почвы (0...30 см) опытного участка беден запасами гумуса (0,57...0,76 %), а нижележащий слой почвы (30...60 см) содержит 0,56...0,69 % гумуса. По обеспеченности подвижными формами фосфора P₂O₅ и калия K₂O почвы можно структурировать так: 0...30 см – очень низкая обеспеченность – 11 мг на 1 кг почвы; 30...60 см – низкая – 20,8 мг на 1 кг почвы; 0...30 см – средняя – 262,7 мг на 1 кг

почвы; 30...60 см – повышенная – 318,1 мг на 1 кг почвы. Уровень залегающих грунтовых вод в течение вегетации колеблется в пределах 1,5...2,2 м. По степени минерализации, согласно классификации, предложенной В. А. Приклонским, они относятся к третьей группе – среднеминерализованным, с содержанием плотного остатка 5...6,5 г/л. Минерализация оросительной воды – 0,7...0,9 г/л, минерализация дренажной воды – 2...2,8 г/л [1].

Объектом исследования являлось хлопково-пшеничное чередование и полив дождеванием наиболее распространенной в аридной зоне озимой пшеницы сорта «Крошка» и хлопчатника сорта «Ан-Баяут-2». Для этих целей специально была создана сезонно-стационарная дождевальная система [1].

Постановка многолетнего эксперимента в современных условиях достаточно сложная и дорогостоящая задача. Поэтому для проведения сценарных исследований и расчета рациональных оросительных норм, а также для расчета водного баланса почвы, величины транспирации и эвапорации, инфильтрационного и поверхностного стока использована имитационная модель [2]. Имитационная модель дополнена результатами полевых исследований роста и развития озимой пшеницы

«Крошка» и хлопчатника «Ан-Баяут-2» (рис.1, 2). В результате были получены следующие экспериментальные зависимости:

относительной урожайности Y_1 от оросительной нормы m_0 (см. рис. 1) – озимой пшеницы «Крошка» –

$$Y_{\text{П}} = -7 \cdot 10^{-8} m_{\text{ОП}}^2 + 3,4 \cdot 10^{-4} m_{\text{ОП}} + 0,607; \quad (1)$$

хлопчатника «Ан-Баяут-2» –

$$Y_{\text{Х}} = -3 \cdot 10^{-8} m_{\text{ОХ}}^2 + 2,6 m_{\text{ОХ}} + 0,45; \quad (2)$$

повышения относительной урожайности Y_2 от нормы полива m_n –

озимой пшеницы «Крошка» –

$$Y_{2\text{П}} = -14 \cdot 10^{-8} m_{\text{П}} + 33,85 \cdot 10^{-5}; \quad (3)$$

хлопчатника «Ан-Баяут-2» –

$$Y_{2\text{Х}} = -6 \cdot 10^{-8} m_{\text{НХ}} + 25,52 \cdot 10^{-5}. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены оросительные нормы, абсолютная урожайность и эффективность орошения озимой пшеницы и хлопчатника за 2002–2005 годы.

В ходе эксперимента определяли влияние грунтовых вод на их смыкание с поливной водой и возможность засоления при дождевании и поверхностном поливе, а также

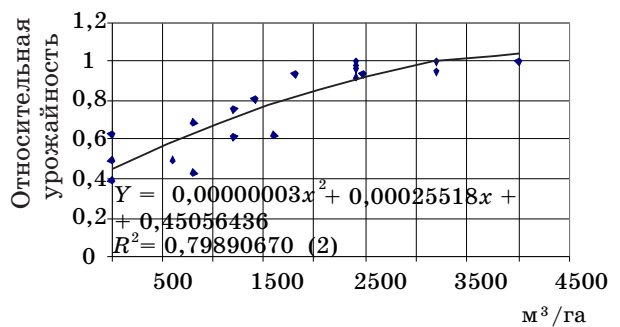
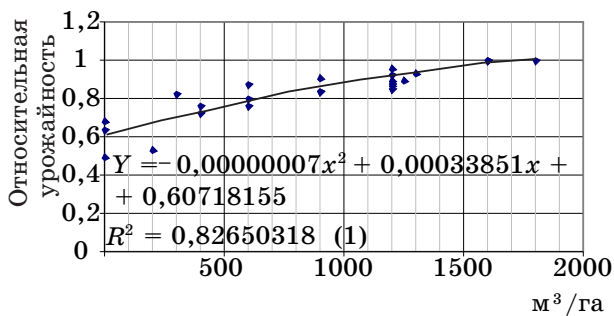


Рис. 1. Зависимость относительной урожайности озимой пшеницы «Крошка» (а) и хлопчатника «Ан-Баяут-2» (б) от оросительной нормы при поливе дождеванием за трехгодичный период исследований; ♦ оросительная норма

Таблица 1

Продуктивность орошения озимой пшеницы «Крошка» и хлопчатника «Ан-Баяут-2»

Способ орошения и культура	Оросительная норма, м³/га	Урожай зерна, ц/га	Водопотребление, м³/ц	Продуктивность орошения, ц/1000 м³
2003 год				
Дождевание:				
пшеница	1200	45,8	26,2	38,2
хлопчатник	1400	26,0	53,8	18,6
Поверхностное орошение:				
пшеница	3000	40	75,0	13,3
хлопчатник	2250	20	112,5	8,9
2004 год				
Дождевание				
пшеница	1300	30,0	43,3	23,1
хлопчатник	2400	25,8	93,0	10,8
Поверхностное орошение:				
пшеница	3500	32,8	106,7	9,4
хлопчатник	4400	22,7	193,8	5,2
2005 год				
Дождевание:				
пшеница	1250	48,0	26,0	38,4
хлопчатник	2470	33,9	108,3	9,2
Поверхностное орошение:				
пшеница	2450	38	64,5	15,5
хлопчатник	3420	29	159,3	6,3

Примечания: 1. Оросительные нормы в вариантах с хлопчатником указаны без учета объемов влагозарядки. 2. Влагозарядковые поливы проводили следующими нормами: 2003 год – 1250 м³/га; 2004 год – 1030 м³/га; 2005 год – 1200 м³/га.

сток поливной воды. Влажность почвы была определена через 1-2 дня. При обработке экспериментальных данных получены следующие зависимости относительной влажности почвы W от глубины ее слоя h при поливе дождеванием (см. рис. 2):

озимой пшеницы «Крошка» –

$$W_{\text{П}} = 0,0023h^2 - 0,177h + 21,19; \quad (5)$$

хлопчатника «Ан-Баяут-2» –

$$W_{\text{Х}} = 0,002h^2 - 0,135h + 18,9. \quad (6)$$

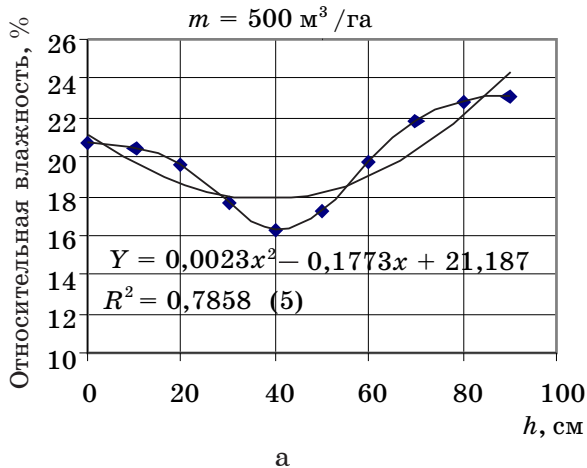
Эти зависимости характерны во всех точках поливного участка по всем трем годам исследований.

В процессе обработки экспериментальных данных при поливе по бороздам получены следующие зависимости относительной влажности почвы W от глубины ее слоя h (рис. 3):

озимой пшеницы «Крошка»

$$W_{\text{П}} = -4 \cdot 10^{-4}h^2 + 9,9 \cdot 10^{-2}h + 17,6; \quad (7)$$

Точка 2. Дождевание (11...12 мая 2004 года).



Точка 2. Дождевание (9...10 июля 2004 года).

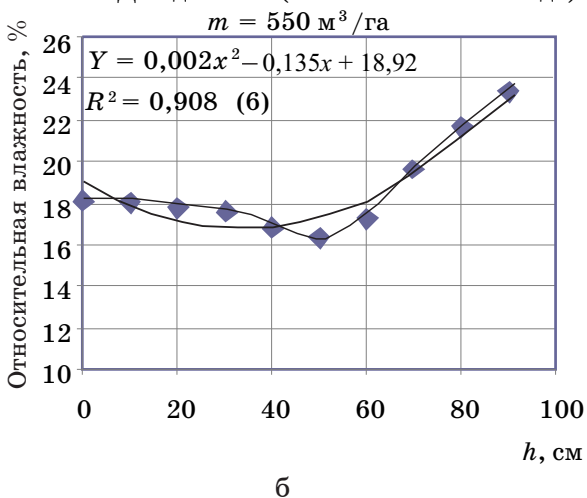


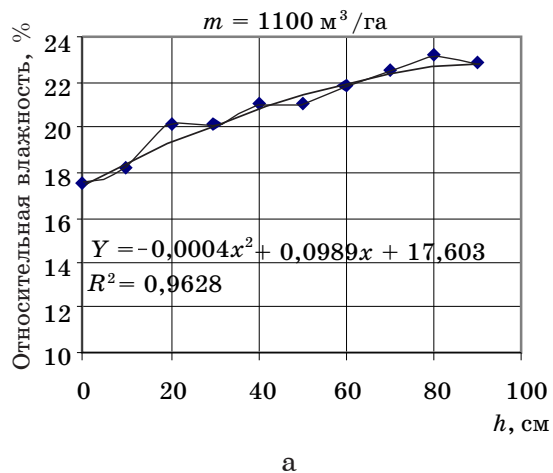
Рис. 2. Относительная влажность почвы по слоям, после полива: а – озимой пшеницы; б – хлопчатника «Ан-Баяут-2»; \blacklozenge глубина слоя h , см

хлопчатника «Ан-Баяут-2»

$$W_{\text{Х}} = -1 \cdot 10^{-4}h^2 + 4,1 \cdot 10^{-2}h + 16,8. \quad (8)$$

Для проведения исследований по изучению стока воды в НПО «Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации» была создана сезонно-стационарная система с определенными энергетическими характеристиками дождя (коэффициент эффективного полива – 0,73...0,78; средний диаметр капель на всей площади – 0,82 (на расстоянии 2 м от аппарата)...1,46 мм (на расстоянии 13 м от аппарата); скорость капель – 1,04...2,81 м/с; мощность дождя – 0,22...14,19 Вт/1000; динамическое давление дождя – 0,43...2,98 Па). Контроль характеристик дождя определяли информационно-измерительной системой «Спектр-4М» [3]. Одновременно осуществляли полив пшеницы и хлопчатника поверхностным способом на рядом расположенном контрольном

Точка 1. Полив по бороздам (1...3 мая 2004 года).



Точка 1. Полив по бороздам (25...27 июня 2004 года).

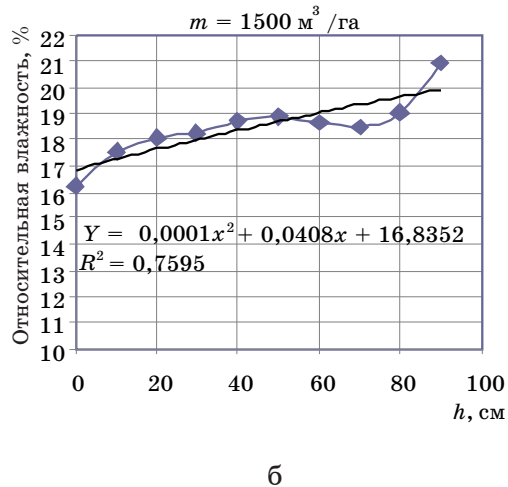


Рис. 3. Относительная влажность почвы по слоям, после полива: а – озимой пшеницы; б – хлопчатника «Ан-Баяут-2»; \blacklozenge глубина на слоя h , см

участке нормами 1100...1500 м³/га, при этом коэффициент эффективного полива составлял 0,65. В ходе экспериментальных исследований образования стока воды при таком качестве дождя не наблюдалось. При поверхностном поливе сток воды составлял 157...330 м³/га.

Одновременно с исследованиями промачивания при указанных поливных

нормах контролировали динамику засоления. Засоление почвы определяли с помощью солемера (кондуктометра), разработанного А. К. Чернышевым, степень засоления определяли в соответствии с классификацией ФАО [4].

Трехгодичные результаты засоления почвы приведены в табл. 2.

Таблица 2
Динамика засоления почвогрунта на участке озимой пшеницы и хлопчатника

Слой почвы	2002–2003 годы				2003–2004 годы				2004–2005 годы			
	Начало вегетации		Конец вегетации		Начало вегетации		Конец вегетации		Начало вегетации		Конец вегетации	
	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления	ЭКДС/м ^{3,5}	Степень засоления
Озимая пшеница (дождевание)												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0...10	3,85	слабая	1,99	нет	2,9	слабая	1,4	нет	1,23	нет	2,5	слабая
10...20	3,50	слабая	1,50	нет	3,5	слабая	2,3	слабая	2,4	слабая	3,5	слабая
20...30	3,15	слабая	2,31	слабая	3,8	слабая	2,5	слабая	3,0	слабая	4,6	средняя
30...40	3,90	слабая	2,90	слабая	3,7	слабая	4,4	средняя	3,1	слабая	6,3	средняя
40...50	3,82	слабая	3,71	слабая	3,5	слабая	4,9	средняя	5,1	средняя	6,7	средняя
50...60	3,18	слабая	4,44	средняя	3,2	слабая	5,0	средняя	5,6	средняя	7,4	средняя
60...70	3,78	слабая	5,04	средняя	5,0	средняя	5,8	средняя	6,0	средняя	7,1	средняя
70...80	4,27	средняя	5,77	средняя	4,8	средняя	5,4	средняя	6,3	средняя	7,4	средняя
80...90	4,24	средняя	5,56	средняя	4,9	средняя	5,1	средняя	4,9	средняя	7,7	средняя
90...100	4,10	средняя	4,52	средняя	4,2	средняя	4,9	средняя	5,5	средняя	7,0	средняя
Озимая пшеница (поверхностный полив)												
0...10	3,18	слабая	2,1	слабая	2,8	слабая	2,00	слабая	2,94	слабая	2,00	слабая
10...20	3,54	слабая	2,4	слабая	3,2	слабая	3,15	слабая	3,22	слабая	3,10	слабая
20...30	3,92	слабая	2,9	слабая	3,5	слабая	3,00	слабая	3,72	слабая	3,41	слабая
30...40	3,98	слабая	2,3	слабая	3,7	слабая	3,85	слабая	3,85	слабая	3,80	слабая
40...50	5,18	средняя	3,9	слабая	5,2	средняя	3,90	слабая	5,14	средняя	3,95	слабая
50...60	5,28	средняя	5,2	средняя	5,1	средняя	5,92	средняя	5,20	средняя	4,80	средняя
60...70	5,4	средняя	5,14	средняя	8,1	сильная	7,21	средняя	6,80	средняя	7,40	средняя
70...80	8,0	сильная	6,0	средняя	8,0	сильная	6,92	средняя	8,04	сильная	6,90	средняя
80...90	6,1	средняя	5,8	средняя	6,5	средняя	6,10	средняя	8,10	сильная	6,54	средняя
90...100	5,2	средняя	5,1	средняя	6,0	средняя	5,36	средняя	5,00	средняя	6,00	средняя
Хлопчатник (дождевание)												
0...10	1,2	нет	1,8	нет	1,1	нет	1,6	нет	1,1	нет	2,1	слабая
10...20	2,1	слабая	2,4	слабая	1,7	нет	1,7	нет	1,3	нет	3,0	слабая
20...30	2,4	слабая	2,2	слабая	2,2	слабая	2,5	слабая	1,4	нет	3,0	слабая
30...40	3,0	слабая	2,6	слабая	2,6	слабая	2,7	слабая	1,4	нет	3,3	слабая
40...50	4,4	средняя	3,6	слабая	4,3	средняя	4,3	средняя	3,0	слабая	3,8	слабая
50...60	6,6	средняя	4,6	средняя	4,4	средняя	5,4	средняя	3,4	слабая	4,0	слабая
60...70	6,2	средняя	6,5	средняя	5,2	средняя	6,0	средняя	5,0	средняя	5,0	средняя
70...80	6,4	средняя	5,5	средняя	5,5	средняя	6,4	средняя	4,9	средняя	5,7	средняя
80...90	3,9	слабая	6,4	средняя	3,9	слабая	7,2	средняя	7,1	средняя	7,6	средняя
90...100	3,5	слабая	6,0	средняя	3,8	слабая	6,3	средняя	5,3	средняя	5,5	средняя
Хлопчатник (поверхностный полив по бороздам)												
0...10	1,0	нет	1,1	нет	2,0	слабая	0,9	нет	1,05	нет	1,3	нет
10...20	1,5	нет	1,4	нет	2,1	слабая	1,3	нет	1,60	нет	1,7	нет
20...30	2,4	слабая	1,4	нет	2,2	слабая	1,3	нет	1,75	нет	1,6	нет
30...40	2,2	слабая	1,3	нет	2,0	слаб	1,9	нет	1,92	нет	1,3	нет
40...50	6,0	средняя	3,9	слабая	4,6	средняя	1,8	нет	2,10	слабая	1,7	нет
50...60	7,8	средняя	3,9	слабая	4,5	средняя	2,3	слабая	2,80	слабая	1,6	нет
60...70	7,1	средняя	3,8	слабая	5,3	средняя	3,8	слабая	2,90	слабая	3,2	слабая
70...80	7,1	средняя	3,9	слабая	5,8	средняя	3,9	слабая	3,84	слабая	3,9	слабая
80...90	3,9	слабая	7,0	средняя	3,9	слабая	3,6	слабая	5,40	средняя	3,9	слабая
90...100	3,8	слабая	3,7	слабая	3,8	слабая	3,6	слабая	3,80	средняя	3,6	слабая

На рис. 4 представлены графики изменения засоления почвогрунта в начале и конце вегетации озимой пшеницы «Крошка» и хлопчатника «Ан-Баяут-2» за 2003 год. В 2004–2005 годах прослеживается аналогичная ситуация.

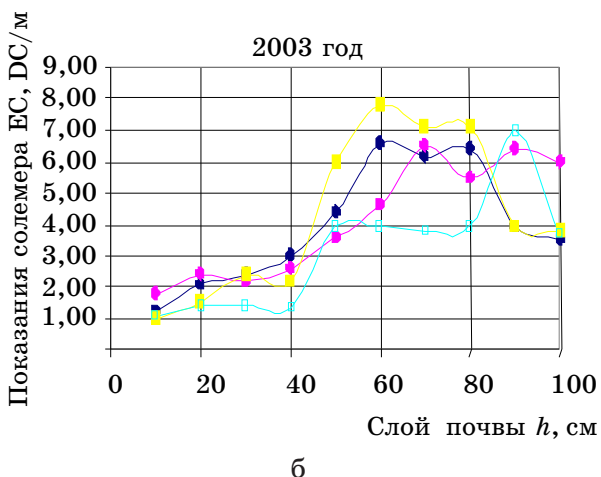
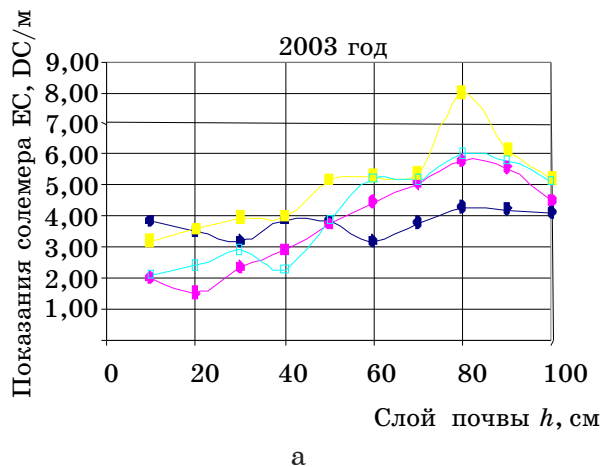


Рис. 4. Динамика засоления почвы по слоям: а – на участке озимой пшеницы «Крошка»; б – на участке хлопчатника «Ан-Баяут-2»; ● дождевание, начало вегетации; ■ полив по бороздам, начало вегетации; ● дождевание, конец вегетации; □ полив по бороздам, конец вегетации

Согласно классификации ФАО, почва опытного участка при дождевании на посевах озимой пшеницы и хлопчатника в начале вегетации была изначально засоленна и имела разную степень засоления по горизонтам – от слабозасоленных – 0...40 см до средnezасоленных – 40...100 см. В конце вегетации почва в верхнем слое имела слабую степень засоления: 0...40 см на посевах озимой пшеницы; 0...60 см – на посевах хлопчатника. В нижележащих слоях преобладала средняя степень засоления. Анализ дина-

мики солей в почве опытного участка позволил установить факт, что после орошения дождеванием и выпавших естественных осадков в конце вегетационного периода наблюдалось некоторое поступление солей с капиллярными токами из грунтовых вод и накопление их в слое 40...100 см, но опасного для растений накопления солей в пахотном слое почвы 0...30 см не происходило. Растения нормально росли и развивались, не проявляя никаких признаков угнетения.

В начале вегетационного периода почва в слое 0...40 см опытного участка имела слабую, а в слое 40...100 см в основном среднюю степень засоления. В конце вегетационного периода почва в верхнем 0...50 см слое была незасоленной или слабозасоленной, а в нижележащих слоях 60...100 см имела слабую степень засоления на хлопчатнике и среднюю – на участке озимой пшеницы. Следовательно, полив большими оросительными нормами способствовал опреснению корнеобитаемого слоя почвы до глубины 40...60 см, но к повышению урожайности этот факт не привел (см. таблицу).

Проведенный анализ показывает, что в конце трехлетнего периода целесообразно осуществлять влагозарядковые и промывочные поливы в конце февраля – начале марта нормой 1200...1500 м³/га в несколько приемов, чтобы не нарушать структуру почвы. Для этих целей можно использовать стационарную систему дождевания.

Выводы

В процессе дождевания при уменьшении подачи оросительной нормы в 2,5–3 раза происходит рост урожайности пшеницы «Крошка» и хлопчатника «Ан-Баяут-2» на 8...20 % по сравнению с поверхностным поливом по бороздам.

Анализ динамики солей в почве опытного участка позволил установить факт, что после орошения дождеванием и выпавших естественных осадков в конце вегетационного периода наблюдалось некоторое поступление солей с капиллярными токами из грунтовых вод и накопление их в слое 40...100 см из-за близкого залегания грунтовых вод ранней весной, однако опасного для растений накопления солей в пахотном 0...30 см слое почвы не происходило. Растения нормально росли и развивались, не проявляя никаких признаков угнетения.

Дождевание на слабозасоленных сероземно-луговых почвах нормами 500...550 м³/га с интенсивностью дождя 0,15...0,45 мм/мин и коэффициентом эффективного полива 0,73...0,78, энергетической мощностью 0,22...14,19 Вт/1000 и динамическим воздействием дождя 0,43...2,98 Па не приводит к образованию стока воды и существенному нарушению почвы. При поливе по бороздам нормами 1100...1500 м³/га коэффициент эффективного полива не превышал 0,65, сброс воды составил 157...330 м³/га, или 14...22 % подаваемой воды.

На основе экспериментальных исследований рост урожайности озимой пшеницы «Крошка» при дождевании оросительными нормами до 2000 м³/га и хлопчатника «Ан-Баяут-2» при дождевании оросительными нормами до 4000 м³/га может определяться по полиномиальным зависимостям второго порядка с коэффициентом корреляции 0,8...0,83 (рациональные нормы полива определяются по линейной зависимости).

1. **Костоварова И. А.** Эффективность сезонно-стационарной системы дождевания на землях, склонных к засолению //

Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 40–42.

2. **Добрачев Ю. П., Кузнецова Н. А., Лобачев С. Б., Бурдюгов В. Г.** Оптимизация режима орошения с помощью имитационной модели // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 4. – С. 46–48.

3. **Городничев В. И.** Методы и средства измерения характеристик дождя. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 182 с.

4. **Шарафутдинова Н. Ш., Широкова Ю. И.** Экспериментальное обоснование использования электрокондуктометрии для контроля засоления на орошаемых землях Узбекистана: Новые технологии и экологическая безопасность мелиорации: сб. науч. докладов Международной (4-й Всероссийской) конференции молодых ученых и специалистов. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2007. – С. 325–333.

Материал поступил в редакцию 31.01.11.

Городничев Валерий Иванович, доктор технических наук, зам. директора

Костоварова Ирина Александровна, ведущий инженер, соискатель

E-mail: raduga@golutvin.ru

Тел. 8 (4966) 17-04-23