

## ФИЗИКА ПОЧВ

УДК 631.434

С. Н. РЫЖОВ, Л. Н. СЛЕСАРЕВА

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ОРОШАЕМЫХ СЕРОЗЕМОВ  
НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ХЛОПЧАТНИКА

Показано, что структура и сложение орошаемого типичного серозема тяжелосуглинистого механического состава в широких пределах регулирует порозность его в интервале 60—600 мк и более. Это определяет большие различия в характере развития корневой системы хлопчатника путем изменения жизненного пространства, внутренней аэрируемой поверхности и основных показателей водного, воздушного, микробиологического и питательного режимов, что в итоге обуславливает значительные различия в росте, развитии и урожае надземной массы хлопчатника.

Исследованиями в области физиологии, агрохимии и почвоведения установлено, что факторы внешней среды оказывают большое влияние на развитие корневой системы, которая осуществляет ряд сложных физиологических и метаболических функций в растительном организме. Структура и сложение корнеобитаемой зоны, определяющие основные показатели почвенных режимов, а также строение жизненного пространства корневых систем, являются важными факторами их развития с точки зрения продуктивности всего растения. Поэтому разработка количественных нормативов оптимального сложения орошаемых сероземов для развития корневой системы хлопчатника является одним из важных вопросов в деле обеспечения максимальной производительности этих почв.

В литературе имеются данные по влиянию сложения и структуры почв на развитие корневой системы ряда сельскохозяйственных культур. Станковым [10] установлено, что корни льна, свеклы и ржи не проникают через отверстия размером 0,1 мм, а для кукурузы, озимой пшеницы, ячменя, люпина и сои таким пределом был размер пор 0,25 мм.

В опытах Обертина [18] корни кукурузы не проникали в пористую среду с диаметром пор < 125 мк, а в опытах Шурмана [16] корни овса, имеющие диаметр 150—380 мк, не могли проникать в плотные почвы из-за резкого уменьшения объема пор 96—300 мк.

Блэк [2] в своей монографии приводит данные Ф. Веймейера и А. Гендриксона о том, что крупнопесчаный суглинок с объемным весом 1,8 г/см<sup>3</sup> легко пробивается корнями, так как имеет крупные поры, а глина Айкен с плотностью 1,46 г/см<sup>3</sup> непроницаема для корней вследствие очень малого размера пор.

Квасников [4], а позднее Йодер [7] в опытах с агрегатами разного размера показали, что большие поры между крупными агрегатами оказывают отрицательное влияние из-за малого объема пор, в которых корни могут развиваться, не попадая в большие пустоты.

Исследованиями Мельниковой [5] выявлено, что существование в почве недоступного растению запаса влаги обусловлено не только водо-

удерживающей способностью почвы, но и диаметром заполненных водой пор, несоизмеримых с диаметром всасывающих корней, равным в большинстве случаев 120—250 мк. В литературе имеются и другие данные о косвенном влиянии структуры и сложения почвы на развитие и функции корневых систем растений через изменения в водном, воздушном, питательном и других почвенных режимах.

В отношении хлопчатника проведены многочисленные исследования по морфологии и анатомии его корневой системы, имеются работы по влиянию минерального питания [6, 1], водного режима [3, 14], обработки почвы [9, 12, 7] на развитие корневой системы хлопчатника, которые легли в основу научной разработки агротехнических приемов его возделывания. Однако для установления оптимальных параметров структуры и сложения орошаемых сероземов для культуры хлопчатника и разработки рациональной системы обработки необходимо иметь конкретные данные об их влиянии на рост и развитие корневой системы хлопчатника.

В настоящей работе приведены результаты исследований по определению влияния особенностей порового строения орошаемого типичного серозема на развитие корневой системы хлопчатника, характера распределения пор по размерам в изученных почвах, его изменений под влиянием различных видов обработок почвы и диаметра растущей зоны корня хлопчатника.

Исследования проводили на орошаемых типичных сероземах тяжелосуглинистого и легкосуглинистого механического состава, подробная характеристика которых дана в нашей предыдущей работе [11]. Отличительной особенностью этих почв, как было показано раньше, является очень высокая плотность (1,70—1,95 г/см<sup>3</sup>) и низкая порозность структурных агрегатов, которая с уменьшением размера агрегатов с 7 до 0,25 мм уменьшается от 36,8 и 32,8% до 26,0% для тяжелосуглинистой и легкосуглинистой разности. Внутри структурных агрегатов преобладают поры диаметром выходных отверстий < 7,5 мк.

Изменение величины слагающих эти почвы агрегатов от 7 до 0,25 мм обуславливает значительные изменения в структуре пор (табл. 1). В тяжелосуглинистой разности общий объем пор уменьшается всего на 2,9%, однако в характере пор происходят весьма значительные изменения. Объем самых крупных пор диаметром > 600 мк уменьшается с 36,6 до 11,2%. Поры размером от 600 до 60 мк, наоборот, увеличиваются с 2,3 до 21,1%. Изменения в объеме мелких пор не превышают 1—2%.

Важной характеристикой почвы с точки зрения развития корней является внешняя поверхность агрегатов, которая характеризует ее внутреннюю аэрируемую поверхность и является в орошаемых сероземах поверхностью активного взаимодействия корневой системы хлопчатника с почвой. Поясов [8] объясняет увеличение биохимической активности при рыхлом сложении по сравнению с плотным не лучшей аэрацией, которая и в плотных почвах при средней влажности могла быть достаточной, а увеличением внутренней аэрируемой поверхности почвы. С уменьшением величины слагающих почву агрегатов внешняя поверхность орошаемого типичного серозема увеличивается с 9,8 до 169,6 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

При переходе к системе сложения с агрегатами < 0,25 мм распределение пор по размерам резко изменяется. Объем мелких пор (60—7,5 мк и < 7,5 мк) увеличивается соответственно на 6,0—14,1%, а крупных пор (> 60 мк) уменьшается на 24,2%; объем пор диаметром > 600 мк отсутствует совсем. Внешняя поверхность агрегатов возрастает с 169,6 до 562,0 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

С уплотнением орошаемого типичного серозема естественной структуры возрастает объем мелких категорий пор (< 60 мк) от 1,2 до 4,8%, а объем пор размером 600—60 мк и особенно > 600 мк резко уменьшается. Внешняя поверхность агрегатов при этом незначительно увеличивает-

Таблица 1

Соотношение выходных отверстий пор и внешней поверхности агрегатов при различном сложении орошаемого типичного серозема

Характеристика систем сложения	Общая порозность, % от объема	Распределение пор по размерам, % от объема				Внешняя поверхность агрегатов, см <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>
		>600 мк	600—60 мк	60—7,5 мк	<7,5 мк	
<b>Тяжелосуглинистые</b>						
Агрегаты, мм:						
7—5	64,1	36,6	2,3	6,8	18,4	9,8
3—2	63,4	30,9	4,0	9,1	19,4	24,0
2—1	61,9	23,0	12,6	6,1	20,2	41,6
1—0,5	61,9	19,3	15,4	7,6	19,6	82,4
0,5—0,25	61,2	11,2	21,1	9,0	19,9	169,6
<0,25	57,2	—	8,1	23,1	25,9	562,0
Нерасчлененная почва, г/см <sup>3</sup> :						
1,23	54,9	8,9	8,6	12,6	24,8	60,4
1,28	53,1	6,7	5,7	13,8	26,8	62,8
<b>Легкосуглинистые</b>						
Агрегаты, мм:						
7—5	62,3	36,5	0,1	9,9	15,8	10,3
3—2	60,8	32,6	3,1	7,6	17,5	25,7
2—1	59,7	26,3	10,4	6,5	16,5	44,9
1—0,5	58,6	19,9	15,1	6,4	17,2	90,4
0,5—0,25	55,3	10,9	9,0	15,3	19,5	195,2
<0,25	53,5	8,0	8,2	21,9	23,3	610,0
Нерасчлененная почва, г/см <sup>3</sup> :						
1,3	53,0	12,2	4,5	14,3	21,0	135,5
1,41	48,3	6,0	0,3	19,1	22,9	145,3

Таблица 2

Диаметр боковых корней первого порядка у хлопчатника в фазе проростков, мк

Номер корня	Зона корня									корневой волосок		
	основание			средняя часть			кончик (корневой чехлик)					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	670	1170	851	520	910	697	403	1015	592	12	40	26
2	588	1005	874	606	968	826	391	695	585	30	40	35
3	557	1042	816	454	871	657	237	717	523	40	40	40
4	668	1148	912	391	917	674	360	756	580	Не опр.		
Средний	626	1091	863	493	916	713	348	796	570	27,3	40	33,7

Примечание. 1 — минимальный, 2 — максимальный, 3 — средний: минимальный и максимальный диаметр представляют собой среднее из 20 измерений.

ся (на 2,4—10,3 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>). Такие же изменения в поровом пространстве отмечены и в легкосуглинистой разности. Измерения корневых систем хлопчатника показывают, что не все системы сложения типичного серозема могут обеспечить достаточный объем для их развития (табл. 2).

Размеры растущей части корней хлопчатника, составляющие 863—570 мк, во много раз превышают размеры пор внутри агрегатов и соответствуют небольшому объему соизмеримых с ними пор в межагрегатном пространстве. Высокая плотность структурных агрегатов и их естественной упаковки, по-видимому, исключает также использование части межагрегатной порозности диаметром меньше корневых систем хлопчатника за счет раздвигания ее корнями. В литературе приводятся ве-

личины диаметра деятельных корней хлопчатника, равные 640—1082 мк [14], которые близки к нашим.

Корневые волоски, наличие которых по данным того же автора и нашим наблюдениям отмечается у хлопчатника крайне редко, имеют диаметр от 12 до 40 мк. Нематов [7] приводит величину диаметра корневых волосков, равную 10 мк.

Отмытая корня хлопчатника, мы всякий раз отмечали, что структурные агрегаты не пронизываются корнями хлопчатника, которые, изгибаясь, обходят плотные агрегаты, и только мелкие агрегаты (0,5 мм и меньше) облепляют отдельные участки корня, сцементированные, по видимому, корневыми выделениями. Если же в почве встречаются полусгнившие кусочки растительных остатков или трещинки, они почти все пронизываются корешками хлопчатника.

Следовательно, деятельные корни хлопчатника, а также корневые волоски не могут проникать внутрь структурных агрегатов и использовать содержащиеся там воду и питательные вещества. Оптимальными для развития корневых систем хлопчатника следует считать поры от 600 до 60 мк, а нижним пределом — поры до 10 мк.

Прямое изучение роли структуры и соответствующего ей распределения пор по размерам в развитии корневой системы хлопчатника проводили в вегетационном опыте на структурных агрегатах орошаемого типичного серозема тяжелосуглинистого механического состава размером 20—10, 10—5, 5—3, 3—1, 1—0,5, 0,5—0,25, <0,25 мм, полученных путем сухого рассева и их естественной смеси.

Сосуды Вагнера высотой 35 см, диаметром 29,5 см, вмещающие по 21 кг абсолютно сухой почвы, набивали отсеянными агрегатами указанного размера в 6-кратной повторности.

Влажность почвы в сосудах поддерживали на уровне 70% от капиллярной влагоемкости ежедневным поливом по весу арычной водой через трубку. Такой полив позволил сохранить агрегаты всех размеров от разрушения до конца вегетации. На всех вариантах опыта было внесено N—4, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—6, K<sub>2</sub>O—4 г на сосуд. Из них при набивке N—1, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—6, K<sub>2</sub>O—2 г. Остальную часть внесли в подкормке.

Данные табл. 3 и рисунка показывают, что отличия в структуре пор изучаемых систем сложения определили формирование различных типов корневых систем хлопчатника.

Наилучшие в опыте условия их роста и развития складываются в системах агрегатов 1—0,25 мм и особенно 0,5—0,25 мм. Корневая система хлопчатника здесь характеризуется самыми высокими в опыте показателями сухой массы, диаметром главного и боковых корней, высоким порядком их ветвления и наибольшей поглотительной деятельностью.

Вся почва в сосуде начиная с поверхности пронизана густой сетью тонких корней второго, третьего и более высоких порядков. Главный корень имеет форму правильного конуса, а боковые корни в плане имеют вид крестовины, что свидетельствует об оптимальных условиях для их развития. Боковые корни равномерно расположены по всей высоте главного корня лишь с некоторым преобладанием в верхней и средней части сосуда и имеют наименьшую в опыте глубину закладки первого бокового корня — 1—2 см.

Обусловлено это строением порового пространства данных систем, характеризующихся преобладанием пор диаметром 600—60 мк (15, 4—4—21,1%), соизмеримых с размерами растущей части корневой системы хлопчатника, а также с высокой агрегатной поверхностью. У системы сложения с агрегатами 0,5—0,25 мм эта поверхность составляет 169,6 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>, что в 2,5 раза больше, чем у нерасчлененной почвы.

Такой характер развития корневой системы хлопчатника складывается уже в фазе проростков, что было отмечено нами при морфологическом описании их. Однако влияние на рост и развитие надземной части

Таблица 3

Развитие надземных органов и корневой системы хлопчатника при различном сложении орошаемого типичного серозема

Характеристика систем сложения	Развитие корневой системы				Рост и развитие надземных органов							
	вес корней в фазу 4—6 настоящих листочков, г	количество пасоки, выделенной корнями 1 растения за сутки (начало цветения, мл)	в конце вегетации		высота главного стебля, см			количество симподиев на 1 растение, шт.	количество бутонов на 1 растение, шт.		число коробочек на 1 растение, шт.	
			число боковых ветвей 1 порядка, шт.	глубина закладки первого бокового корня, см	20.VI	20.VII	15.VIII		15.VIII	2.VII		1.VIII
Агрегаты, мм:												
20—10	0,105	1,223	23	10—15	12,6	47,6	58,0	7,5	1,4	16,3	7,2	
10—5	0,117	0,450	—	5—10	15,7	54,8	66,2	8,2	1,7	16,5	7,2	
5—3	0,095	1,000	36	5—7	14,8	49,6	60,8	7,8	1,2	16,5	8,5	
3—1	0,077	1,437	51	4—5	12,0	54,4	66,0	8,0	1,6	15,7	8,0	
1—0,5	0,123	1,670	56	2—3	13,3	57,6	67,3	9,0	1,0	20,3	11,3	
0,5—0,25	0,107	3,920	62	1—2	13,6	60,2	88,3	10,0	2,0	24,4	12,3	
≤0,25	0,095	0,688	63	2—5	13,0	57,1	81,9	9,8	0,6	18,8	11,0	
Почвы, г/см <sup>3</sup> :												
1,39	0,070	1,442	55	3—5	12,0	50,7	64,7	9,2	1,9	20,8	8,2	

корневая система хлопчатника в значительной степени проявляет в фазу бутонизации, увеличивая его к цветению и созреванию. Структура и сложение орошаемого типичного серозема являются не только фактором регулирования величины жизненного пространства для развития корневой системы. Они одновременно определяют выражение и направленность основных почвенных режимов, чем также оказывают существенное влияние на развитие корневой системы и ее функции по обеспечению роста, развития и урожая надземной части хлопчатника (табл. 4).

Системы, сложенные агрегатами от 1 до 0,25 мм по сравнению с системами с агрегатами  $>1$  и  $<0,25$  мм, а также нерасчлененной почвой в соответствии с особенностями построения их порового пространства характеризуются более благоприятными показателями водного, воздушного, микробиологического и питательного режимов.

Наибольшая водоудерживающая способность (капиллярная и наименьшая) и скорость передвижения почвенной влаги, на чем мы подробно останавливались раньше [11], этих систем обеспечили наилучшие в опыте условия водного режима почвы для хлопчатника.

Послойное определение влажности почвы в сосудах в течение вегетации показало, что системы, сложенные агрегатами от 1 до  $<0,25$  мм, были равномерно обеспечены водой по всему слою 0—30 см, тогда как системы, сложенные более крупными агрегатами, имели весьма низкую влажность в верхних горизонтах и высокую в нижних. В слое 0—10 и 10—20 см содержание ее было близко к влажности завядания (10—15%).

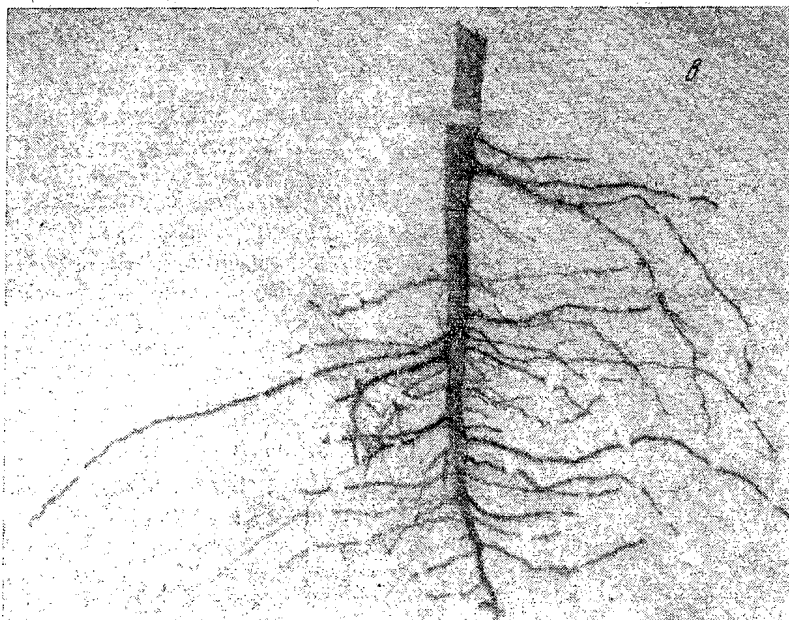
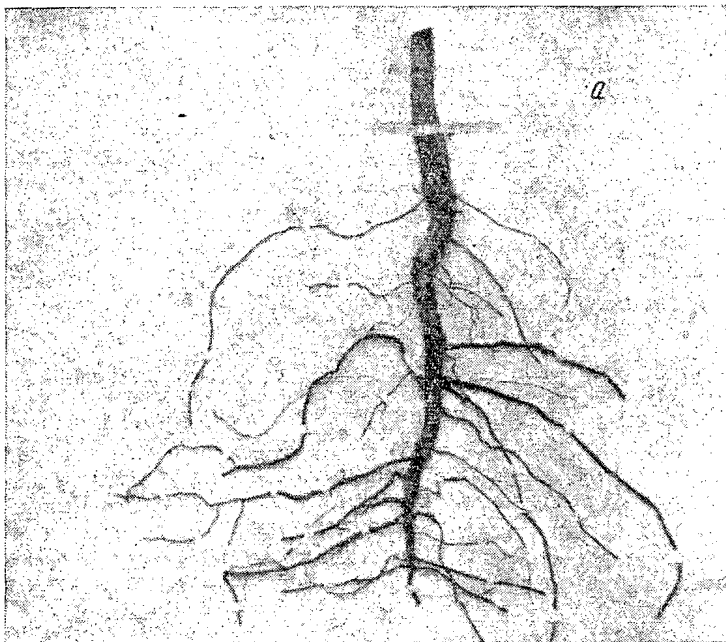
Воздухообеспеченность изученных систем сложения в условиях нашего опыта определялась объемом пор, не занятых водой при влажности 70% от капиллярной влагоемкости, и была выше нижнего предела аэрации (15%), при котором растения испытывают угнетение от недостатка воздуха в почве.

С уменьшением величины слагающих систему агрегатов порозность аэрации их уменьшается с 43,3 до 20,3%. В системе 0,5—0,25 мм отмечается наименьший объем пор аэрации — 18,6%. При этом у агрегатов  $>3$  мм только 8—9,1% воздушных пор входят в состав капиллярной порозности, где происходят окислительно-восстановительные процессы мобилизации питательных веществ и осуществляется поглощение питательных веществ корнем, тогда как в системах агрегатов  $<3$  мм объем этих пор возрастает до 14,7—19,2%.

Соотношение воды и воздуха в почве во многом определяет направленность и количественное выражение биохимических процессов в почве. В изученных системах это соотношение изменяется в широких пределах от 1:2,3 до 1:0,46, увеличиваясь по мере снижения размера агрегатов, слагающих почву.

Благоприятные условия водного и воздушного режима систем, сложенных агрегатами  $<1$  мм, определили лучшие условия для развития нитрификаторов, аэробных разрушителей клетчатки, азотобактера, грибов и актиномицетов и наибольшую энергию нитрификации. Большое многообразие физических режимов изученных систем сложения определило различия в их питательном режиме — в накоплении и доступности почвенных элементов питания, а также в распределении вносимых удобрений. Характеризуясь высоким исходным содержанием общих форм азота и фосфора и получив одновременно одинаковое количество азота, фосфора и калия, изученные системы определили существенные различия в их доступности корневым системам хлопчатника уже с первых фаз его развития (табл. 5).

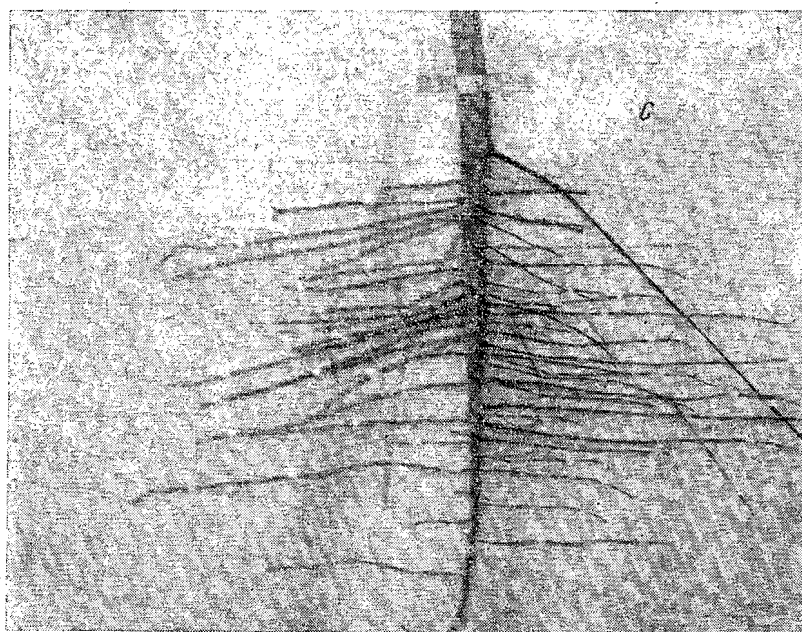
Содержание нитратного азота в фазу 4—6 настоящих листочков было в системах с агрегатами  $<1$  мм в 1,5 раза больше, чем в системах с агрегатами  $>1$  мм. К началу цветения эта закономерность сохраняется при некотором сдвиге максимального содержания нитратов в сторону



крупных агрегатов. Системы с агрегатами 20—3 мм содержат от 3,74 до 5,05 мг нитратного азота, а системы с агрегатами <3мм—7,2—7,70 мг.

Исключение составила система с агрегатами 0,5—0,25 мм, где наилучшее развитие корневой системы обеспечило наибольшее поступление нитратного азота в надземную часть растений, о чем свидетельствует значительное преобладание в накоплении сухой массы надземной части хлопчатника.

В начальный период развития хлопчатника системы с агрегатами <1 мм содержали меньше доступного фосфора по сравнению с систе-



Влияние величины структурных агрегатов на развитие главного корня и боковых корней первого порядка у хлопчатника  
 Варианты с агрегатами, мм: а — 20—10; б — 3—1; с — 0,5—0,25

мами 20—1 мм, что связано с лучшим его потреблением более развитой корневой системой. В фазу начала цветения, когда развитие корневой системы по сравнению с надземной частью растения замедляется, эта закономерность выражена в меньшей степени. Факторы сложения корнеобитаемой зоны почвы в значительной степени определяют вынос с поливной водой питательных веществ в нижние горизонты как самой почвы, так и внесенных с удобрением (табл. 6).

Из приведенных данных видно, что системы с самыми крупными агрегатами 20—10 мм, нерасчлененной почвы и особенно с агрегатами < 0,25 мм в меньшей степени противостоят вымыву нитратного азота, чем системы с агрегатами 5—0,25 мм, что также является положительным элементом питательного баланса систем с агрегатами 1—0,25 мм. Вынос питательных элементов растением также был неодинаков. В фазу 4—6 настоящих листочков содержание общего азота в растении уменьшилось в среднем для систем с агрегатами 20—3, 3—0,25 и < 0,25 мм с 1,57 до 1,37 и 1,28%, а фосфора с 0,82 до 0,643 и 0,50%.

Такая же закономерность отмечена и в фазу начала цветения, когда вынос азота листьями уменьшался для тех же систем агрегатов с 2,46 до 2,37 и 2,13% с максимумом у систем 0,5—0,25 мм — 3,27%, а фосфора с 0,61 до 0,58%. Однако общий вынос азота и фосфора хлопчатником возрастает от крупных к мелким агрегатам с максимумом в системе 0,5—0,25 мм вследствие большего накопления сухой массы.

Таким образом, системы с агрегатами 1—0,25 мм и особенно 0,5—0,25 мм в соответствии с особенностями строения их порового пространства обеспечивают оптимальные показатели водного, воздушного, микробиологического и питательного режимов и создают благоприятные условия для развития корневых систем, обеспечивающих увеличение урожая хлопка-сырца по сравнению с системами 20—1 мм на 30—40%.

По характеру порозности условия, подобные системам с агрегатами 1—0,25 мм, складываются и в системе с агрегатами 2—1 мм, где объем оптимальной для развития хлопчатника порозности (600—60 мк) оста-



Таблица 4

Некоторые показатели водного, воздушного и микробиологического режимов орошаемого типичного серозема при различном сложении

Характеристика систем сложения	Показатели водного режима		Показатели воздушного режима		Показатели микробиологического режима, тыс. шт. в 1 г почвы (данные А. Л. Торопкиной)						
	влажность почвы в сосудах в течение вегетации, % к весу	скорость передвижения почвенной влаги, г·час/см <sup>2</sup>	воздухосодержание, % от объема	соотношение воды и воздуха в почве при заданной влажности	общее число микрофлоры			маслянокислые (общее число)	азотобактер	энергия нитрификации (N-NO <sub>3</sub> в мг/100 г почвы)	
					бактерии	грибы	актиномицеты			N-почвы	N-NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub>
Агрегаты, мм:											
20—10	18,3	0,0267	43,3	1:2,30	1900	25	85	100	0,1	0,77	23,4
10—5	19,3	0,0438	38,6	1:1,84							
5—3	19,3	0,0611	38,4	1:1,81	4900	25	100	100	1	0,28	25,6
3—1	23,8	0,0652	34,3	1:1,51							
1—0,5	29,3	0,0446	22,3	1:0,65	2900	65	250	1000	100	0,61	26,4
0,5—0,25	36,1	0,0742	18,6	1:0,46							
<0,25	29,2	0,2090	20,3	1:0,58	2400	75	240	100	1	0,28	Нет
Почва, г/см <sup>3</sup> :											
1,39	21,2	0,0588	19,1	1:0,65	1800	50	155	100	0,1	0,28	25,6

Таблица 5

Питательный режим почвы и накопление надземной массы хлопчатником при различном сложении орошаемого типичного серозема

Характеристика систем сложения	Исходное содержание в почве		Фаза 4—6 настоящих листочков			Фаза начала цветения			Конец вегетации (созревание)	
	валовых, %		содержание в почве подвижных, мг/100 г почвы		накопление сухой массы, г/растение	содержание в почве подвижных, мг/100 г почвы		накопление сухой массы, г/растение	накопление сухой массы за вегетационный период, г/сосуд	урожай * хлопка-сырца, г/растение
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
Агрегаты, мм:										
20—10	0,113	0,265	4,29	10,26	0,74	3,74	8,49	21,70	128,4	51,8
10—5	0,137	0,232	4,67	9,23	0,82	4,22	9,10	26,94	149,0	55,5
5—3	0,121	0,281	4,60	10,43	0,75	5,05	11,40	20,90	127,8	55,4
3—1	0,115	0,231	4,48	8,14	0,55	7,44	12,70	25,00	134,7	53,3
1—0,5	0,117	0,225	7,96	6,31	0,73	7,20	10,66	27,60	166,7	66,7
0,5—0,25	0,109	0,250	6,97	7,40	0,73	0,46	9,84	33,80	222,4	86,6
<0,25	0,115	0,275	6,87	8,97	0,68	7,70	9,89	28,40	189,3	79,9
Почва, г/см <sup>3</sup> :										
1,39	0,120	0,246	6,56	5,73	0,62	8,95	5,82	24,68	153,5	60,0

\*  $\sigma \pm 7,15$  г;  $m \pm 3,57$  г;  $md = \pm 5,05$  г.

ся еще высоким — 12,6—10,4% у тяжело- и легкосуглинистой разности. Система с агрегатами 3—2 мм имеет этих пор уже в 5 раз меньше (4,0—3,1%), что обуславливает явно неблагоприятные условия для развития корневой системы хлопчатника.

В системе агрегатов <0,25 мм объем пор, оптимальных для развития корневой системы хлопчатника, уменьшается в 2,5—4 раза (до 8,1—5,7%), что затрудняет проникновение корней. Одновременно ухудшаются отдельные показатели водного, воздушного, микробиологического и

Таблица 6

Вынос N-NO<sub>3</sub> с поливной водой при различном сложении пахотных горизонтов

Характеристика систем сложения	Количество N-NO <sub>3</sub> в почве перед поливом, мг			Количество N-NO <sub>3</sub> оставшегося в почве после полива	
	в исходной почве	внесено * с удобрениями на поверхность	всего в почве до полива	мг	%
Агрегаты, мм:					
20—10	9,46	36	45,46	1,99	4,4
5—3	17,63	36	53,63	4,49	8,3
1—0,5	17,24	36	53,24	6,17	11,6
0,5—0,25	15,41	36	51,41	4,18	8,1
<0,25	16,47	36	52,47	0	0
Почва, г/см <sup>3</sup> :					
1,39	11,89	36	47,89	1,02	2,1

\* Внесено из расчета годовой нормы — 150 кг/га.

питательного режимов. Увеличение внешней поверхности агрегатов в 2—5 раз в системе агрегатов <0,25 мм не является положительным фактором из-за резко сниженной аэрации. Об этом свидетельствует уменьшение нитрификационной способности и урожая хлопчатника.

Значительное увеличение пор размером 60—7,5 мк, удерживающих доступную для растений влагу, нивелируется снижением скорости ее передвижения, и при отсутствии достаточного пространства для развития корневой системы все это нарушает физиологические процессы в корневой системе и в результате приводит к уменьшению урожая хлопка-сырца.

Системы агрегатов размером 20—3 мм характеризуются большим объемом крупных пор, в которые свободно может проникать корневая система. Однако здесь складываются самые неблагоприятные условия для развития корневых систем хлопчатника.

Главный корень имеет извилистую форму и незначительную мощность, наименьшее число боковых корней первого порядка (23 шт.) расположено в нижней половине главного корня. Закладка первых боковых корней отмечена с глубины 10—15 см, а крупный боковой корень залегает на глубине 20 см от поверхности почвы. В верхней части (10—15 см) данной системы сложения корни хлопчатника совсем не развиваются. Обусловлено это наименьшим объемом оптимальных пор размером 600—60 мк, их 2,3%, наименьшей межагрегатной поверхностью — 9,8 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>, в которых корни не могут развиваться.

В работе К. М. Сытник и др. [12] приводятся данные исследований А. Олрога (1962), в результате которых было показано, что интенсивность роста корней наиболее значительна в узком капилляре и минимальна в широких трубках, причем существенное расширение капилляра ведет не только к приостановке роста корневого окончания, но даже к его отмиранию. Наши данные по развитию корневой системы хлопчатника на крупных агрегатах являются практическим подтверждением приведенных результатов исследований. Развитие корневой систе-

мы на естественной смеси агрегатов как бы суммирует в себе особенности развития корневых систем отдельных агрегатов.

Установленная взаимосвязь между развитием корневой системы хлопчатника, особенностями структуры и сложения пахотного горизонта, почвенными режимами и урожаем его надземной части указывает на то, что, подбирая разную степень крошения почвообрабатывающих орудий, мы можем устанавливать оптимальные параметры названных процессов.

При анализе изменений в характере порозности орошаемых типичных сероземов под влиянием различных видов основной обработки в ранневесенний период (табл. 7) можно заметить, что для всех видов

Таблица 7

*Распределение пор по размерам в орошаемом типичном сероземе при различных видах основной обработки*

Способы основной обработки почвы	Глубина, см	Диаметр (мк) выходных отверстий пор и их объем (%) перед ранневесенними обработками				
		общая порозность	>600	600—10	10—0,2	<0,2
Дискование на 10—12 см	0—10	55,5	9,5	20,0	13,5	12,5
	10—20	43,3	0,6	9,5	17,3	15,9
	20—30	41,5	0,7	6,5	17,9	16,4
Вспашка на 30 см	0—10	58,2	13,4	20,3	12,8	11,7
	10—20	50,4	4,2	17,0	15,2	13,8
	20—30	46,7	1,1	14,4	16,3	14,9
Двухъярусная вспашка на 30 см	0—10	54,0	7,8	19,3	14,0	12,9
	10—20	49,2	3,3	16,1	15,5	14,2
	20—30	47,1	1,4	14,5	16,4	14,8
Двухъярусная вспашка на 40 см	0—10	55,2	9,4	20,0	13,4	12,4
	10—20	48,2	2,6	15,2	15,8	14,6
	20—30	48,8	3,1	15,8	15,6	14,3
Вспашка на 50 см	0—10	59,3	15,0	20,4	12,5	11,4
	10—20	50,0	4,0	16,7	15,3	14,0
	20—30	47,8	2,3	14,9	15,9	14,7
Двухъярусная вспашка на 30 см + гряды	0—10	55,2	9,2	19,8	13,6	12,6
	10—20	51,8	5,4	18,2	14,7	13,5
	20—30	48,5	2,8	15,6	15,7	14,4
Ротационная обработка (РП-200) на 30 см + гряды	0—10	56,3	10,7	20,0	13,3	12,3
	10—20	54,0	7,7	19,1	14,0	12,9
	20—30	50,4	4,2	17,1	15,2	13,9

вспашки, представленных в опыте, характерно преобладание мелких пор диаметром  $<10$  мк, которые составляют около  $30\% \pm 5\%$ . С глубиной объем их возрастает на  $3—6\%$ .

Объем пор размером  $600—10$  мк, в которых может развиваться и осуществлять свои функции корневая система хлопчатника, составляет всего  $14,4—17,0\%$  в слое  $10—30$  см и возрастает до  $20\%$  от общего объема почвы лишь в верхнем ( $0—10$  см) слое почвы. В необработанных слоях почвы объем их уменьшается до  $9,5—6,5\%$ .

Следует отметить, что не все поры размером  $600—10$  мк одинаково доступны для развития корневых систем хлопчатника. Как было показано выше, часть этих пор размером  $60—10$  мк доступна лишь корневым волоскам и составляет в типичных сероземах (табл. 1) больше  $50\%$  от объема пор размером  $600—10$  мк. С уплотнением объем пор  $60—10$  мк возрастает до  $60\%$  и более.

Следовательно, при существующих способах обработки объем пор, оптимальных для развития корневой системы хлопчатника, составляет  $7—10\%$ . Возможно, этим объясняется тот факт, что корневая система

хлопчатника использует весьма небольшой объем почвы — до 27 см<sup>3</sup>, на 1 см длины. Содержание пор >600 мк весьма мало и составляет в слое 10—30 см 1,1—7,7% и только в верхнем (0—10 см) слое достигает 7,8—15,0%; в слоях почвы, не затронутых обработкой, объем их сокращается до десятых долей процента.

Улучшение степени крошения пахотного горизонта при двухъярусной вспашке и особенно при ротационной обработке и грядовом способе посева способствует увеличению объема пор размером 600—10 мк на 1,2—3,9%, а размером >600 мк — на 1,2—4,4%. После полива и междурядных обработок почва уплотняется, при этом происходит уменьшение объема крупных пор, однако указанные различия между вариантами сохраняются. В результате на 2 последних вариантах урожай хлопка-сырца был на 7,8 и 8,6 ц/га больше, чем на обычной вспашке.

Таким образом, проведение основной обработки с высоким качеством крошения (от «хорошего» к «очень хорошему» по П. У. Бахтину), создающим однородное рыхлое сложение пахотного слоя, и поддержание его в течение вегетации способствуют созданию в почве благоприятных условий для развития корневой системы и повышения урожая хлопка-сырца.

### Выводы

1. Орошаемые типичные сероземы характеризуются небольшим (0,3—8,6%) объемом пор размером 600—60 мк, соизмеримых с диаметром растущей части корней хлопчатника. С уплотнением объем их резко сокращается, а с изменением структурного состава (величины агрегатов) от макроагрегатных систем сложения к микроагрегатным возрастает с 0,1—2,3% до 15,1—21,1%. В системе агрегатов <0,25 мм объем их вновь снижается до 8,1—8,7%.

Такие колебания в величине и характере пор орошаемых типичных сероземов определяют формирование различных типов корневых систем хлопчатника путем изменения жизненного пространства для их развития, внутренней аэрируемой поверхности и основных показателей водного, воздушного, микробиологического и питательного режимов, что в итоге обуславливает значительные различия в росте, развитии и урожае хлопчатника.

2. Распределение корневой системы хлопчатника в пространстве, развитие и урожай его надземной части показывают, что наиболее благоприятные условия создаются в системе с объемом пор 600—60 мк — 21,1%, а >60 мк — 11,2% при общем объеме пор 61,2%. Крупнокомковатая структура препятствует оптимальному ветвлению корневых систем хлопчатника.

3. Под влиянием основной обработки и особенно тех ее способов, которые увеличивают степень крошения до уровня «хорошей», объем пор, доступных проникновению корневой системы хлопчатника, увеличивается. Одновременно происходит значительное увеличение внешней аэрируемой поверхности почвы (агрегатной поверхности). Все это способствует повышению доступности влаги и питательных веществ, повышает микробиологическую активность и приводит к увеличению урожая хлопка-сырца.

### Литература

1. Белоусов М. А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника. «ФАН», УзССР, 1975.
2. Блэк К. А. Растение и почва. «Колос», 1973.
3. Еременко В. Е. Режим орошения и техника полива хлопчатника. Изд. АН УзССР, 1957.
4. Квасников В. В. Структура почвы как фактор урожайности культурных растений. Научн.-агроном. ж., № 7—8, 1928.
5. Мельникова М. К. Основы агрофизики, ч. 4, М., Физматгиз, 1959.
6. Нешина А. Н. К вопросу о влиянии техники внесения удобрений на развитие корневой системы хлопчатника. Бюл. СоюзНИХИ, 1936, № 4.

7. Нематов Г. Влияние условий питания на развитие корневой системы хлопчатника и ее физиологические функции. Автореф. дис., Ташкент, 1972.
8. Поясов Н. П. Основы агрофизики, ч. 5, Физматгиз, М., 1959.
9. Рыжов С. Н. Причина образования уплотненного подпахотного слоя на поливных землях Средней Азии, Почвоведение, 1938, № 10.
10. Станков Н. З. Корневая система растений. «Знание», 1969.
11. Слесарева Л. Н., Рыжов С. Н. Сложение и структурное состояние типичного серозема и их агрономическое значение. Почвоведение, 1972, № 12.
12. Сытник В. М., Книга Н. М., Мусатенко Л. И. Физиология корня, Киев, «Наукова думка», 1972.
13. Устинович А. Ф. Бюл. СоюзНИХИ, 1935, № 2.
14. Цивинский В. И. К изучению морфологии и физиологии корневой системы хлопчатника. Ташкент, 1933.
15. Шлейхер А. И. Развитие и строение корневой системы хлопчатника. Хлопчатник, т. 3. Изд. АН УзССР, 1960.
16. Schuiman G. G. Influence of density on root development and growth of oats. Plant and Soils, v. 22, N 3, 1965.
17. Yoder R. E. The significance of soil structure in relation to the tillage problem. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 2, 1937.
18. Aubertin G. Реакция культурных растений на уплотнение почвы, Сводный реферат, Ж., Сельское хозяйство за рубежом, № 2, 1966.

Лаборатория водного режима  
почв и растений СоюзНИХИ

Дата поступления  
10.IX.1976 г.

---

S. N. RYZHOV, L. N. SLESAREVA

#### EFFECT OF THE IRRIGATED SEROZEM STRUCTURES ON THE DEVELOPMENT OF THE COTTON ROOT SYSTEM

It has been shown that the structure and the make-up of a typical fine-loamy serozem regulate its porosity within the range of 600—60  $\mu$  and morl. This determines large differences in the character of root system development as well as the growth and yields of the aerial mass of cotton.

---