

УДК 631.8:631.445.2:631.45

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

И. П. ДЕРЮГИН, Т. В. КОТЕШОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Представлены результаты исследований систематического применения различных норм удобрений, их сочетаний и соотношений на содержание водорастворимого гумуса, нитрификационную способность, степень подвижности элементов питания и другие агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (4-польный зернопропашной севооборот).

Применение средств химизации в ряде областей Нечерноземной зоны Российской Федерации в настоящее время достигло такого уровня, при котором наряду с ростом урожайности культур заметно изменяются в течение короткого периода времени и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв. В связи с этим возросла актуальность дальнейшего изучения закономерностей изменения плодородия почвы под влиянием удобрений.

Наиболее полно действие удобрений на почву можно изучить в длительных опытах при систематическом внесении органических и минеральных удобрений, ибо в краткосрочных опытах изменение свойств почвы незначительное и проявляется не так четко, как в длительных. Однако практически во всех длительных полевых опытах анализ изменения агрохимических свойств почвы по профилю не проводится. Исследуется, как правило, лишь пахотный и подпахотный горизонты. Установлено [7], что в неудобренной почве использование ячменем

фосфора из горизонта А составило 40 %, A_2B — 28 и В — 32, калия — соответственно 34,27 и 39 % к общему выносу урожаем. В связи с этим возможны значительные изменения содержания элементов питания в слое 0—100 см и более. Кроме того, при определении влияния удобрений на плодородие почвы чаще всего ограничиваются установлением ее кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия, общего гумуса и редко азота. Между тем известно, что о плодородии почвы можно также судить по содержанию водорастворимого гумуса, нитрификационной способности, степени подвижности элементов питания и другим показателям. Изучению этих вопросов и была посвящена настоящая работа.

Методика

Исследования проводили в стационарном опыте в учхозе «Июльское» Ижевское сельскохозяйственного института в 4-польном зернопропашном севообороте в течение

Т а б л и ц а 1
Количество удобрений, внесенных за ротацию 4-польного севооборота

Вариант опыта	Навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	кг д. в. на 1 га			
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	320	320	—
4	—	320	—	320
5	—	—	320	320
6	—	320	320	320
7	—	320	320	320
8	40	320	320	320
9	40	450	450	450
10	40	—	—	—
11	—	480	400	500
12	20	320	320	320
13	40	320	320	160
14	40	320	480	320
15	40	480	320	320
16	40	225	225	225

Примечание. Во всех вариантах в 1-ю и 2-ю ротации севооборота известк внесли по 1 н. гидролитической кислотности соответственно 6,6 и 3,9 т/га, а НРК — по 240 кг д. в. на 1 га в вариантах — 3—8, 12—14 и по 168 кг в варианте 16.

двух ротаций с 1979 по 1987 г. Чередование культур в севообороте следующее: горохоовсяная смесь на сено — озимая рожь на зерно — картофель — ячмень. Данные о количестве удобрений, вносимых за севооборот, представлены в табл. 1.

Почва опытного участка — дерно-

во-подзолистая легкосуглинистая слабосмытая. Перед закладкой опыта проводили анализ почв до глубины 1 м, в результате которого была установлена низкая обеспеченность кислоторастворимым фосфором и средняя подвижным калием, а также среднекислая реакция среды пахотного горизонта. В нижележащих слоях увеличивались кислотность и содержание подвижного калия, довольно значительно повышалось содержание кислоторастворимого фосфора и резко снижалось содержание гумуса (таб. 2).

Методика и условия проведения опыта даны в работах [1, 2].

Результаты

В результате известкования, проведенного перед закладкой опыта, значение рН_{сол} возросло с 4,5 до 5,4 (табл. 3). Однако оптимального значения этого показателя для выращиваемых культур не было достигнуто. Сумма поглощенных оснований увеличилась с 8,3 до 12,0 мг·экв/100 г, а гидролитическая кислотность снизилась с 3,7 до 2,1 мг·экв/100 г. При повторном известковании по окончании 1-й ротации севооборота значение рН_{сол} повысилось до 6,2 (вариант 2).

В литературе указывается на

Т а б л и ц а 2
Агрохимические показатели почвы (среднее из 2 разрезов)

Горизонт, см	рН _{сол}	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅ в 0,03 н. K ₂ SO ₄	K ₂ O в 0,02 н. CaCl ₂	N, %
		мг·экв/100 г		по Кирсанову, мг/кг		мг/л		
0—20	4,8	4,3	8,9	40	80	0,07	5,6	0,11
20—40	4,9	1,9	6,1	66	36	0,04	2,2	0,03
40—60	4,4	2,9	12,0	131	69	0,04	3,2	0,03
60—80	4,0	4,3	16,5	145	88	0,01	3,5	0,03
80—100	4,1	2,8	12,3	225	80	0,03	3,5	0,02

Примечание. Содержание общего гумуса в пахотном горизонте почвы составляло 1,75 %, водорастворимого — 54 мг С/кг, нитрификационная способность — 1,9 мг N—NO₃⁻/100 г.

уменьшение кислотности почвы под влиянием навоза [3, 5 и др.]. В наших исследованиях в 1-й ротации севооборота навоз, внесенный по фону извести, не оказывал влияния на кислотность почвы. Во 2-й ротации гидролитическая кислотность снизилась с 2,1 в контроле до 0,9 мг·экв/100 г в варианте известь+навоз, при этом сумма поглощенных оснований повысилась с 11,6 до 15,5 мг·экв/100 г, но обменная кислотность не изменилась.

Применение минеральных удобрений на известкованной почве в течение четырех лет 1-й ротации не повлияло на уровень $pH_{\text{сол}}$. Во 2-й ротации кислотность почвы снизилась с 5,0 до 4,7 при ежегодном внесении одних минеральных удобрений — вариант 80N80P80K, а гидролитическая кислотность повысилась с 2,1 до 3,3 мг·экв/100 г.

Под влиянием известкования кислотность почвы уменьшилась не только в пахотном, но и в под-

пахотном слое, что, очевидно, обусловлено прежде всего припахиванием последнего. Удобрения оказали незначительное влияние на pH в нижележащих горизонтах. Следует обратить внимание на увеличение кислотности исследуемых почв по профилю (табл. 4).

При систематическом внесении фосфорных удобрений содержание кислоторастворимого фосфора в почве возрастало, и если в 1-й ротации севооборота для повышения количества P_2O_5 в почве на 1 мг/100 потребовалось 60—140 кг фосфорных удобрений на 1 га сверх выноса его культурами, то во 2-й — 40—100 кг. Таким образом, по мере окультуривания почвы количество фосфатов, требуемых для увеличения содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г, уменьшалось (табл. 5).

При небольшом отрицательном балансе по содержанию фосфора в варианте с одним навозом (—23 кг/га P_2O_5 в 1-й ротации и

Таблица 3

Агрохимические показатели почвы пахотного горизонта по окончании 1-й и 2-й ротаций севооборота

Вариант опыта	$pH_{\text{сол}}$	S	H_r	P_2O_5	K_2O	$pH_{\text{сол}}$	S	H_r	P_2O_5	K_2O	Гумус, %
		мг·экв/100 г		мг/кг			мг·экв/100 г		мг/кг		
		<i>1-я ротация (1982—1984 гг.)</i>					<i>2-я ротация (1986—1987 гг.)</i>				
1	4,5	8,3	3,7	30	65	5,0	11,6	2,1	45	70	1,59
2	5,4	12,0	2,1	41	67	6,2	14,8	1,2	44	80	1,70
3	4,9	10,3	2,3	88	60	5,9	13,6	1,4	116	58	1,65
4	4,9	10,2	2,2	33	109	5,7	13,7	1,2	35	121	1,74
5	5,2	10,9	2,2	82	122	5,9	14,4	1,4	111	116	1,72
6	5,1	10,7	2,5	92	119	5,6	13,7	1,6	123	117	1,91
7	4,5	9,0	3,9	78	118	4,7	11,1	3,3	107	116	1,81
8	5,2	11,0	2,3	100	129	5,9	13,9	1,6	147	149	2,26
9	5,4	10,3	2,7	118	138	6,2	16,3	1,2	200	175	1,82
10	5,3	11,2	2,0	52	98	6,2	15,5	0,9	61	118	1,79
11	5,1	9,8	2,6	109	136	5,8	14,6	1,7	136	166	1,77
12	5,2	9,8	2,1	94	111	5,9	14,0	1,5	135	151	1,79
13	5,0	10,2	2,1	113	116	5,7	13,9	1,6	135	121	2,08
14	5,3	10,6	2,4	136	148	6,1	15,0	1,3	185	170	1,94
15	5,3	10,3	2,3	108	135	5,9	13,5	1,4	146	168	1,67
16	5,4	10,8	2,0	78	103	6,0	13,9	1,4	98	124	1,73
НСР ₀₅	0,36	1,6	0,7	68	27	0,3	1,5	0,4	32	44	0,36

Изменение агрохимических показателей почвы при внесении удобрений (2-я ротация, среднее за 1986—1987 гг.)

Вариант опыта	Горизонт, см	pH _{сол}	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅ в 0,03 н. K ₂ SO ₄ вытяжке	K ₂ O в 0,02 н. CaCl ₂ вытяжке	N	Общий гумус	Водорастворимый гумус, мг С/кг	Нитрификационная способность, мг N—NO ₃ ⁻ /100 г
			по Кирсанову, мг/кг							
2	0—20	6,2	44	80	0,06	3,7	0,09	1,70	49	1,2
	20—40	5,6	61	59	0,06	2,7	0,05	1,55	—	—
	40—60	4,7	69	61	0,03	3,7	0,04	0,90	—	—
	60—80	4,2	96	62	0,06	2,9	0,03	0,75	—	—
	80—100	4,2	84	53	0,07	2,6	0,02	0,55	—	—
6	0—20	5,6	123	117	0,26	6,5	0,11	1,91	50	1,5
8	0—20	5,9	147	149	0,33	10,5	0,11	2,26	56	3,7
9	0—20	6,2	200	175	0,44	11,7	0,10	1,82	55	2,4
	20—40	5,5	109	72	0,11	5,0	0,05	1,35	—	—
	40—60	4,3	64	64	0,05	4,2	0,03	0,90	—	—
	60—80	4,2	67	64	0,06	3,6	0,03	0,85	—	—
	80—100	4,2	77	52	0,05	3,2	0,02	0,60	—	—
11	0—20	5,8	136	166	0,26	12,0	0,11	1,77	54	2,2
13	0—20	5,7	135	121	0,49	9,7	0,10	2,08	58	2,1
	20—40	5,1	—	47	0,12	5,5	0,04	1,80	—	—
	40—60	4,4	61	52	0,08	3,4	0,03	1,00	—	—
	60—80	4,3	65	62	0,04	3,2	0,03	0,80	—	—
	80—100	4,2	73	65	0,06	3,7	0,03	0,62	—	—
14	0—20	6,1	185	170	0,56	8,7	0,10	1,94	62	2,2
	20—40	5,6	84	73	0,13	5,5	0,06	1,30	—	—
	40—60	4,5	60	67	0,06	3,0	0,04	0,95	—	—
	60—80	4,3	73	62	0,05	3,6	0,03	0,75	—	—
	80—100	4,2	78	61	0,04	3,8	0,02	0,65	—	—
15	0—20	5,9	146	168	0,35	11,7	0,12	1,67	57	3,0
16	0—20	6,0	98	124	0,18	6,4	0,11	1,73	54	2,2
	20—40	5,1	51	53	0,08	5,4	0,05	1,45	—	—
	40—60	4,3	70	59	0,03	4,5	0,04	0,95	—	—
	60—80	4,2	81	63	0,03	2,8	0,03	0,70	—	—
	80—100	4,2	91	67	0,03	3,8	0,02	0,55	—	—

—51 кг/га P₂O₅ во 2-й — вариант 10) содержание данного элемента в почве не уменьшилось. По-видимому, это связано с мобилизацией почвенного фосфора в результате внесения извести и навоза, а также с его использованием из подпахотного горизонта.

Содержание подвижного калия в почве увеличилось и при отрицательном его балансе, что объясняется мобилизацией почвенного калия под влиянием удобрений [5].

Обобщая полученные данные о содержании кислоторастворимого фосфора и подвижного калия в

пахотном горизонте по завершении 1-й и 2-й ротации севооборота, необходимо отметить следующее. Максимальная продуктивность севооборота в 1-й ротации была получена в вариантах 8 и 13 (40 т навоза + 240 кг NPK на 1 га при соотношении элементов питания 1:1:1 и 1:1:0,5), содержание фосфора составило соответственно 100 и 113 мг на 1 кг, калия — 129 и 116 мг. Во 2-й ротации наибольшая продуктивность севооборота отмечена при внесении 240 кг NPK на 1 га (вариант 6) и на фоне 40 т навоза 168 кг

НРК на 1 га (вариант 16), где содержание фосфора составило соответственно 98 и 123 мг на 1 кг, а калия — 124 и 117 мг. При дальнейшем увеличении насыщенности севооборота удобрениями и содержания элементов питания в почве продуктивность севооборота не повысилась. Следовательно, на основании данных опыта можно предположить, что для получения продуктивности зернопропашного севооборота 35—37 ц зерн. ед. с 1 га в условиях Удмуртии оптимальным является содержание в известкованной дерново-подзолистой легко-суглинистой почве подвижного фосфора 100—120 мг и подвижного калия 110—120 мг на 1 кг.

Особого внимания заслуживает изменение под влиянием удобрений содержания подвижных фосфатов не только в пахотном горизонте, но и в подпахотном. Содержание их в слоях 40—60, 60—80, 80—

100 см по сравнению с неудобренными делянками практически не изменялось. Однако по сравнению с исходной почвой во всех вариантах их количество в этих горизонтах значительно снизилось, что, по-видимому, связано с использованием фосфора не только пахотного, но и более глубоких горизонтов.

При внесении удобрений изменилось не только содержание кислоторастворимого фосфора в почве, но и степень его подвижности, которая была наибольшей в варианте с полуторной нормой фосфора.

Следует также отметить увеличение содержания фосфора, определяемого по методу Кирсанова, в нижележащих слоях по сравнению с таковыми в пахотном горизонте и особенно по сравнению с его уровнем в исходной почве. Однако степень подвижности фосфатов ниже

Таблица 5

Изменение содержания кислоторастворимого фосфора и подвижного калия в пахотном горизонте почвы при внесении удобрений

Вариант опыта	P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг		
	до закладки опыта	в конце 1-й ротации по сравнению с исходной почвой	в конце 2-й ротации по сравнению с 1-й	до закладки опыта	в конце 1-й ротации по сравнению с исходной почвой	в конце 2-й ротации по сравнению с 1-й
1	38	—8	15	76	—11	5
2	45	—4	3	77	—10	
3	57	31	28	78	—18	—2
4	43	—10	2	93	16	12
5	65	17	29	95	27	—6
6	65	27	31	86	33	—2
7	62	16	29	95	23	—2
8	65	35	47	104	25	20
9	74	44	82	107	31	37
10	51	1	9	88	—10	20
11	71	38	27	106	30	30
12	58	37	40	95	16	40
13	70	43	22	97	19	40
14	77	59	49	114	34	22
15	64	44	38	111	24	33
16	48	30	20	82	21	21

лежащих горизонтов была низкая (табл. 4).

Удобрения оказали значительное влияние и на содержание калия в пахотном и подпахотном горизонтах (до глубины 40 см). В нижележащих слоях содержание обменного калия по завершении двух ротаций севооборота практически не изменилось. Установлено, что даже при отрицательном балансе подвижность калия пахотного и подпахотного горизонтов в результате систематического применения органических и минеральных удобрений заметно возросла. Однако на известкованных делянках его подвижность была несколько меньше, чем на неизвесткованных (табл. 4).

В конце 2-й ротации севооборота определяли содержание общего гумуса в почве. При восьмилетнем выращивании растений без удобрений отмечена тенденция к снижению содержания гумуса по сравнению с его количеством перед закладкой опыта. Внесение удобрений способствовало либо увеличению его содержания, либо сохранению на исходном уровне. Так, при внесении 10 т навоза и 240 кг NPK на 1 га ежегодно (вариант 8) содержание общего гумуса в пахотном горизонте составило 2,26 %. Внесение 168 кг NPK и 10 т навоза на 1 га (вариант 16), а также одних минеральных удобрений по 240 кг на 1 га ежегодно (вариант 6) практически не привело к изменению количества гумуса в почве.

Различия в содержании гумуса по вариантам опыта наблюдались только в пахотном и подпахотном горизонтах. В более глубоких слоях почвы этот показатель не изменился.

При длительном выращивании сельскохозяйственных культур без удобрений даже при известковании намечалась тенденция к уменьше-

нию содержания водорастворимого (гумуса и нитрификационной способности почвы ($A_{\text{пач}}$). В результате внесения 10 т навоза на 1 га и применения умеренных норм минеральных удобрений (168 кг NPK на 1 га ежегодно) гумусное состояние почвы стабилизировалось, при этом баланс азота и калия был уравновешенный или слабodefицитный.

Основной формой азота, которую растения используют для жизнедеятельности, являются нитраты.

При балансе азота в 1-й и 2-й ротации соответственно 112 и 70 %, калия — 117 и 70, фосфора в 1-й и 2-й ротации более 150 % продуктивность зернопропашного севооборота возросла до 37 ц зерн. ед. с 1 га, содержание подвижного фосфора в почве увеличилось до 10—12 мг, калия — до 12—13 мг на 100 г. При совместном внесении полного, минерального удобрения и навоза по известкованному фону в пахотном слое заметно повысились степень подвижности фосфора и калия, нитрификационная способность почвы; сохранилось на прежнем уровне или возросло содержание общего и водорастворимого гумуса. Применение одних минеральных удобрений сопровождалось снижением содержания водорастворимого гумуса и нитрификационной способности почвы.

Количество их в почве в основном определяется нитрификационной способностью. Как отмечается в работе [2], нитрификационная способность почвы зависит от содержания в почве гумуса ($r=0,689$) и общего азота ($r=0,672$).

В наших исследованиях при совместном внесении навоза и минеральных удобрений нитрификационная способность почвы значительно возросла. Так, при ежегодном вне-

сении 10 т навоза и 240 кг NPK на 1 га нитрификационная способность почвы равнялась 3,7 мг/100 г. В этом варианте содержание общего гумуса в почве было наибольшим.

При ежегодном (в течение 8 лет) внесении одних минеральных удобрений — 240 кг NPK на 1 га — наблюдалась тенденция к снижению как нитрификационной способности почвы по сравнению с исходной, так и количества водорастворимого гумуса.

Заключение

Изучаемые минеральные и органо-минеральные системы удобрения уже за 8 лет опыта привели к значительному повышению плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерюгин И. П., Башков А. С., Колотов А. П. Продуктивность севооборота при различных системах

удобрения дерново-подзолистой почвы.— Изв. ТСХА, 1985, вып. 5, с. 80—87.— 2. Дерюгин И. П., Башков А. С., Котешова Т. В., Одицова Л. Ф. Интенсивность использования удобрений в звене севооборота занятый пар — озимая рожь на дерново-подзолистой почве.— Изв. ТСХА, 1987, № 3, с. 62—68.— 3. Кушелевский Л. Результаты исследований роли и значения навоза в интенсификации сельского хозяйства.— Органические удобрения, М., 1972, с. 44—54.— 4. Крупкин П. И. Эффективность азотных удобрений в связи с содержанием азота и другими агрохимическими показателями почв Средней Сибири.— Агрохимия, 1982, № 11, с. 3—12.— 5. Прокошев В. В. Эффективность минеральных удобрений в зависимости от применения навоза и торфа на легких почвах Предуралья.— Использование органических удобрений.— М., 1966, с. 300—309.— 6. Прокошев В. В. Агрохимия калийных удобрений (по материалам исследований на дерново-подзолистых почвах).— Автореф. докт. дис. М., 1984.— 7. Тимбаре Р. Я. Потребление растениями ячменя фосфора и калия из генетических горизонтов дерново-подзолистых почв.— Агрохимия, 1973, № 4, с. 83—89.

Статья поступила 4 октября 1991 г.

В издательстве МСХА вышла книга М. Т. Тарасенко «Зеленое черенкование садовых и лесных культур». В ней обобщены результаты полувыводных работ автора, его учеников, а также других исследователей по выращиванию посадочного материала многолетних культур на основе зеленого черенкования, анализируется опыт внедрения в производство научных разработок в данной области.

Книга может служить учебным пособием для студентов, аспирантов сельскохозяйственных и лесных вузов, учащихся техникумов. Представляет большой интерес для специалистов, работающих в области выращивания посадочного материала, и научных работников, исследующих проблемы размножения растений. Она будет полезна и для желающих пополнить свои знания о биологических и хозяйственных особенностях садовых растений из зеленых черенков.

Книгу можно приобрести в издательстве. Для этого необходимо выслать почтовый перевод на сумму 5 р. 50 к. (3 р. 50 к. цена книги + 2 руб. расходы на отправку).

Адрес издательства: Москва, 127550, Лиственничная аллея, 12а