

**ФИЗИКА ПОЧВ**

УДК 631.4 : 631.6

Ю. К. МОГИЛЕВЕЦ, А. ХАЛЛЫЕВ

**ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ В МЕЖДУРЯДЬЯХ  
НА УРОЖАЙ ХЛОПЧАТНИКА**

При многократном воздействии ходовых органов тракторов в почве накапливается остаточная уплотняющая деформация, которая влияет на урожай хлопчатника. Обработка результатов методом математической статистики показала наличие тесной корреляционной зависимости между урожайностью и плотностью стояния при разных степенях уплотнений почвы. Получены уравнения эмпирических линий регрессии, характеризующие зависимость урожайности от плотности стояния растений для различных величин уплотнения почвы в междурядьях.

В последние годы как в СССР, так и за рубежом широко изучается влияние уплотнения почвы ходовыми системами машиннотракторных агрегатов на урожай сельскохозяйственных культур. Важность такого изучения объясняется тем, что сельскохозяйственное производство насыщается мощными скоростными тракторами, всеми видами сельскохозяйственных машин, в нем происходит совершенствование технологии возделывания полевых культур, сводящееся, как правило, к увеличению кратности проходов агрегатов по полю в период подготовки почвы, посева и ухода за растениями.

По данным многочисленных исследований [1—6] показано, что в результате разрушения почвенной структуры снижается ее влагоемкость, ухудшаются агробиологические характеристики и прорастание семян на колеях, угнетаются всходы. В зависимости от типа ходового аппарата и давления на почву урожайность различных культур на колеях на 10—50% ниже, чем на контроле. Изучение опубликованных по данному вопросу работ показало, что более полно исследовано влияние уплотнения почвы на урожай зерновых культур. Имеются отдельные работы, проведенные со свеклой и картофелем. Влияние уплотнения почвы на культуру исследовано меньше. Нами на Туркменской МИС в 1974—1975 гг. проведено изучение влияния уплотнения почвы движителями пропашных тракторов на урожай хлопчатника. Работа выполнена на полях опытного хозяйства «Теджен» Туркменской МИС (Тедженский р-н Туркменской ССР). Климатические условия хозяйства позволяют возделывать наиболее ценные сорта тонковолокнистого хлопчатника. Территория опытного хозяйства находится в области субаральной дельты р. Теджен, которая представляет собой равнину с редкими мелкобугристыми и бугристыми песками эолового происхождения. В почвенном покрове преобладают такыровидные целинные, а также бывшего орошения и такыровидные целинные, местами опесчаненные почвы. Часть почв засолена,

верхняя толща почв представлена суглинистыми отложениями. Почвы участков, где проводили опыты, освоены в 1965—1970 гг. По механическому составу почвы относятся к среднесуглинистым.

Опыты проводили в четырех производственных бригадах. В каждой бригаде хлопчатник возделывали по одной из схем:  $4 \times 60$ ,  $4 \times 90$  и  $6 \times 90$  см — 4—6-рядными системами машин с междурядьями 90 см. Схемы расстановки колес тракторов в междурядьях при посеве и всех

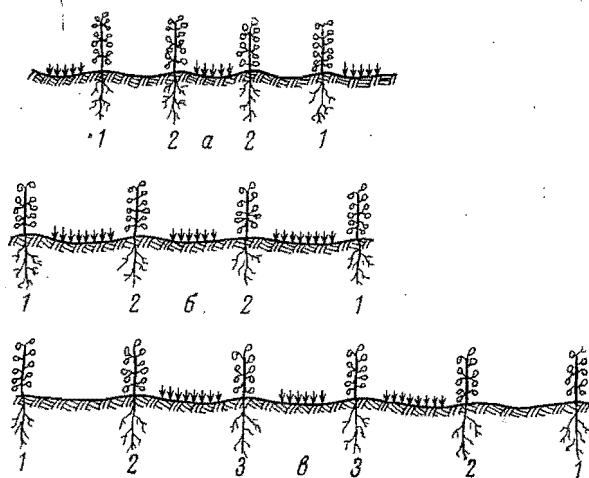


Рис. 1. Схема расстановки колес тракторов при выполнении сельскохозяйственных операций в хлопководстве  
а — схема  $4 \times 60$  см, б — схема  $4 \times 90$  см, в — схема  $6 \times 90$  см

последующих операциях по уходу за растениями и уборке урожая показаны на рис. 1. При возделывании хлопчатника 4-рядной системой машин с междурядьями 60 см (рис. 1, а) колеса трактора проходят через междурядье. На корневую систему каждого растения воздействует уплотнение почвы только с одной стороны или от переднего колеса (рис. 1, 2) трактора Т-28×4 размером 240—406 мм однократного или от заднего (рис. 1, 1) размером 240—1067 мм, 2-кратного. Защитная зона во всех междурядьях одинакова и равна 180 мм. В случае 4-рядного комплекса с междурядьями 90 см колеса трактора МТЗ-50Х проходят по трем соседним междурядьям, а четвертое пропускается\*. При этом на корневую систему двух средних рядков из четырех (рис. 1, б, 2) воздействуют уплотнения с двух сторон от переднего колеса размером 310—406 мм и от заднего размером 420—726 мм, а на остальные два рядка (рис. 1, б, 1) только от заднего колеса с одной стороны\*\*. Энергетической базой 6-рядной системы для междурядий 90 см служит трактор МТЗ-80Х, ходовой аппарат которого не отличается от ходового аппарата МТЗ-50Х. Схема воздействия уплотнения на корневую систему растений аналогична предыдущему случаю, за исключением того, что на корневую систему растений двух рядков (рис. 1, в, 1) из шести уплотнение не воздействует.

Технология возделывания хлопчатника от посева до уборки включает 4—7 комплексных обработок, рыхление почвы в междурядьях, нарезку поливных борозд и полив. Иногда между поливами проводят 2-кратное рыхление почвы. По схеме  $4 \times 60$  см возделывался тонковолок-

\* По каждому междурядью при выполнении одной операции колесо проходит один раз.

\*\* Защитная зона от переднего колеса 295 мм, от заднего — 240 мм.

нистый хлопчатник сортов 9301-И и 9647-И, по схемам  $4 \times 90$  и  $6 \times 90$  см — средневолокнистый сорт 133. За период от посева до уборки кратность проходов переднего колеса трактора Т-28Х4 на посевах хлопчатника 9301-И и 9647-И составила 11, задних колес — 22. На посевах сорта 133 кратность проходов всех колес равна 11. В результате многократного прохождения ходовых колес тракторов в междурядьях накапливается остаточная уплотняющая деформация почвы, которая влияет на водный режим и условия питания корневой системы хлопчатника.

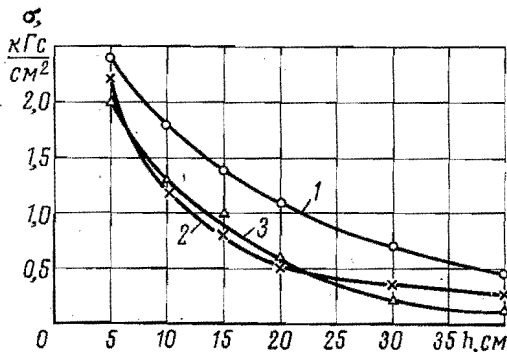


Рис. 2. Распределение вертикальных сжимающих напряжений в почве по глубине под ведущими колесами тракторов 1 — шина 240—1067 мм, 2 — шина 340—965 мм, 3 — шина 420—762 мм

При посеве измеряли давление в почве, создаваемое двигателями пропашных тракторов на глубинах до 40 см. Средняя влажность и твердость почвы по слоям в опытах были следующие:

Слой, см	0—5	5—10	10—15
Влажность, %	13,61—19,56	15,30—21,83	17,44—22,24
Твердость, кгс/см <sup>2</sup>	1,0—3,0	3,0—5,0	3,0—6,0

Влажность почвы определяли весовым методом, а твердость почвы измеряли интегрирующим плотномером конструкции ВИСХОМ. Регистрировали давление с помощью полупроводниковых тензометрических датчиков давлений, разработанных и изготовленных в Ленинградском агро-

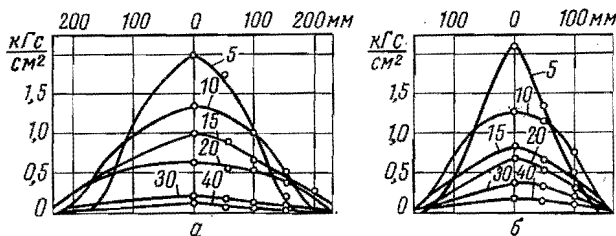


Рис. 3. Распределение вертикальных сжимающих напряжений в почве под колесами трактора МТЗ-50Х в поперечной плоскости симметрии а — шина 420—762 мм, б — шина 310—406 мм

физическом научно-исследовательском институте. На рис. 2 показан график распространения вертикальных сжимающих напряжений в почве по глубине под ведущими колесами тракторов. Характер кривых изменения давления по глубине всех колес примерно одинаков. Шина 240—1067 мм создает большее давление по всей глубине при одинаковой вертикальной нагрузке по сравнению с шинами 320—965 мм. Под колесом 420—762 мм давление распределено более равномерно по сравнению с давлением под другими колесами. Если сравнить распределение давлений в почве, создаваемое колесами 420—762 и 320—965 мм, то до глу-

бины 25 см оно примерно одинаково, но глубже шина 320—965 мм создает большее давление.

Распределение давлений в почве под колесами 420—762 и 310—406 мм трактора МТЗ-50Х в поперечной плоскости показано на рис. 3. Эпюры распределения давлений под колесами в поперечной плоскости на различной глубине (5, 10, 15, 20, 30 и 40 см) получены в результате многократного числа повторений методом постепенного наезда. При этом после каждого прохода измеряли расстояние от оси колеса до оси расположения датчиков давлений. Общим для обоих колес является то, что с увеличением глубины уменьшается давление в почве по всей ширине колеса. Рассматривая распределение давлений в почве, по ширине колеса можно заметить, что с увеличением глубины происходит перераспределение давлений по всей ширине колеса. Как видно из графиков, вертикальные напряжения в почве, создаваемые колесами тракторов, велики, в верхних слоях они равны 2,0—2,4 кгс/см<sup>2</sup> и распространяются на значительную глубину. На глубине 30—40 см ощущается давление 0,7—0,2 кгс/см<sup>2</sup>. Весь пахотный слой находится под действием напряжений 0,3—1,7 кгс/см<sup>2</sup>, что вызывает сильное уплотнение почвы. В период от посева до уборки обеспечивался контроль за выполнением всех операций в соответствии с принятой в зоне технологией возделывания хлопчатника (нормы высева семян, внесение удобрений, поливы, глубина обработки определенным набором рабочих органов и т. д.). Урожайность определяли на отдельных делянках длиной 5 м и шириной, равной двум проходам сеялки. Каждое поле разбивали на участки указанного размера, каждому из которых после выбраковки присваивали номер\*. По таблице случайных чисел проводили выборку участков, с каждого рядка которых за день до первого машинного сбора собирали хлопок из раскрытых коробочек. Эту же операцию повторяли перед вторым машинным сбором, а затем после мороза убирали остатки урожая. Для каждой делянки суммировали урожайность и пересчитывали ее в ц/га. Такие определения проводили 10—12 раз в 3-кратной повторности. Ряд значений урожайности в зависимости от уплотнения почвы и густоты стояния подвергали машинной обработке на ЭВМ «Наири-2», причем определяли средние значения рядов урожайности и густоты стояния, их дисперсии, распределение признаков по соответствующим статистическим критериям, в частности корреляционным моментом между урожайностью и густотой стояния для каждого уплотнения почвы, а также вычисляли коэффициенты эмпирических линий регрессии (табл. 1).

Существенность корреляционных моментов проверяли по критерию Стьюдента, и для всех случаев она оказалась достоверной при 0,1%-ном уровне значимости. Для всех схем посева средние значения урожайности оказались максимальными при минимальных значениях уплотнения почвы, но степень связи между густотой стояния и урожайностью уменьшается с уменьшением давления на почву.

Влияние густоты стояния ( $X$ ) на урожай хлопчатника ( $Y$ ) при разном уплотнении почвы приведено на рис. 4 и может быть описано следующими уравнениями:

а) для схемы 4×60 см

а<sub>1</sub>) тонковолокнистый сорт 9301-И

1) при уплотнении почвы колесами 240—1067 мм, равном 0,8 кгс/см<sup>2</sup>

$$Y = 14,365 + 0,057X$$

2) при уплотнении почвы колесами 240—406 мм, равном 1,1 кгс/см<sup>2</sup>

$$Y = 6,585 + 0,087X$$

а<sub>2</sub>) тонковолокнистый сорт 9647-И

\* Выбраковку участков проводили по недостаточной густоте стояния растений или их угнетенному состоянию.

Таблица 1

Влияние уплотнения почвы и кратности проходов колес в междурядьях на урожайность хлопчатника

Схема опыта и сорт хлопчатника	Среднее удельное давление на почву, кг/см <sup>2</sup>	Кратность проходов	Средняя густота стояния растений, тыс. раст./га	Средний урожай по деланкам, ц/га	Коэффициент корреляции между густотой стояния растений и урожайностью
1. 4×60 см, 9301-И	0,8	22	100	24,85	0,608
	1,1	11	100	22,64	0,768
2. 4×60 см, 9647-И	0,8	22	100	37,08	0,629
	1,1	11	100	34,46	0,810
3. 4×90 см, 133	0,6	11	78	27,38	0,751
	0,6;1,01	11	78	26,92	0,718
4. 6×90 см, 133	0	—	91	26,03	0,441
	0,6	11	91	24,39	0,586
	0,6—1,01	11	91	22,70	0,625

1) при уплотнении почвы колесами 240—1067 мм, равном 0,8 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 24,289 + 0,104X$

2) при уплотнении почвы колесами 240—406 мм, равном 1,1 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 12,582 + 0,177X$

б) для схемы 4×90 см средневолокнистый сорт 133

1) при уплотнении почвы колесами 420—762 мм с одной стороны, равном 0,6 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 13,699 + 0,176X$

2) при уплотнении почвы колесами 420—762 и 310—406 мм с двух сторон, равном 0,6 и 1,01 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 12,057 + 0,191X$

в) для схемы 6×90 см средневолокнистый сорт 133

1) без уплотнений почвы  
 $Y = 18,969 + 0,06X$

2) при уплотнении почвы колесами 420—762 мм с одной стороны, равном 0,6 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 17,250 + 0,063X$

3) при уплотнении почвы колесами 420—762 и 310—406 мм с двух сторон, равном соответственно 0,6 и 1,01 кгс/см<sup>2</sup>  
 $Y = 13,283 + 0,078X$

При уплотнении почвы в междурядьях с большим удельным давлением урожайность хлопка уменьшается, что закономерно для всех проверенных сортов и схем. Это хорошо видно по коэффициенту эмпирической линии регрессии ( $a_1$  и  $a_2$ ), так как защитная зона растений от колес в этой схеме меньше, а создаваемое давление больше других. По схеме (рис. 3, б) разница урожайности по деланкам (1) и (2) небольшая, это объясняется тем, что защитная зона от переднего колеса значительно больше по сравнению с задним колесом, в связи с чем и уплотнение почвы от переднего колеса влияет незначительно. При 6-рядной системе машин эмпирическую линию регрессии (в) деланок (1) можно принять за контроль, поскольку на корневую систему этих растений не воздействует давление от ходовых колес трактора. Если сравнить деланки (2)

Таблица 2

## Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта

Дисперсия	Схема 4×60 см, сорт 9301-И					Схема 4×60 см, сорт 9647-И				
	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F 05	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F 05
Общая	742,4	33	—	—	—	2038,2	27	—	—	—
Повторений	316,3	5	63,2	4,15	2,56	1438,2	5	287,6	10,54	2,66
Уплотнения А	109,9	1	109,9	7,22	4,20	195,3	1	195,3	7,16	4,30
Густота стояния В	196,5	2	98,2	6,45	3,34	1087,0	2	543,5	19,92	3,44
Взаимодействие АВ	98,0	2	49,0	0,32	3,34	155,8	2	77,9	2,85	3,44
Ошибка	426,1	28	15,2	—	—	600,0	22	27,2	—	—

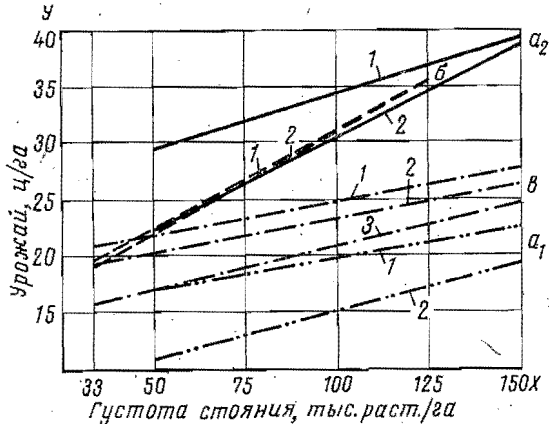
Дисперсия	Схема 4×90 см, сорт 133					Схема 6×90 см, сорт 133				
	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F 05	сумма квадратов	степени свободы	средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F 05
Общая	1326,6	23	—	—	—	676,6	43	—	—	—
Повторений	1073,1	5	214,6	15,24	2,77	390,5	8	48,81	5,96	2,23
Уплотнения А	79,5	1	79,5	5,64	4,41	187,6	2	93,8	11,47	3,27
Густота стояния В	987,3	2	493,65	35,06	3,55	163,7	2	81,85	10,01	3,27
Взаимодействие АВ	6,31	2	3,15	0,22	3,55	39,2	4	9,8	1,19	2,65
Ошибка	253,4	18	14,08	—	—	286,2	35	8,17	—	—

и (3) с контролем, то можно заметить значительное снижение урожайности.

Дополнительно проводили двухфакторный дисперсионный анализ с целью выяснения достоверности влияния уплотнения почвы движителями пропашных тракторов на урожай хлопчатника, а также характер за-

Рис. 4. Вид эмпирической линии регрессии между урожайностью и густотой стояния хлопчатника при разных степенях уплотнений в междурядьях

а<sub>1</sub> сорт 9301-И, а<sub>2</sub> сорт 9647-И  
Обознач. см. рис. 1



висимости урожайности от густоты стояния растений для различного уплотнения почвы в междурядьях (табл. 2). Исходя из этого можно прийти к выводу, что влияние уплотнения почвы в междурядьях и густоты стояния на урожай хлопчатника существенно, а взаимодействие этих факторов не существенно.

### Выводы

1. Вертикальные сжимающие напряжения в почве, создаваемые движителями тракторов, очень велики в верхних слоях и распространяются на значительную глубину, что вызывает сильное уплотнение почвы.

2. В результате многократного прохождения колес от посева до уборки в междурядьях накапливается остаточная уплотняющая деформация почвы, которая влияет в конечном итоге на урожай хлопчатника. Во всех вариантах опытов уплотнение почвы в междурядьях с большим удельным давлением приводит к снижению урожайности.

3. Между урожайностью и густотой стояния растений, с одной стороны, и уплотнением почвы, с другой, установлена тесная корреляционная зависимость, существенная при 0,1%-ном уровне значимости. Связь урожайности и густоты стояния с уплотнением почвы для каждого сорта хлопчатника выражается эмпирическим уравнением регрессии, которое справедливо при значениях густоты стояния от 50 до 150 тыс. растений на 1 га.

4. Влияние уплотнения почвы в междурядьях и густоты стояния на урожайность хлопчатника существенно при 0,5%-ном уровне значимости, а взаимодействие этих факторов незначительно.

#### Литература

1. Володарский Н. И. Проблема обработки почвы в Швеции. Земледелие, 1964, № 4.
2. Вражнов А. В. Деформация почвы мощными тракторами. Земледелие, 1965, № 12.
3. Кононов А. М., Гарбар В. А. К вопросу об уплотнении почвы ходовой системой тракторов при посеве. В сб.: Повышение эффективности использования сельхозмашин. Минск, 1966.
4. Королев А. В. Изменение сложения пахотного слоя почвы под действием колес трактора. Зап. ЛСХИ, т. 117, вып. 2, 1967.
5. Кузнецова Е. П., Халлыев А., Чудновский А. Ф. Исследование влияния движителей трактора Т-28Х4 на распределение давления в пахотном слое почвы при посеве хлопчатника. Бюл. НТИ АФИ, 1976, № 25.
6. Маршак А. Л. и др. Влияние внутреннего давления колес трактора на урожай пшеницы. Тр. Вологодского молочного ин-та, вып. 48, 1963.

Туркменский СХИ  
МСХ СССР

Дата поступления  
1.IV.1976 г.

YU. K. MOGILEVETZ, A. KHALLYEV

#### EFFECT OF SOIL COMPACTION IN INTER-ROW SPACINGS ON COTTON YIELDS

The repeated action of travelling organs of tractors calls forth the accumulation of residual compacting deformation in the soil affecting cotton yields. Processing the results of measuring the compacting deformation by means of mathematical statistics revealed the existence of a close correlation between cotton yields and the closeness of cotton plant stand with different degrees of soil compaction. Equations of empirical lines of regression characterizing the relationship between the yields and the closeness of stand for different compaction of soil in inter-row spacings have been obtained.