

УДК 633.15'16+633.416]:631.862.2

УРОЖАЙ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ЖИДКОГО НАВОЗА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Х. К. АСАРОВ, В. А. ДЕМИН, Н. К. ПРОНКИН
(Кафедра агрономической и биологической химии)

В настоящее время жидкий навоз в основном используется в качестве удобрения под сельскохозяйственные культуры. Наиболее эффективно его применение в прифермских кормовых севооборотах и на пастбищах. Действие жидкого навоза на урожай отдельных культур и его качество [1—6] достаточно широко освещено в литературе, но мало данных о влиянии возрастающих доз жидкого навоза и его внесения в сочетании с минеральными удобрениями на вынос питательных веществ сельскохозяйственными культурами и агрохимические свойства почвы. Этому вопросу и посвящена настоящая работа.

Условия проведения опыта

Исследования проводили в 1976—1978 гг. совместно с кафедрой земледелия на участке мелкоделяночного опыта в совхозе «Вороново» Московской области.

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровном суглинке. Перед закладкой опыта содержание гумуса в почве (по Тюрину) составляло 2,00%; фосфора и калия (по Кирсанову) — соответственно 14,2 и 7,5 мг на 100 г; $pH_{соль}$ — 5,8; гидролитическая кислотность — 2,0; сумма поглощенных оснований — 10,4 мэкв на 100 г. Повторность опыта 3-кратная, расположение делянок рендомизированное. Площадь делянки 16 м². Принятое чередование культур: кукуруза — кормовая свекла — ячмень. Схемой опыта предусматривалось 3 фона жидкого навоза — 80, 160 и 240 т/га — в сочетании с тремя уровнями минеральных удобрений — 1 NPK; 2 NPK; 3 NPK (1 NPK соответствует N₆₀P₈₀K₆₀), всего было 16 вариантов (см. табл. 1).

В жидком навозе содержалось N — 0,28—0,35%; P₂O₅ — 0,12—0,20 и K₂O — 0,26—0,39%. Навоз на участке разбрасывали с по-

мощью цистерны емкостью 10 м³. Фосфорно-калийные удобрения вносили под зяблевую вспашку, а жидкий навоз и азотные удобрения — под перепашку. Агротехника возделывания культур — общепринятая для Московской области. Вегетационные периоды по метеорологическим условиям были различны. Так, 1976 и 1978 годы характеризовались избыточным количеством осадков и пониженными температурами, 1977 год был более благоприятным.

Урожай кукурузы и кормовой свеклы определяли методом сплошного учета, а ячменя — метрочками. Математическую обработку полученных данных проводили дисперсионным методом. В целях изучения изменений агрохимических свойств почвы ежегодно после уборки урожая отбирали почвенные образцы с каждого повторения опыта (на глубину 0—20, 20—40 см) и в них определяли гумус по Тюрину, $pH_{соль}$ и H_r — потенциметрически, P₂O₅ и K₂O — по Кирсанову; сумму поглощенных оснований — по Каппену — Гильковичу.

Урожайность кукурузы, кормовой свеклы и ячменя

По мере увеличения доз минеральных удобрений урожай зеленой массы кукурузы (гибрид Буковинский ЗТВ) возрастал (табл. 1). В варианте с 1 NPK урожай был на 123 ц/га больше, чем в контроле, с 2 NPK — на 236, а варианте с 3 NPK — на 361 ц/га. Внесение возрастающих доз одного жидкого навоза также способствовало росту урожайности кукурузы. Так, при использовании жидкого навоза в дозе 240 т/га урожайность возросла на 232 ц/га, т. е. эффект был таким же, как и при внесении N₁₂₀P₁₆₀K₁₂₀. Совместное применение удобрений обусловило дальнейшее увеличение урожая зеленой массы кукурузы.

При внесении 1НПК на фоне 80 т жидкого навоза урожай зеленой массы повысился на 127 ц, 2НПК—на 217, 3НПК—на 413 ц/га. В варианте с совместным внесением на 1 га 80 т жидкого навоза и N₁₈₀P₂₄₀K₁₈₀ урожайность кукурузы была в 2,3 раза выше, чем в варианте с одним жидким навозом, и в 2,8 раза выше, чем в контроле. При внесении 1НПК на фоне 160 т жидкого навоза урожай увеличился на 64 ц/га, 2НПК—на 152, 3НПК—на 367 ц/га.

Таким образом, прибавка урожая зеленой массы кукурузы с увеличением доз минеральных удобрений на фоне 160 т жидкого навоза на 1 га возрастала. Первый уровень дополнительно дал прирост урожая зеленой массы 64 ц/га, второй—88, третий—115 ц/га. На фоне 240 т жидкого навоза применение 1НПК не привело к увеличению урожая зеленой массы кукурузы, при 2НПК он повысился на 119 ц/га, 3НПК—на 222 ц/га.

Как видно из табл. 1, эффективность возрастающих доз минеральных удобрений на фоне увеличивающихся доз жидкого навоза снижалась. Однако наиболее высокие урожаи кукурузы были выращены только при совместном внесении органических и минеральных удобрений. В условиях 1976 г. максимальный урожай (более 700 ц/га) зеленой массы получен при совместном внесении на 1 га 80 т жидкого навоза и N₁₈₀P₂₄₀K₁₈₀. Увеличение доз жидкого навоза до 240 т/га не привело к повышению урожайности.

Закономерность увеличения урожайности кормовой свеклы (сорт Тимирязевский 56) в зависимости от доз жидкого навоза и минеральных удобрений была такая же, как и у кукурузы (табл. 1). Наибольший урожай корнеплодов в 1977 г. (около 800 ц/га) получен при совместном внесении 160 т жидкого навоза и N₁₈₀P₂₄₀K₁₈₀ или 240 т жидкого навоза и N₆₀P₈₀K₆₀. Хороший результат (743 ц/га) дало также внесение одного жидкого навоза в дозе 240 т/га.

Т а б л и ц а 1

Урожайность культур в 1976—1978 гг. (ц/га)

Вариант опыта	Уровень минеральных удобрений	1976		1977		1978	
		зеленая масса кукурузы	кормовая свекла		ячмень		
			корнеплоды	ботва	зерно	солома	
Без жидкого навоза							
1	0	261	384	142	20,2	47,6	
2	1НПК	384	524	203	25,0	52,8	
3	2НПК	508	597	227	33,6	49,8	
4	3НПК	622	637	207	35,5	55,8	
Жидкий навоз							
80 т/га							
5	0	313	647	241	36,4	55,5	
6	1НПК	440	685	286	35,8	52,9	
7	2НПК	530	730	265	38,9	44,7	
8	3НПК	726	737	207	40,7	47,0	
160 т/га							
9	0	363	675	230	30,6	28,4	
10	1НПК	427	692	230	30,1	45,4	
11	2НПК	515	754	263	29,6	57,6	
12	3НПК	730	800	270	29,7	45,6	
240 т/га							
13	0	493	743	356	39,2	46,8	
14	1НПК	539	803	426	37,0	41,6	
15	2НПК	612	836	408	34,2	41,0	
16	3НПК	715	828	346	35,5	56,5	
	НСР _{0,5}	58	62	—	4,6	—	

По плану чередования культур в 1978 г. выращивали ячмень Московский 121. В этом году отмечалось значительное полегание ячменя на удобренных участках. В результате увеличения доз минеральных удобрений урожайность его повысилась в 1,7 раза. Эффективность каждого последующего уровня минеральных удобрений была различной. Так, при внесении $N_{60}P_{80}K_{60}$ прибавка зерна составила 4,8 ц/га, при удвоенной дозе минеральных удобрений — 13,4 ц/га, при тройной дозе дальнейшего роста урожая не наблюдалось.

Таким образом, для ячменя наиболее эффективной дозой минеральных удобрений является $N_{120}P_{160}K_{120}$.

При внесении жидкого навоза в дозе 80 т/га урожайность ячменя повысилась в 1,8 раза по сравнению с контролем. Дальнейшее увеличение дозы жидкого навоза не привело к увеличению урожайности. При внесении навоза в дозе 160 т/га урожайность ячменя снизилась, что может быть связано с застоем воды на этой части опытного участка. Внесение минеральных удобрений на фоне жидкого навоза не обеспечило увеличения урожая зерна ячменя, возрос лишь урожай соломы. В варианте с жидким навозом в дозе 240 т/га и минеральными удобрениями из-за сильного полегания ячменя урожай зерна даже снизился.

Следовательно, в условиях 1978 г. наибольший урожай зерна ячменя (около 36 ц/га) был получен при внесении $N_{180}P_{240}K_{180}$ или 80 т жидкого навоза на 1 га.

Содержание питательных элементов в урожае культур

В условиях влажного 1976 г. содержание калия в кукурузе в расчете на единицу сухого вещества при раздельном внесении минеральных и органических удобрений было соответственно в 1,3 и 1,5 раза выше, чем в варианте без удобрений (табл. 2). Внесение возрастающих

Таблица 2

Содержание питательных элементов в кукурузе и их вынос в 1976 г.

Вариант опыта	Уровень минеральных удобрений	Получено сухого вещества, ц/га	Содержание, % на сухое вещество			Вынос на 100 ц зеленой массы, кг		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без жидкого навоза								
1	—	17,7	1,8	0,7	2,0	12	5	13
2	1NPK	34,4	1,7	0,7	2,6	15	6	24
3	2NPK	46,3	1,7	0,7	2,2	15	6	20
4	3NPK	56,8	2,0	1,0	2,5	18	9	22
Жидкий навоз								
80 т/га								
5	—	25,1	1,8	1,0	2,9	14	8	24
6	1NPK	36,7	1,6	0,8	2,7	13	6	23
7	2NPK	42,1	1,7	0,5	2,4	14	4	19
8	3NPK	67,4	1,8	0,6	2,8	17	5	26
160 т/га								
9	—	29,8	1,9	0,7	3,1	16	6	26
10	1NPK	38,8	1,7	0,7	3,0	15	6	27
11	2NPK	41,7	1,5	0,6	2,6	12	4	21
12	3NPK	64,2	1,8	0,7	2,4	16	6	21
240 т/га								
13	—	38,6	1,5	0,8	3,0	12	7	24
14	1NPK	44,9	1,5	0,8	3,4	13	7	28
15	2NPK	53,8	1,7	1,0	3,2	15	9	28
16	3NPK	63,1	1,7	0,8	3,8	15	7	25

Содержание питательных элементов в кормовой свекле и их вынос в 1977 г.

Вариант опыта	Получено сухого вещества, ц/га		Корнеплоды			Ботва			Вынос на 100 ц корнеплодов с учетом ботвы, кг		
	корнеплоды	ботва	% на сухое вещество						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Без жидкого навоза											
1	33,3	17,1	0,9	0,4	2,0	1,8	0,7	2,3	16	7	28
2	42,4	22,7	0,7	0,4	1,8	2,1	0,6	1,8	15	6	22
3	44,5	21,8	1,0	0,3	2,3	2,2	0,7	1,7	15	5	23
4	58,2	19,7	0,9	0,4	2,0	1,8	0,6	2,4	14	6	26
Жидкий навоз											
80 т/га											
5	43,3	25,4	1,4	0,4	2,8	2,1	0,6	2,7	18	5	29
6	60,4	33,6	1,6	0,4	2,7	2,3	0,7	2,5	25	7	36
7	47,9	28,6	1,8	0,5	2,8	2,6	0,7	2,3	24	7	27
8	52,1	22,3	1,6	0,4	2,8	0,7	0,7	2,6	20	5	28
160 т/га											
9	46,0	20,5	1,9	0,4	2,9	2,6	0,6	2,6	21	5	28
10	51,3	21,5	1,7	0,4	2,6	2,6	0,7	2,8	21	5	28
11	51,3	23,9	1,5	0,4	2,7	2,8	0,6	2,8	19	5	27
12	54,2	23,3	1,6	0,4	3,6	2,9	0,7	2,5	19	5	32
240 т/га											
13	58,5	37,6	2,1	0,3	4,2	3,0	0,7	2,0	32	6	43
14	60,1	48,7	2,0	0,4	3,3	2,8	0,7	1,6	32	7	34
15	55,2	40,5	2,2	0,4	3,8	3,3	0,8	2,7	31	7	38
16	56,8	24,2	2,4	0,4	3,3	3,2	0,5	2,6	26	4	30

доз минеральных удобрений как на безнавозном, так и на навозном фоне практически не вызвало дальнейшего повышения содержания калия в кукурузе. Не изменилось содержание калия и при возрастании доз жидкого навоза. Следовательно, с увеличением доз удобрений в данных погодных условиях наблюдалось интенсивное повышение урожайности и происходило «разбавление» калия в биологической массе, т. е. прирост массы опережал поступление калия в растение. При возрастающих дозах удобрений практически не изменялось содержание фосфора и отмечалась лишь тенденция к увеличению количества азота. Аналогично изменялся вынос фосфора и калия на 100 ц зеленой массы; вынос же азота возрастал более четко по вариантам опыта.

Вынос фосфора на 100 ц корнеплодов (с учетом ботвы) по мере повышения доз удобрений (табл. 3) фактически не изменялся, а вынос азота и калия увеличивался в 1,5—2 раза при внесении возрастающих доз жидкого навоза. Аналогично изменялось содержание элементов питания на единицу сухого вещества как в корнеплодах, так и в ботве кормовой свеклы, но в ботве содержание калия изменялось менее заметно.

В зерне ячменя с увеличением доз удобрений содержание фосфора и калия практически не изменялось, а азота возрастало в 1,4 раза (табл. 4), причем при внесении минеральных удобрений содержание азота повышалось более значительно, чем в вариантах с жидким навозом. В соломе в аналогичных условиях содержание калия увеличивалось более существенно, чем азота, а содержание фосфора не изменялось. Вынос питательных веществ на 10 ц зерна (с учетом соломы) в различных вариантах опыта составил: азота — 26—40 кг, фосфора — 14—19, калия — 20—32 кг. На уровень этого показателя в большой мере влияло соотношение между зерном и соломой в различно удобрен-

Содержание питательных элементов в ячмене и их вынос в 1978 г.

Вариант опыта	Зерно			Солома			Вынос 10 ц основной с учетом побочной продукции		
	% на сухое вещество						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Без жидкого навоза									
1	1,4	1,0	0,4	0,8	0,4	1,2	32,9	19,4	32,3
2	1,6	1,1	0,4	0,9	0,4	1,3	35,0	19,4	31,4
3	1,8	1,1	0,4	1,0	0,4	1,3	32,8	13,9	23,2
4	1,8	1,2	0,4	1,1	0,4	1,4	35,3	18,3	26,0
Жидкий навоз									
80 т/га									
5	1,5	1,0	0,4	1,0	0,4	1,3	30,2	16,1	23,8
6	1,7	1,0	0,4	1,0	0,4	1,2	31,8	15,9	21,7
7	2,0	1,1	0,4	1,1	0,4	1,4	32,6	15,6	20,1
8	2,0	1,1	0,4	1,1	0,4	1,6	32,7	15,6	22,5
160 т/га									
9	1,7	0,9	0,4	1,0	0,4	1,5	26,3	12,7	17,3
10	1,9	1,1	0,4	1,0	0,4	1,6	34,1	17,0	28,1
11	1,9	1,1	0,4	1,1	0,4	1,4	40,4	17,8	31,2
12	2,0	1,1	0,4	1,2	0,4	1,7	38,4	17,1	30,1
240 т/га									
13	1,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,5	25,9	14,8	21,9
14	1,9	1,1	0,4	1,1	0,4	1,5	31,4	15,8	20,8
15	1,9	1,0	0,4	1,0	0,4	1,6	31,0	14,8	23,2
16	1,8	1,0	0,5	1,2	0,4	1,5	37,1	16,4	27,9

ных вариантах опыта. Наименьший вынос азота, фосфора и калия отмечен при внесении одного жидкого навоза в дозах 80—240 т/га, наибольший — в вариантах с одними минеральными удобрениями и совместным их внесением с жидким навозом. При использовании только одного жидкого навоза соотношение между зерном и соломой было более узкое.

Баланс питательных элементов в почве и коэффициенты их использования

За 3 года проведения опыта в почву внесено с удобрениями начиная с вариантов 2NPK значительно больше азота, фосфора и калия, чем было их вынесено за это же время урожаями сельскохозяйственных культур (табл. 5). Даже при 1NPK баланс по фосфору был положительным. Недобор урожая в этом случае определялся прежде всего недостаточным количеством азота и калия в почве.

В результате ежегодного внесения 3NPK (вариант 4) при балансе N — 165 %, P₂O₅ — 456 и K₂O — 136 % к выносу получены урожай зеленой массы кукурузы и корнеплодов корневой свеклы, превышавшие 600 ц, а ячменя — 35 ц/га. Причем показатель баланса по фосфору явно завышен против нормального баланса. Самые высокие урожаи в сумме за 3 года (кукуруза и кормовая свекла более 700 ц/га, ячмень около 40 ц/га) в сложившихся дождливых погодных условиях получены в 8-м варианте (80 т жидкого навоза + 3NPK) при балансе N — 315 %, P₂O₅ — 780 и K₂O — 260 % к выносу. Однако прибавка урожая в данном варианте по сравнению с 4-м не может быть оправдана таким чрезмерным расходом питательных веществ, особенно азота и фосфора.

Ежегодное внесение одного навоза в дозах, превышающих 80 т/га, в холодные дождливые годы приводило к излишнему положительному

Коэффициенты использования питательных элементов из удобрений сельскохозяйственными культурами за 3 года (1976—1978 гг.)

Вариант опыта	Внесено за 3 года, кг/га			Вынесено за 3 года, кг/га			Коэффициент использования из удобрений			Баланс, % к выносу		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без жидкого навоза												
1	—	—	—	159,1	774,4	206,1	—	—	—	—	—	—
2	180	240	180	223,4	101,9	286,8	36	10	45	81	235	63
3	360	480	360	281,5	107,1	317,6	34	6	31	128	448	113
4	540	720	540	326,5	157,9	395,8	31	11	35	165	456	136
Жидкий навоз												
80 т/га												
5	720	360	720	269,2	114,9	350,5	15	10	20	267	313	205
6	900	700	900	346,4	133,0	424,5	21	8	24	260	526	212
7	1080	840	1080	372,2	129,7	377,5	20	5	16	290	648	286
8	1260	1080	1260	400,2	138,4	484,0	19	5	22	315	780	260
160 т/га												
9	1440	720	1440	277,7	90,7	334,7	8	2	9	518	826	430
10	1620	960	1620	311,7	114,0	393,4	9	4	12	520	842	410
11	1800	1200	1800	326,1	108,1	406,1	9	3	11	552	1110	443
12	1980	1440	1980	384,0	133,2	496,7	11	4	15	516	1081	399
240 т/га												
13	2160	1080	2160	395,3	134,2	524,5	11	5	15	546	805	412
14	2340	1320	2340	440,1	154,5	505,1	12	6	13	532	854	463
15	2520	1560	2520	452,5	157,8	569,6	12	5	14	557	988	442
16	2700	1800	2700	462,7	145,3	528,0	11	4	12	596	1239	511

балансу питательных веществ и прежде всего азота и фосфора. Естественно, что в этих условиях с увеличением доз питательных веществ коэффициенты их использования из удобрений резко снижались. Более высокие коэффициенты использования были при ежегодном внесении INPK (вариант 2), наиболее низкие — при совместном внесении высоких доз навоза и минеральных удобрений. При ежегодном внесении 80 т жидкого навоза на 1 га (вариант 5) коэффициенты использования (полученные разностным методом) в среднем за 3 года составили: для азота — 15 %, фосфора — 10, калия — 20 %, т. е. они были крайне низкими. В данном случае из-за низкой суммы положительных температур за вегетационные периоды тормозился рост растений, что также резко снижало эффективность удобрений.

Т а б л и ц а 6

Агрохимические свойства почвы

Содержание гумуса в почве

В целях изучения влияния повышенных доз жидкого навоза, минеральных удобрений и их сочетаний на агрохимические свойства почвы схема опыта предполагала значительное превышение внесения в почву питательных элементов над выносом их урожаями (табл. 5). Результаты агрохимического анализа почвы представлены по тем вариантам, где возрастающие дозы жидкого навоза вносили в сочетании с 3-м уровнем минеральных удобрений. В контрольном варианте

Доза жидкого навоза, т/га	Внесено органического вещества, т/га	0—20 см		20—40 см	
		0	3NPK	0	3NPK
До начала опыта, 1975 г.					
—	—	2,00	2,00	0,95	0,95
1978 г.					
0	—	1,89	1,97	1,16	1,20
80	14,3	1,91	1,95	1,12	1,12
160	28,6	2,11	2,19	1,25	1,21
240	32,9	2,17	2,18	1,44	1,45
HCP ₀₅	—	0,06	0,08	0,05	0,05

Агрохимические показатели в слое почвы 0—20 см (числитель)
и 20—40 см (знаменатель)

Показатель	Исходные в 1975 г.	Доза жидкого навоза, т/га				НСР ₀₅	
		0	80	160	240		
pH _{сол} :	0	5,8	5,6	5,7	5,8	5,8	0,1
		5,0	4,8	4,9	4,9	5,0	0,2
ЗНПК	0	5,8	5,4	5,4	5,5	5,7	0,2
		5,0	4,6	4,7	4,7	5,2	0,3
P ₂ O ₅ :	0	14,2	15,7	25,0	37,0	41,7	5,6
		10,9	10,3	14,1	16,0	22,7	9,8
ЗНПК	0	14,2	24,6	39,7	38,8	41,4	8,1
		10,9	15,4	17,1	19,9	22,7	9,9
K ₂ O:	0	7,5	6,0	13,2	20,3	20,5	3,7
		6,5	5,0	7,7	14,7	13,7	5,8
ЗНПК	0	7,5	9,8	16,8	22,5	29,5	5,8
		6,5	6,0	9,7	15,8	17,3	4,0
H _г :	0	2,0	2,2	2,1	1,8	1,7	0,1
		2,6	3,3	2,7	2,6	2,7	0,2
ЗНПК	0	2,0	2,2	2,1	2,1	1,8	0,1
		2,6	3,1	2,9	2,7	2,5	0,1
S:	0	10,4	9,8	10,4	12,1	12,3	0,3
		9,7	9,9	10,0	9,9	10,2	0,4
ЗНПК	0	10,4	10,4	10,5	10,6	10,1	0,9
		9,7	8,5	10,2	10,2	10,9	0,5
V, %:	0	83,8	81,4	82,9	86,8	87,8	—
		78,9	75,1	78,8	79,2	81,0	—
ЗНПК	0	83,8	82,7	83,2	83,7	84,7	—
		78,9	73,4	77,9	79,2	81,3	—

за 3 года в слое почвы 0—20 см содержание гумуса снизилось на 0,11 % (табл. 6). Это можно объяснить минерализацией гумуса и углублением пахотного слоя (разбавление почвой подпахотного горизонта).

При ежегодном внесении 80 т жидкого навоза на 1 га содержание гумуса в слое почвы 0—20 см снизилось на 0,09 % по сравнению с начальным уровнем. За 3 года было внесено 14,3 т органического вещества жидкого навоза на 1 га (при среднем содержании 5,95 % на сырую массу). Несмотря на это, бездефицитный баланс по гумусу при этом поддержать не удалось. По всей видимости, для поддержания его на начальном уровне необходимо ежегодно на каждый гектар вносить около 6—7 т органического вещества (100—120 т жидкого навоза).

В результате внесения более высоких доз жидкого навоза (160 и 240 т/га) содержание гумуса в слое почвы 0—20 см возросло соответственно на 0,11 и 0,16%. Добавление к жидкому навозу ЗНПК не вело к существенному возрастанию этого показателя.

Увеличение содержания гумуса в слое почвы 20—40 см во всех вариантах опыта, видимо, связано прежде всего с углублением пахотного горизонта. Минеральные удобрения в данном случае также не способствовали увеличению количества гумуса в почве.

Благодаря внесению жидкого навоза кислотность почвы поддерживалась на начальном уровне, а при внесении минеральных удобрений она повышалась (табл. 7).

Сумма поглощенных оснований при повышении доз жидкого навоза увеличивалась, в вариантах с минеральными удобрениями изменения были незначительные.

Содержание подвижных форм фосфора и калия в почве возрастало с увеличением уровня удобрений, что согласуется с показателями баланса этих элементов в почве.

Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почве при ежегодном внесении жидкого навоза в дозе 80 т/га и $N_{180}P_{240}K_{180}$ в звене кормового севооборота (кукуруза — кормовая свекла — ячмень) в течение трех лет были получены урожаи кукурузы и свеклы, превышающие 700 ц/га (в 1,9—2,8 раза выше контроля), а ячменя — около 40 ц/га (в 2 раза больше). При этом в почве складывался высокий положительный баланс питательных веществ.

2. Наибольший урожай зеленой массы кукурузы (более 700 ц/га) получен при совместном внесении навоза в дозе 80 т/га и $N_{180}P_{240}K_{180}$, а корнеплодов свеклы (800 ц/га) — при совместном внесении 160 т жидкого навоза и $N_{180}P_{240}K_{180}$ или 240 т/га и $N_{60}P_{80}K_{60}$. Под ячмень оказалось достаточным внесение одного жидкого навоза в дозе 80 т/га или $N_{180}P_{240}K_{180}$.

3. Ежегодное внесение одного жидкого навоза в дозе 240 т/га обеспечивало получение примерно таких же урожаев культур, как и ежегодное внесение $N_{180}P_{240}K_{180}$.

4. При повышении доз удобрений прежде всего возрастал вынос калия и азота на единицу основной продукции (с учетом побочной), а вынос фосфора практически не изменялся.

5. В холодные дождливые годы коэффициенты использования питательных веществ из жидкого навоза и минеральных удобрений были низкими. Даже при ежегодном внесении $N_{60}P_{80}K_{60}$ они составили за 3 года: по азоту — 36 %, фосфору — 10 и калию — 45 %.

6. При положительном балансе питательных веществ в почве (за годы проведения опыта) возрастало содержание в ней подвижных фосфора и калия. Первоначальное содержание гумуса в почве при данных уровнях урожаев сохранялось, если ежегодно вносилось свыше 80 т жидкого навоза на 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавар С. П. Влияние бесподстилочного навоза на продуктивность звеньев севооборотов в черноземной зоне Омской области. — *Агрохимия*, 1977, № 2, с. 102—104. — 2. Маченков И. П., Семенов П. Я., Платонова Л. Г. Влияние бесподстилочного навоза на урожай кукурузы и содержание в ней азотистых соединений. — *Агрохимия*, 1977, № 3, с. 72—78. — 3. Минеев В. Г., Васильев В. А. Об улучшении использования бесподстилочного навоза. — *Вестн. с.-х. науки*, 1976, № 7, с. 5—13. — 4. Платонова Л. Г.,

Семенов П. Я. Использование азота, фосфора и калия кукурузой из бесподстилочного навоза. — *Бюл. ВИУА*, 1976, № 32, с. 43—45. — 5. Семенов П. Я., Платонова Л. Г. Действие возрастающих доз бесподстилочного навоза на урожай кукурузы и вико-овсяной смеси. — *Бюл. ВИУА*, 1976, № 32, с. 22—27. — 6. Федоров В. А. Питательный режим почвы и урожай кукурузы в зависимости от доз бесподстилочного навоза. — *Агрохимия*, 1977, № 2, с. 96—101.

Статья поступила 28 апреля 1979 г.

Summary, p. 58.

SUMMARY

On mid-cultivated soddy-podzolic middle loam fertilized every year with the combination of liquid manure (80 tons per hectare) and $N_{180}P_{240}K_{180}$ the yields of corn and stock beet in the link of fodder crop rotation were higher than 700 hwt/ha, and those of barley — about 40 hwt/ha. With annual application of 240 t/ha of liquid manure alone yields were almost the same as with annual application of $N_{180}P_{240}K_{180}$. The higher the rate of fertilizers, the higher the removal of potassium and nitrogen per unit of yield, while the removal of phosphorus remained practically the same. Under the positive balance of nutrient substances in the soil the content of mobile forms of phosphorus and potassium increased. The positive balance in humus was observed under application of more than 80 tons of liquid manure per 1 ha.