

Г. К. ШЕЛЕВОЙ, В. Ф. КЛЮЕВА,  
М. В. ЯКИМЕНКО

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ В ЗЕРНОСОЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ

Важнейшим фактором увеличения продуктивности сои является повышение плодородия почв. В Приамурье преобладает маломощный гумусовый горизонт с тяжелым механическим составом, кислой реакцией среды, низкой обеспеченностью доступными формами элементов питания [1].

Один из эффективных приемов оптимизации почвенных условий в зерносоевых севооборотах — увеличение мощности пахотного слоя, обогащение его органическим веществом и элементами питания, снижение кислотности. В настоящее время лугово-бурные и лугово-черноземовидные мощные и средне-мощные почвы обрабатываются на глубину 20–22 см. Однако более 600 тыс. га лугово-черноземовидных маломощных, луговых, луговых глеевых и бурных лесных глеевых почв имеют пахотный слой около 18 см и даже меньше. Поэтому дальнейшее их окультуривание, углубление обрабатываемого слоя до 20–22 см актуально так же, как и увеличение его мощности на плодородных и окультуренных почвах Амурской области (лугово-черноземовидных) до 25–30 см.

В 1977 г. в звене севооборота соя — пшеница — соя исследовали наиболее распространенные в Приамурье типы почв: лугово-черноземовидную среднемощную на опытном поле ВНИИ сои и бурую лесную глеевую в колхозе "Зейский гигант" Мазановского района.

Внесение минеральных, органических удобрений и известки (табл. I) сочеталось с обычной вспашкой: для лугово-чер-

Таблица I

Влияние удобрений на урожайность сои и пшеницы  
при углублении пахотного слоя с 20-22 до 30-32 см  
на лугово-черноземовидной почве, п/га

Внесено удобрений		Урожайность		Прибавка	
в I-й год под сою	на 2-й год под пшеницу	20-22	30-32	20-22	30-32
Соя (1977-1979)					
Без удобрений	Без удобрений	19,7	20,6	-	-
$P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	20,7	20,4	1,0	-0,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + 30 т/га навоза	$N_{60}P_{30}$	20,7	22,4	1,0	1,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	21,8	21,1	2,1	0,5
$N_{60}P_{210}K_{60}$ + 30 т/га навоза	$N_{60}P_{30}$	22,3	21,9	2,6	1,3
$N_{60}P_{210}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	22,1	21,0	2,4	0,4
	$HCP_{05}$ , п/га			1,4	1,1
Пшеница (1978-1979)					
Без удобрений	Без удобрений	24,7	24,4	-	-
$P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	27,6	26,6	2,9	2,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + 30 т/га навоза	$N_{60}P_{30}$	29,0	27,9	4,3	3,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	27,4	28,4	2,7	4,0
$N_{60}P_{210}K_{60}$ + 30 т/га навоза	$N_{60}P_{30}$	28,0	29,0	3,3	4,6
$N_{60}P_{210}K_{60}$	$N_{60}P_{30}$	27,4	27,7	2,7	3,3
	$HCP_{05}$ , п/га			2,2	3,0

ноземовидной почвы на глубину 20-22 см и для бурой лесной глеевой на 16-18; с глубокой вспашкой на 30-32 см и 24-26 соответственно. Основную обработку проводили с оборотом пласта. Площадь делянки в южной зоне составляла 95 м<sup>2</sup>, в северной - 50, повторность опытов 3-кратная.

Отбор почвенных образцов в полевых опытах проводили в течение вегетации по фазам развития сои и непосредствен-

но после уборки урожая тростевым буром из 18-20 точек по диагонали делянки двух несмежных повторностей. Почвы этих же типов использовали для вегетационных опытов по изучению влияния пахотного и подпахотного слоев и их смеси, а также удобрений на продуктивность сои. Растения выращивали в сосудах Вагнера, повторность 3-кратная, поливали из расчета 70% влажности от полной влагоемкости.

Лугово-черноземовидные среднесиловые почвы опытного поля по механическому составу относятся к легким глинам. Припахиваемый слой верхней части иллювиального горизонта характеризуется отрицательными свойствами: утяжелен механический состав — содержание илстых частиц увеличивается с 30 в  $A_n$  до 40% в  $B_1$ ; гумусированность снижается с 4,04% до 1,63% (табл. 2); значительно уменьшается подвижность фосфора, его содержание в  $A_n$  составляет 3,7 мг/100 г почвы, а в  $B_1$  на глубине 20-30 см — лишь 1,4.

Припахиваемый слой на лугово-черноземовидных почвах не является более кислым как по актуальной, так и по потенциальной кислотностям. За счет увеличения илстых частиц сумма поглощенных оснований в нем выше и составляет 26,4 мг-экв/100 г почвы, в то время как в  $A_n$  — 22,0.

Бурные лесные глеевые почвы по механическому составу также относятся к глинам. Припахиваемый слой их обладает более резкими отрицательными свойствами, чем на лугово-черноземовидных: содержание илстых частиц возрастает с 24 в пахотном слое до 34% в иллювиальном; гумуса на глубине 20 см — 1,06%, при незначительном его содержании и в  $A_n$  — 2,90%; припахиваемый слой имеет большую актуальную и обменную кислотности (см. табл. 2); обменная титрованная кислотность на глубине 20 см резко возрастает с 0,15 до 0,65 мг-экв/100 г почвы и обусловлена преимущественно ионами алюминия [2]; содержание подвижного фосфора в подпахотном слое уменьшается с 1,5-2,0 в  $A_n$  до 0,5-0,6 мг в  $B_{1q}$ , калия — с 16,0 до 13,8 мг/100 г почвы.

В вегетационном опыте с лугово-черноземовидной почвой добавление подпахотного слоя к пахотному вызвало снижение содержания гумуса по Тюрину и подвижного фосфора по Кирсанову. Изменения актуальной, обменной и гидролитической кислотности были незначительными. О сходности физико-химических свойств горизонтов  $A_n$  и  $B_1$  можно косвенно судить

Таблица 2  
Агрохимические свойства почвы в различных слоях

Показатель	A <sub>n</sub>	B <sub>I</sub>	A <sub>n</sub> :B <sub>I</sub> (8:2)	A <sub>n</sub> :B <sub>I</sub> (6:4)
Лугово-черноземовидная почва				
pH водной суспензии	<u>6.1</u> 6,4	<u>6.2</u> 6,5	<u>6.2</u> 6,4	<u>6.2</u> 6,4
pH солевой суспензии	<u>5.1</u> 5,2	<u>4.7</u> 5,1	<u>5.0</u> 5,3	<u>5.0</u> 5,2
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	<u>4.14</u> 4,05	<u>3.82</u> 3,33	<u>4.23</u> 3,79	<u>4.23</u> 3,71
Гумус, %	<u>4.04</u> 3,83	<u>1.63</u> 1,73	<u>3.35</u> 3,40	<u>3.10</u> 3,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову, мг/100 г почвы	<u>3.7</u> 1,7	<u>1.4</u> 1,1	<u>3.3</u> 1,6	<u>2.8</u> 1,5
Бурая лесная глеевая почва				
pH водной суспензии	<u>5.8</u> 6,0	<u>5.5</u> 5,9	<u>5.8</u> 6,0	<u>5.7</u> 5,9
pH солевой суспензии	<u>4.5</u> 4,9	<u>3.9</u> 4,2	<u>4.4</u> 4,7	<u>4.4</u> 4,5
Обменная кислотность, мг-экв/100 г почвы	<u>0.15</u> 0,55	<u>0.65</u> 0,96	<u>0.16</u> 0,46	<u>0.15</u> 0,66
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	<u>4.92</u> 4,61	<u>5.14</u> 5,03	<u>5.03</u> 4,82	<u>4.92</u> 4,92
Гумус, %	<u>2.90</u> 2,76	<u>1.06</u> 0,99	<u>2.75</u> 2,47	<u>2.39</u> 2,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову, мг/100 г почвы	<u>1.4</u> 1,6	<u>1.4</u> 0,6	<u>1.4</u> 1,0	<u>1.3</u> 0,9

Примечание. Числитель - до вегетации, знаменатель - после вегетации.

не только по показателям кислотности, но и по близости фактических величин содержания гумуса и подвижного фосфора к расчетным, с учетом степени участия каждого горизонта в смеси почвы. К концу вегетации кислотность почвы и содержание подвижного фосфора значительно уменьшились во всех вариантах.

Таблица 3

Влияние на урожайность сои степени участия  
в питании растений пахотного и подпахотного горизонтов  
лугово-черноземовидной почвы

Вариант	1978		1979	
	Урожай- ность, г/сосуд	Прибав- ка, %	Урожай- ность, г/сосуд	Прибав- ка, %
A <sub>п</sub>	11,3	-	19,6	-
B <sub>I</sub>	2,6	-77	11,4	-42
A <sub>п</sub> + B <sub>I</sub> (8:2)	13,3	18	14,9	-24
A <sub>п</sub> + B <sub>I</sub> (6:4)	12,7	12	14,9	-24
A <sub>п</sub> + B <sub>I</sub> (6:4) + //PK	26,5	134	-	-
НСР <sub>05</sub>	4,7	41	4,6	30

Урожайность сои в сосудах с почвой подпахотного слоя ниже на 42-77%, чем в сосудах с почвой A<sub>п</sub> (табл.3). Разница урожайности на смеси двух горизонтов незначительна. Однако добавление полного минерального удобрения повышало сбор на 134% по сравнению с вариантом, где соя выращивалась на почве гумусового горизонта.

Добавление иллювиально-глеевого горизонта к гумусовому на бурых лесных глеевых почвах существенно не повлияло на величину всех видов кислотности. Однако к концу вегетации, после тесного взаимодействия слоев обоих горизонтов, увеличилась по отношению к контролю гидролитическая и обменная кислотности. Так, если pH солевой суспензии в A<sub>п</sub> составляла 4,9, то в варианте с соотношением слоев A<sub>п</sub> и B<sub>Ig</sub> 8:2 - 4,7, с весовым соотношением 6:4 - 4,5.

Значительно уменьшилось в сосудах содержание подвижного фосфора как по отношению к контролю, так и к расчетной величине. При соотношении слоев 8:2 его содержание должно было составить 1,4 мг/100 г почвы, однако составило лишь 1,0, а при соотношении 6:4 - соответственно 1,2 и 0,9 мг. Количество гумуса, наоборот, на 0,20-0,25% превышало здесь расчетные величины. Это объясняется, очевидно, влиянием закисных соединений глеевого горизонта при определении гумуса. Окисление таких соединений, а также взаимо-

Таблица 4

Влияние на урожайность сои степени участия в питании растений пахотного и подпахотного слоев бурой лесной глеевой почвы

Вариант .	1978		1980	
	Урожай- ность, г/сосуд	Прибав- ка, %	Урожай- ность, г/сосуд	Прибав- ка, %
A <sub>n</sub> (контроль)	12,5	-	4,0	-
B <sub>1</sub> g	5,0	-60	0,7	-82
A <sub>n</sub> + B <sub>1</sub> g (8:2)	12,1	-3	3,6	-10
A <sub>n</sub> + B <sub>1</sub> g (6:4)	10,3	-18	3,0	-25
A <sub>n</sub> + B <sub>1</sub> g (6:4) + NPK	24,3	94	8,9	122
A <sub>n</sub> + B <sub>1</sub> g (6:4) + NPK + известь + навоз	36,0	188	14,5	262
HCP <sub>05</sub>	2,7	22	1,9	48

П р и м е ч а н и е. Опыт 1980 г. проводили зимой в теплице.

действие с подвижными полуторными окислами приводит к закреплению доступного растениям фосфора.

Урожайность в варианте с использованием иллювиального горизонта бурой лесной глеевой почвы на 60-82% ниже, чем при выращивании сои на почве горизонта A<sub>n</sub> (табл.4). В сосудах со смесью двух слоев урожайность несколько снижается, но при добавлении полного минерального удобрения возрастает вдвое, а при внесении извести и навоза - втрое по отношению к контролю. В полевых опытах при вовлечении иллювиального горизонта в пахотный слой почва перемешивается меньше, чем в вегетационных. Однако основные изменения агрохимических свойств при этом происходят так же, как и в сосудах.

Изучение кислотности в полевых опытах показало, что изменения ее при углублении пахотного слоя лугово-черноземовидных почв не происходит. Она стабилизируется на одном уровне, независимо от глубины обработки и дозы применяемых удобрений. Содержание подвижного фосфора здесь в первый год действия было наибольшим в вариантах с органи-

ческими удобрениями и повышенными дозами суперфосфата. Так, в фазу цветения сои (вторая декада июля) в среднем за три года содержание подвижного фосфора по Кирсанову составило по вариантам: контроль - 2,4;  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  + 30 т навоза - 4,2;  $\text{N}_{60}\text{P}_{210}\text{K}_{60}$  + 30 т навоза - 6,0;  $\text{N}_{60}\text{P}_{210}\text{K}_{60}$  - 4,5 мг/100 г почвы. Изменения его содержания в зависимости от глубины обработки незначительны и не превышают варьирования этого признака по площади. На третий год действия удобрений закономерность сохраняется и содержание фосфора в середине июля в этих же опытах составило соответственно 2,5; 3,2; 4,2 и 5,4 мг/100 г почвы.

Содержание подвижного калия не зависит от доз минеральных удобрений и глубины вспашки. Однако внесение органических удобрений повышало его количество, особенно в первый и второй год их действия.

Увеличение мощности пахотного слоя в среднем на глубину 10 см на лугово-черноземовидных почвах не снижало урожайность сои и в последствии пшеницы как в контрольном, неудобренном варианте, так и на фоне различных удобрений (см. табл. I). Существенные прибавки урожая сои (в среднем за три года) получены в первый год действия при обычной вспашке в вариантах с полной дозой минеральных удобрений. Увеличения урожая от навоза по отношению к фоновым вариантам при обычной вспашке не происходило. При глубокой запашке навоз дает существенные прибавки к контролю, а также по отношению к фоновому варианту ( $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ ) при небольшой дозе фосфора ( $\text{P}_{60}$ ) в составе удобрений. В последствии наибольший урожай пшеницы получен при внесении навоза. Однако существенной прибавки по отношению к фоновому варианту не получено.

На третий год под сою в вариантах с применением удобрений внесли суперфосфат в дозе  $\text{P}_{60}$ . Высокое содержание подвижного фосфора сохранилось в вариантах с фосфорными удобрениями в дозе  $\text{P}_{210}$ . Однако существенных прибавок не получено ни от углубления пахотного слоя, ни от последствии удобрений.

На бурых лесных глеевых почвах в полевых опытах, как и в вегетационных, в первый год вовлечение в пахотный слой верхней части иллювиально-глеевого горизонта вызвало увеличение обменной кислотности на 0,2-0,3 единицы рН. Гидро-

Таблица 5

Влияние удобрений и извести на агрохимические свойства бурой лесной глеевой почвы при углублении пахотного слоя

Вариант	рН		ГК, мг. экв/ 100 г почвы	Гумус, %	На 100 г поч- вы, мг	
	вод- ной	соле- вой			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I-й год действия						
Контроль (без	<u>5,6</u>	<u>4,4</u>	<u>8,72</u>	<u>4,49</u>	<u>1,7</u>	<u>24,0</u>
удобрений)	5,6	4,2	9,52	4,19	1,3	23,3
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> +	<u>5,8</u>	<u>4,6</u>	<u>7,85</u>	<u>4,57</u>	<u>2,4</u>	<u>24,5</u>
6 т/га извести	5,6	4,3	8,43	4,19	1,5	24,5
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> +	<u>5,8</u>	<u>4,6</u>	<u>7,58</u>	<u>4,56</u>	<u>2,7</u>	<u>29,2</u>
6 т/га извести +	<u>5,7</u>	<u>4,4</u>	<u>8,12</u>	<u>4,48</u>	<u>1,3</u>	<u>27,1</u>
25 т/га навоза						
3-й год действия						
N <sub>90</sub> P <sub>120</sub>	<u>6,0</u>	<u>4,5</u>	<u>6,77</u>	<u>3,49</u>	<u>0,9</u>	<u>18,4</u>
	5,9	4,5	6,56	3,16	1,4	18,4
N <sub>150</sub> P <sub>210</sub> K <sub>60</sub> +	<u>6,2</u>	<u>4,7</u>	<u>5,71</u>	<u>3,46</u>	<u>1,4</u>	<u>19,4</u>
6 т извести	6,2	4,9	5,28	3,27	1,7	18,0
N <sub>150</sub> P <sub>210</sub> K <sub>60</sub> +	<u>6,2</u>	<u>4,8</u>	<u>5,52</u>	<u>3,80</u>	<u>1,5</u>	<u>21,1</u>
6 т извести +	<u>6,5</u>	<u>5,5</u>	<u>3,82</u>	<u>3,23</u>	<u>2,1</u>	<u>23,7</u>
25 т навоза						

П р и м е ч а н и е. Числитель - при глубине вспашки 16-18 см, знаменатель - 22-24 см.

литическая кислотность (ГК) также возросла на 0,6-0,8 мг. экв/100 г почвы, уменьшилось содержание гумуса и подвижного фосфора (табл.5). Внесение извести 6 т/га понизило обменную кислотность на 0,2 единицы рН, а гидролитическую - примерно на 1 мг. экв/100 г почвы. Содержание подвижного фосфора увеличилось с 1,7 на контроле до 2,4 при внесении минеральных удобрений и извести и до 2,7 мг/100 г почвы при добавлении к ним навоза. Увеличение кислотности и уменьшение доступности фосфора не вызвало снижения урожая сои в первый год при глубокой вспашке (табл.6).

Таблица 6

Влияние удобрений и извести на урожайность сои и пшеницы при углублении пахотного слоя на бурой лесной глеевой почве, ц/га

Вариант	Уро- жай- ность	Прибав- ка	Уро- жай- ность	Прибав- ка	Прибав- ка от углуб- ления
	16-18 см		24-26 см		
I-й год действия на сою (1977-1979)					
Без удобрений	6,0	-	7,5	-	1,5
$N_{30}P_{90}K_{60}$ (фон)	8,8	2,8	11,2	3,7	2,4
Фон + известь 6 т/га	9,8	3,8	11,5	4,0	1,7
Фон + известь 6 т/га + навоз 25 т/га	10,6	4,6	12,8	5,3	2,2
Фон + известь 6 т + солома 2 т/га	11,1	5,1	11,1	3,6	-
НСР <sub>05</sub> , ц/га		2,8		2,8	
2-й год действия на пшеницу (1978-1979)					
$N_{60}P_{30}$	24,9	-	24,0	-	-0,9
"	27,5	2,6	26,7	2,7	-0,8
"	29,7	4,8	30,4	6,4	0,7
"	34,0	9,1	34,9	10,9	0,9
"	28,0	3,1	27,7	3,7	-0,3
НСР <sub>05</sub> , ц/га		1,1		0,7	
3-й год действия на сою (1979)					
$N_{30}P_{90}$	5,2	-	8,7	-	3,5
"	6,6	1,4	9,4	0,7	2,8
"	6,5	1,3	10,5	1,8	4,0
"	7,4	2,2	13,2	4,5	5,8
"	7,5	2,3	10,0	1,3	2,5
НСР <sub>05</sub> , ц/га		2,8		2,6	

Положительное действие глубокой вспашки связано, по-видимому, с увеличением пахотного слоя и улучшением водно-воздушного режима почвы, уменьшением ее плотности, повышением водопроницаемости [3]. Прибавка урожайности от углубления во всех вариантах, кроме варианта с внесением соломы,

составила 1,5–2,4 ц/га. При запашке соломы на 16–18 см ее действие в первый год не уступало навозу. Средняя урожайность при внесении навоза 10,6 ц/га, соломы – 11,1. Эффективность глубоко запаханной соломы резко снижается из-за замедленного разложения ее в слое почвы глубже 15 см [4].

Существенных прибавок урожая сои от известкования и навоза по отношению к полному минеральному удобрению не получено. На второй год в последствии известь и навоз оказали высокий положительный эффект на пшеницу независимо от глубины вспашки. Урожайность пшеницы в среднем по двум закладкам составила в варианте с последствием одновременно внесенных минеральных, органических удобрений и извести 34,0–34,9 ц/га, что более чем на 40% выше контроля. Запашка соломы в последствии на пшеницу привела к снижению урожайности на 1,7 ц/га при обработке почвы на 16–18 см и на 2,7 ц/га при обработке на 24–26 см по отношению к фону (минеральные удобрения + известь). Это связано, по-видимому, с перемещением неразложившейся части соломы из среднего и глубокого слоя при перепашке в верхний, биологически активный. При быстром разложении соломы микроорганизмы связывают азот почвы и делают его недоступным для зерновых культур [5]. Внесение дозы  $N_{60}$  было недостаточно на бедных бурных лесных глеевых почвах для получения более высокого урожая пшеницы. Могут быть и другие причины снижения урожая пшеницы от последствия пшеничной соломы, связанные с поражением растений болезнями и вредителями.

Глубина обработки почвы существенного влияния на урожай пшеницы не оказала. Однако на третий год по глубокой пахоте урожайность сои была на 2,5–5,8 ц/га выше, чем при мелкой. К этому времени подкисляющее действие припахиваемого слоя почти не проявлялось (см. табл. 5). В опытах с применением извести обменная кислотность при вспашке на 22–24 см была даже ниже, чем при вспашке на 16–18 см, особенно на фоне навоза, а pH солевой суспензии возрастает в этом варианте с 4,5 единиц на контроле до 5,5. Значительно снижается и гидролитическая кислотность. Здесь была получена и самая высокая урожайность сои – 13,2 ц/га. Эффективность извести на фоне органических удобрений и глубокой вспашки обусловлена, по-видимому, улучшением водно-воздушного режима и микробиологической активностью почв.

Таким образом, углубление пахотного слоя лугово-черноземовидных почв до 30-32 см не приводит к изменению их агрохимических свойств. Этот агротехнический прием не привел к существенному снижению или повышению урожая сои и пшеницы. Наиболее эффективным было сочетание минеральных удобрений с органическими. Урожайность сои при этом повысилась на 2,6 ц/га, пшеницы - на 4,6.

Углубление пахотного слоя бурных лесных глеевых почв до 22-24 см в первый год приводит к повышению обменной и гидролитической кислотности, к уменьшению подвижности фосфора и снижению гумусированности вновь образованного пахотного слоя. При увеличении мощности обрабатываемого слоя бурных лесных глеевых почв необходимо вносить повышенные дозы фосфорных удобрений и известь. Эффективно при углублении пахоты применять органические удобрения в виде соломы или навоза. При этом солому нужно заделывать не глубже 15-18 см, а на следующий год под пшеницу вносить повышенные дозы азотных удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н о в а к А. Г. Основные вопросы земледелия Дальнего Востока.- Хабаровск, 1953.- 359 с.
2. К у р к а е в В. Т., Ш е л е в о й Г. К., С т е п - к и н а Р. Н. Почвы и диагностика питания растений в Приамурье.- Новосибирск, 1978.- 93 с.
3. Г а р и ф у л л и н Ф. Ш. Физические свойства почв и их изменение в процессе окультуривания.- М.: Наука, 1979.- 153 с.
4. М е р х а л е в Е. С. и др. Солома, питательный режим почвы и урожай.- Земледелие, 1977, № 6.
5. И в а н о в П. К., А н о ш и н Е. И. Использование соломы в качестве органического удобрения.- Агрохимия, 1977, № 7, с. 91-96.