

## ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

© 2001 г. В.А. Королев

*Воронежский государственный университет*

Изучалось изменение основных структурных уровней организации черноземов типичных при длительном применении удобрений в севообороте и под монокультурой в условиях стационарного полевого опыта. Показан различный характер изменений структурной организации почв на уровне ЭПЧ и агрегатном под влиянием антропогенных факторов.

### ВВЕДЕНИЕ

Почва, как природное тело, имеет собственную иерархию уровней структурной организации. Поэтому для познания свойств и функций почвы в целом и управления ими недостаточно изучения какого-либо одного уровня, а необходимо исследование взаимодействия всех уровней организации почвы [1].

В связи с концепцией иерархии уровней структурной организации почвы возникает вопрос о связи с ней широко распространенного понятия структуры почвы лишь как совокупности агрегатов различной величины, формы и прочности, характерной для соответствующего типа почвы. В сущности, это упрощенное понимание организации вещества почвы на горизонтальном уровне. Почва, как и любой объект, характеризуется несколькими уровнями структурной организации. Любой объект не только внутренне структурно организован, но и выступает в качестве элемента некоторой более крупной внешней структуры. Сущность объекта определяется не только его внутренней структурой, но и его местом во внешней структуре [1].

В почвоведении долгое время главенствующее положение имело внешнеструктурное объяснение, чему способствовала установленная многими исследованиями зависимость важнейших агрономических и технологических свойств почвы от формы и размера агрегатов. В таком направлении изучалась структура черноземов ЦЧО и на кафедре почвоведения Воронежского госуниверситета [2]. В ряде работ, выполненных в последние годы, это направление продолжало развиваться и в них убедительно показано, что длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит к ухудшению их структуры и, как следствие, к заметному снижению плодородия [3-8].

В то же время следует иметь в виду, что размер и форма структурных отдельностей во многом обуслов-

лены составом и соотношением в них элементарных почвенных частиц, т.е. внутренней структурой. Следовательно, чтобы иметь полное представление о структуре почвы, необходимо распространенное в почвоведении внешнеструктурное объяснение дополнить внутреннеструктурным. При таком подходе появляется возможность объяснения макроявлений и макропроцессов посредством раскрытия их микроструктуры, т.е. явления одного уровня структурной организации объясняются с помощью положений о структуре на более глубоком уровне. В качестве основных структурных составляющих в почве прежде всего выделяются гранулометрический, минералогический и агрегатный составы [1].

Такое направление в изучении структурного состояния черноземов до настоящего времени не получило должного развития. В связи с чем целью данной работы было сопряженное изучение гранулометрического, микроагрегатного и структурно-агрегатного составов чернозема типичного при длительном применении различных доз органических и минеральных удобрений в севообороте и под монокультурой.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в длительном стационарном полевым опыте по изучению влияния ежегодного внесения удобрений на продуктивность кукурузы, возделываемой в севообороте и бессменно, на Воронежской опытной станции ВНИИ кукурузы (Хохольский район Воронежской области). В натуре опыт представлен тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Севооборот в опыте десятипольный, в котором 50% зерновых, 20% технических и 30% кормовых культур.

Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный среднemosный тяжелосуглинистый на лессовидном карбонатном суглинке. Были выбраны

следующие варианты стационарного опыта: 1 – контроль (без удобрений), 2 – навоз, 14 т/га, 3 – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Удобрения вносились ежегодно в виде аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата, калийной соли и навоза. В опыте высевались районированные сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, которые выращивались согласно агротехническим требованиям, принятым в зоне.

Почвенные образцы отбирались в трехкратной повторности десятисантиметровыми слоями через каждые 10 см до глубины 150 см. Отдельно отбирались образцы в течение двух вегетационных периодов для структурно-агрегатного анализа в пятикратной повторности с глубин 0-20 и 40-50 см. В отобранных почвенных образцах проводились определения гранулометрического состава методом пилетки с обработкой почвы пиррофосфатом натрия, микроагрегатного состава методом Н.А.Качинского, общей удельной поверхности методом Кутилека и структурно-агрегатного состава методом Н.И.Саввинова [9]. Фактор структурности, фактор потенциальной агрегированности и гранулометрический показатель структурности рассчитывались по общепринятым формулам [1, 9]. Баланс или-

стой фракции и коэффициент оглинивания рассчитывали по формулам [10], видоизмененными нами:

$$Б = \frac{ИЛ_{п/п} - ИЛ_{п/п}}{ИЛ_{п/п}} \cdot 100, \quad К = \frac{ИЛ_{п/п} : ГЛ_{п/п}}{ИЛ_{п/п} : ГЛ_{п/п}}$$

где ИЛ<sub>п/п</sub> и ИЛ<sub>пл/п</sub> – содержание частиц <0.001 мм в пахотном и подпахотном горизонтах, %; ГЛ<sub>п/п</sub> и ГЛ<sub>пл/п</sub> – содержание частиц < 0.01 мм в пахотном и подпахотном горизонтах, %.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучаемые черноземы характеризуются относительно невысоким содержанием гумуса (5.48-6.36%) и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Содержание физической глины в пределах первого полуметра почвы во всех вариантах опыта колеблется в очень узких пределах, достигая 55-57%. Преобладающими фракциями являются илистая и крупнопылеватая. Обращает на себя внимание довольно высокое содержание фракции крупного и среднего песка (9-14%). Общая удельная поверхность почвы также изменяется в небольших пределах: от 130-132 м<sup>2</sup>/г на контроле до 136-138 м<sup>2</sup>/г на варианте с внесением навоза (табл. 1).

Табл. 1.

Гранулометрический (над чертой) и микроагрегатный (под чертой) составы типичных черноземов

Номер разреза, варианты опыта	Глубина, см	Содержание фракций (%), размер (мм)						Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001		<0.01
Кукуруза (монокультура)									
1-90 контроль	0-10	<u>13</u> 23	<u>4</u> 11	<u>28</u> 47	<u>12</u> 8	<u>10</u> 9	<u>33</u> 2	<u>55</u> 19	131,5
	40-50	<u>14</u> 23	<u>3</u> 9	<u>28</u> 48	<u>12</u> 9	<u>8</u> 8	<u>35</u> 3	<u>55</u> 20	
2-90 навоз 14 т/га	0-10	<u>12</u> 18	<u>3</u> 20	<u>30</u> 42	<u>7</u> 9	<u>14</u> 9	<u>34</u> 2	<u>55</u> 20	135,8
	40-50	<u>10</u> 16	<u>3</u> 19	<u>30</u> 45	<u>12</u> 10	<u>11</u> 7	<u>34</u> 3	<u>57</u> 20	
3-90 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0-10	<u>12</u> 19	<u>5</u> 18	<u>26</u> 43	<u>11</u> 10	<u>14</u> 8	<u>32</u> 2	<u>57</u> 20	133,9
	40-50	<u>11</u> 16	<u>6</u> 20	<u>26</u> 42	<u>10</u> 9	<u>12</u> 10	<u>35</u> 3	<u>57</u> 22	
Сахарная свекла (севооборот)									
4-90 контроль	0-10	<u>11</u> 21	<u>2</u> 12	<u>31</u> 49	<u>9</u> 8	<u>15</u> 8	<u>32</u> 2	<u>56</u> 18	130,3
	40-50	<u>9</u> 18	<u>4</u> 11	<u>32</u> 51	<u>7</u> 10	<u>15</u> 7	<u>33</u> 3	<u>55</u> 20	
5-90 навоз 14 т/га	0-10	<u>12</u> 23	<u>3</u> 15	<u>30</u> 46	<u>11</u> 8	<u>13</u> 7	<u>31</u> 1	<u>55</u> 16	137,8
	40-50	<u>11</u> 22	<u>4</u> 17	<u>29</u> 43	<u>10</u> 8	<u>17</u> 8	<u>29</u> 2	<u>56</u> 18	
6-90 N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0-10	<u>11</u> 21	<u>3</u> 16	<u>30</u> 42	<u>9</u> 8	<u>15</u> 10	<u>32</u> 3	<u>56</u> 21	131,7
	40-50	<u>12</u> 19	<u>4</u> 20	<u>28</u> 40	<u>11</u> 9	<u>15</u> 8	<u>30</u> 4	<u>56</u> 21	

Показатели потенциальной способности черноземов типичных к агрегированию, %

Номер разреза, варианты опыта	Глубина, см	Фактор структурности	Фактор потенциальной агрегированности	Гранулометрический показатель структурности	Баланс илистой фракции	Коэффициент оглинивания
Кукуруза (монокультура)						
1-90	0-10	94	49	108	- 5,7	0,94
контроль	40-50	91	54	108	100	1,00
2-90	0-10	95	52	130	0	1,04
навоз 14 т/га	40-50	92	52	107	100	1,00
3-90	0-10	93	47	124	- 8,6	0,91
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	91	54	131	100	1,00
Сахарная свекла (севооборот)						
4-90	0-10	94	47	118	- 3,0	0,95
контроль	40-50	91	49	123	100	1,00
5-90	0-10	96	45	107	+6,9	1,09
навоз 14 т/га	40-50	92	41	118	100	1,00
6-90	0-10	92	47	121	+6,7	1,07
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	87	43	115	100	1,00

Микроагрегатный состав, характеризующий качественный уровень организации твердой фазы почв, в значительной степени предопределяет характер макроструктуры и другие важные физические свойства черноземов. Типичные черноземы на всех вариантах опыта, включая и контроль, имеют высокую микроагрегированность. В составе почвенной массы преобладает фракция размером 0.05-0.01 мм, количество которой достигает 40-51%. Далее следуют фракции крупного и среднего песка (16-23%) и мелкопесчаная (9-20%). Содержание "микроагрегированного" ила на всех вариантах опыта очень низкое и составляет 1.3-2.7% в пахотных горизонтах и 2.3-3.8% в слое 40-50 см. Вследствие этого фактор структурности, как правило, не опускается ниже 90%, а максимальных значений (до 96%) достигает в пахотных горизонтах. Применение органических и минеральных удобрений не оказывает заметного влияния на гранулометрический и микроагрегатный составы черноземов. Имеет место лишь слабо выраженная тенденция положительного воздействия удобрений на основные показатели потенциальной способности почв к агрегированию. Отметим также и то, что все эти показатели находятся на достаточно высоком уровне в изучаемых черноземах даже при длительном бессменном выращивании кукурузы без применения удобрений (контрольный вариант). А это свидетельствует о весьма значительной физичес-

кой устойчивости матрицы черноземов типичных при их сельскохозяйственном использовании (табл. 2).

Одним из существенных факторов плодородия почв является их структура. Данные структурного анализа свидетельствуют о значительном содержании агрономически ценных агрегатов, количество которых в пахотных горизонтах всех вариантов опыта изменяется от 64 до 79%. Среди них большая часть приходится на долю самой ценной в агрономическом отношении комковато-зернистой фракции размером от 5 до 1 мм (25-49%). Агрономически неценные структурные отделности представлены в основном глыбистой фракцией (18-32%) и очень небольшим количеством микроагрегатов (2-4%). Коэффициент структурности варьирует от 1.8 до 3.8. Наиболее оптимальные показатели структурного состава почв в течение двухлетнего периода наблюдений отмечаются на вариантах опыта с систематическим внесением удобрений, прежде всего органических. Заметного влияния зерно-пропашного севооборота на структурный состав черноземов не выявлено (табл. 3).

В подпахотных горизонтах черноземов типичных на всех вариантах опыта структурный состав в целом более благоприятный по сравнению с пахотными горизонтами и не испытывает заметных изменений от вносимых удобрений.

Данные агрегатного состава пахотных горизонтов черноземов исследуемых вариантов опыта показывают

ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ ...

Табл. 3.

Структурно-агрегатный состав черноземов типичных

Номер разреза, варианты опыта	Глубина образца, см	Содержание фракций, %; размер, мм					Коэффициент структурности	Критерий водопрочности агрегатов, %
		>10	10-5	5-1	1-0,25	<0,25		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукуруза (монокультура)								
1-90	0-20	31	25	37	5	2	2,0	54
		-	-	24	29	47		
контроль	40-50	17	23	48	8	4	3,8	70
		-	-	32	35	33		
2-90	0-20	20	24	49	5	2	3,5	68
		-	-	38	29	33		
навоз 14 т/га	40-50	16	21	52	8	3	4,3	76
		-	-	42	32	26		
3-90	0-20	24	20	40	12	4	2,6	57
		-	-	25	30	45		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	17	23	51	6	3	4,0	72
		-	-	36	34	30		
Сахарная свекла (севооборот)								
4-90	0-20	30	27	28	11	4	1,9	56
		-	-	22	32	46		
контроль	40-50	18	29	37	14	2	4,0	72
		-	-	38	33	29		
5-90	0-20	20	26	44	7	3	3,3	66
		-	-	34	30	36		
навоз 14 т/га	40-50	17	23	49	10	1	4,6	78
		-	-	46	31	23		
6-90	0-20	26	25	32	14	3	2,4	60
		-	-	26	32	42		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	15	24	45	12	4	4,3	74
		-	-	35	36	29		
Кукуруза (монокультура)								
1-91	0-20	32	22	28	14	4	1,8	56
		-	-	20	34	46		
контроль	40-50	19	25	42	11	3	3,5	68
		-	-	31	35	34		
2-91	0-20	18	23	47	9	3	3,8	64
		-	-	32	30	38		
навоз 14 т/га	40-50	15	22	50	10	3	4,6	73
		-	-	43	28	29		
3-91	0-20	26	24	30	16	4	2,3	58
		-	-	24	32	44		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	16	23	44	14	3	4,3	70
		-	-	38	30	32		
Кукуруза (севооборот)								
4-91	0-20	29	28	25	15	3	2,1	60
		-	-	22	36	42		
контроль	40-50	16	30	38	12	4	4,0	74
		-	-	32	39	29		
5-91	0-20	18	28	40	10	4	3,5	70
		-	-	36	31	33		
навоз 14 т/га	40-50	15	21	48	14	2	4,9	77
		-	-	40	35	25		
6-91	0-20	25	26	27	18	4	2,4	61
		-	-	21	38	41		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40-50	17	30	33	16	4	3,8	75
		-	-	34	38	28		

Примечание: числитель – общее количество агрегатов, знаменатель – количество водопрочных агрегатов



о существенном перераспределении основных групп фракций. Так, резко возрастает содержание микроагрегатов (до 33-47%) и фракции размером 1-0.25 мм (до 29-38%), а доля агрономически ценных водопрочных агрегатов уменьшается до 53-67%, среди которых фракция 3-1 мм составляет 20-38%. По этой причине критерий водопрочности агрегатов относительно невысок и варьирует в пределах 54-70%. Подпахотные горизонты черноземов отличаются более высоким критерием водопрочности агрегатов (68-78%) вследствие возрастания агрономически ценных фракций, особенно зернистой (3-1 мм). Основные показатели агрегатного состава почв на исследуемых вариантах опыта свидетельствуют о том, что лишь только систематическое применение органических удобрений способствует заметному улучшению водопрочности структуры пахотных горизонтов типичных черноземов (табл. 3).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов типичных обуславливает различный характер изменений основных структурных уровней их организации. Применение органических и минеральных удобрений не оказывает заметного влияния на гранулометрический и микроагрегатный составы изучаемых почв, что свидетельствует о весьма значительной физической устойчивости их матрицы. Более существенные изменения черноземов типичных под влиянием антропогенных факторов происходят на агрегатном уровне организации почвы. Длительное внесение удобрений, прежде всего органических, способствует улучшению основных показателей структурно-

агрегатного состава черноземов. Изменений структурной организации почв на уровне ЭПЧ и агрегатном за счет севооборотного фактора не выявлено.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин А.Д.* Основы физики почв. М. Изд-во МГУ. 1986. 244 с.
2. *Королев В.А.* // Черноземы-2000: состояние и проблемы рационального использования. Воронеж. Изд-во ВГАУ. 2000. С. 233-239.
3. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО (Под ред. акад. РАСХН А.П.Щербакова и к.б.н. И.И.Васенева). Курск. 1996. 326 с.
4. *Адерихин П.Г., Королев В.А.* // Генезис, свойства и мелиорация почв Среднерусского Черноземья. Воронеж. Изд-во ВГУ. 1987. С. 21-29.
5. *Ахтырцев Б.П., Лепилин И.А.* // Научн. докл. высш. шк. Биол. науки. 1987. № 1. С. 89-97.
6. *Санжарова С.И., Бганцов В.Н., Скворцова Е.Б.* // Микроморфология антропогенно измененных почв. М. 1988. С. 64-74.
7. *Санжарова С.И., Санжаров А.И., Шульга П.С.* // Агроэкологические принципы земледелия. М. Колос. 1993. С. 225-237.
8. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М. Наука. 1999. 214 с.
9. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М. Агропромиздат. 1986. 416 с.
10. *Вальков В.Ф., Крыщенко В.С.* // Почвоведение. 1973. № 7. С. 5-12.