

УДК 631.452:631.862.2

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НАВОЗНЫМИ СТОКАМИ НА ПЛОДОРОДИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

С.В. ГРИСЛИС

(Кафедра экологии)

В результате длительного применения навозных стоков для удобрительного орошения многолетних трав на черноземах и дерново-подзолистых почвах в них увеличилось содержание органического вещества, подвижного фосфора, обменного калия. Основное количество вносимых питательных веществ аккумулируется в верхнем 0—20 см слое почвы.

Навозные стоки животноводческих комплексов могут быть использованы с целью создания оптимальных уровней таких агрохимических показателей почвы, как содержание гумуса, рН, сумма поглощенных оснований и других, что позволяет более эффективно расходовать минеральные удобрения при выращивании кормовых и технических культур.

В условиях интенсивного земледелия важнейшим интегральным показателем высокого плодородия и окультуренности почв является содержание в ней органического вещества [6—8, 14]. Для ряда почв существенными при оценке уровня их плодородия признаются мощность гумусового горизонта, содержание доступного фосфора, сумма поглощенных оснований и другие показатели [5]. В

настоящее время содержание гумуса в черноземах составляет 4—7%, тогда как в периоды менее интенсивного их использования оно достигало 5—12%, а запасы гумуса — 400—600 т/га. Одними из причин снижения содержания гумуса в черноземах могут быть недостаточное внесение органических удобрений и сокращение посевов многолетних трав [4].

Цель нашей работы — установить основные закономерности изменения потенциального и эффективного плодородия различных типов почв, а также миграции основных элементов питания по их профилю при удобрении и орошении многолетних трав навозными стоками.

Методика

Полевые опыты проводили непосредственно в зоне расположе-

ния животноводческих комплексов. Закладывали опыты с учетом требований к методике полевого опыта и методике проведения исследований с использованием навозных стоков и сточных вод [9, 10—12]. При размещении опытов учитывали типичность почвенных и гидрологических условий и возможности использования навозных стоков для орошения.

В Черноземной зоне некоторые опыты проведены на пахотных землях, поскольку на них производится значительная часть кормов. По гидрологическим и другим условиям такие земли наиболее пригодны для создания земледельческих полей орошения.

В соответствии с имеющимися требованиями [2, 3] для опытов создавали или подбирали злаковые, бобовые или злаково-бобовые травостой. На черноземных почвах использовали люцерну в чистом виде или в смеси с кострцом безостым, так как эти две культуры типичны для данных условий. В Нечерноземной зоне создавали злаково-бобовые травостой с кострцом безостым, ежой сборной, тимофеевкой луговой, клевером луговым.

Опыты по применению навозных стоков молодняка крупного рогатого скота для орошения пастбищ на дерново-подзолистой суглинистой почве выполнялись в АО «Вороново» Московской области в 1976—1989, 1991, 1993 гг. В почвенном слое 0—30 см содержалось 1,89% гумуса, 150—220 мг фосфора и 110—130 мг калия на 1 кг воздушно-сухой почвы, рН — 6,3.

На дерновой аллювиальной почве исследования проводили в АО «Ачкасово» Московской области в 1985—1989 гг. Применяли стоки свиноводческих комплексов. Почва характеризовалась слабокислой реакцией среды, рН — 6,7, содержание гумуса в слое 0—30 см составляло 1,9—2,9%, обменного калия — 94—170, подвижного фосфора — 147—594 мг/кг.

На черноземной почве опыты были проведены в АО им. Ленина Тамбовской области также в 1985—1989 гг. Применялись стоки свиного комплекса. Мощность гумусового горизонта — около или более 1 м, содержание гумуса в 0—30 см — 4,5—5,5%, обменного калия и подвижного фосфора — 6,1—14,3 мг на 100 г.

Материнские породы на участках дерново-подзолистых почв представлены покровными глинами и суглинками, на черноземах — карбонатными породами.

Навозные стоки комплекса молодняка крупного рогатого скота применяли после разделения на механической установке, состоящей из виброгрохота ГИЛ-32 и пресса непрерывного действия ВПО-20А, свиностоки — после естественного разделения, 6-суточного карантина и аккумулярования в накопителях.

Для орошения навозными стоками молодняка крупного рогатого скота использовали дождеватель ДДН-70, агрегируемый с трактором ДТ-75, для свиносток — специально оборудованную машину АНМ и дождеватель ДКШ-64 «Волжанка».

Содержание основных элементов питания в навозных стоках молодняка крупного рогатого скота было следующим: $N_{обд}$ — 875 мг/л, P_2O_5 — 371, K — 770, Ca — 334 мг/л; в свиных стоках — соответственно 432, 45, 197, 102 мг/л. Всего со стоками в расчете на 1 га на злаковых и злаково-бобовых травостоях в среднем за год внесено 258 и 310 кг азота, 50 и 32 кг фосфора, 200 и 150 кг калия, 50 и 35 кг кальция.

Норму внесения животноводческих стоков рассчитывали балансовым методом, основанным на определении выноса азота из почвы планируемым урожаем многолетних трав с учетом коэффициента его использования и потерь при орошении.

За расчетный принят слой почвы 0—30 см, в котором сосредоточена большая часть корневой системы травянистых растений, а также располагается основная масса представителей почвенной микрофлоры.

Влажность почвы — 65—70% ППВ, что, по мнению ряда исследователей, соответствует нижнему пределу оптимального увлажнения. Для создания одинаковой влагообеспеченности при удобрительных поливах недостающее количество влаги восполняли поливами чистой водой из расчета 2000 м³/га в черноземной зоне, 1500—1800 м³/га — в нечерноземной.

Агрохимический анализ почв и навозных стоков проводили по общепринятым методикам. В почве определяли содержание органического вещества.

Изменение морфологических свойств почвы при орошении навозными стоками и содержания гумуса

В условиях относительно высокой культуры земледелия и лугопастбищного хозяйства агрофирмы «Вороново» отмечено изменение в положительную сторону морфологических свойств дерново-подзолистой суглинистой почвы при орошении многолетних трав навозными стоками молодняка крупного рогатого скота (табл. 1). Ежегодно с навозными стоками при норме 450 м³/га вносится до 9 т органического вещества. За десятилетний период фактическое увеличение содержания органического вещества в слое 0—30 см составило 89 т/га, в том числе в слое 0—10 см — 50 т/га, 0—20 см — 18, 20—30 см — 18 т/га (табл. 2).

В последнее десятилетие активно обсуждается вопрос об изменении гумусового состояния черноземов [15, 16, 18]. В наших исследованиях, выполненных в условиях Тамбовской области, при возделывании травосмеси люцерны и кострца безостого на орошаемых навозными стоками черноземах отмечено большее накопление органического вещества, чем при возделывании люцерны в чистом виде (табл. 3).

Содержание фосфора в почве

Содержание подвижного фосфора в почве служит одним из основных показателей эффективного плодородия. Длительное орошение навозными стоками увеличивало содержание подвижного фосфора в верхних слоях (0—20,

Т а б л и ц а 4

Изменение плодородия дерново-подзолистой суглинистой почвы при длительном орошении пастбищ навозными стоками

Показатель	Без орошения	Орошение навозными стоками
<i>Дернина</i>		
Мощность, см	0—1	3—5
Содержание гумуса, %	3,15	3,95
P ₂ O ₅ , мг/кг	125	285
K ₂ O, мг/кг	270	900
N _{общ} , %	0,30	0,52
<i>Горизонт гумусовый A₁</i>		
Мощность, см	15—18	20—22
Содержание гумуса, %	1,22	1,49
P ₂ O ₅ , мг/кг	25	75
K ₂ O, мг/кг	39	135
N _{общ} , %	0,10	0,12
Цвет	Серовато-коричневый	Темно-серый
Структура	Комковато-пылеватая	Комковатая
Сложение	Уплотненное	Рыхлое
<i>Горизонт подзолистый A₂</i>		
Мощность, см	15—17	12—14
Содержание гумуса, %	0,98	0,69
P ₂ O ₅ , мг/кг	62	82
K ₂ O, мг/кг	45	72
N _{общ} , %	0,08	0,05
Цвет	Белесовато-палевый	Серовато-палевый
Структура	Листовато-плитчатая	Комковатая

20—40 см) дерново-подзолистой суглинистой почвы Московской области до 230—350 мг/кг при 56 мг/кг на неорошаемых и неудобряемых участках (табл. 4). В более глубоких слоях почвы изменение содержания фосфора было незначительным. Ежегодное его увеличение в слое почвы 0—20 см за счет внесения навозных стоков из расчета до 50 кг фосфора составило 20—25%, а в слое 80—100 см оно не превышало 5%.

В слое 0—20 см закрепляется 40—45% подвижного фосфора от

содержания его в метровом слое, в слое 20—40 см — 18—21%; с глубиной процент закрепления фосфора резко снижался. При внесении минеральных удобрений и орошении чистой водой распределение фосфора в почве подчинено той же закономерности. Без орошения и удобрения оно было равномерным. Так, в слоях 0—20, 20—40, 40—60, 60—80 см закреплялось соответственно 21, 20, 20 и 21% подвижного фосфора от общего содержания его в метровом слое.

Т а б л и ц а 2

**Плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном орошении
навозными стоками (1976—1985 гг.)**

Слой почвы, см	N _{общ}	N _{гидр}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, т/га
	кг/га				
<i>Орошение навозными стоками (300N)</i>					
0—10	1460	528	1070	1971	189
10—20	1150	395	612	1358	145
20—30	930	231	395	852	120
<i>Без орошения</i>					
0—10	540	235	506	1119	138
10—20	660	208	368	830	127
20—30	530	173	239	692	102

Т а б л и ц а 3

**Содержание гумуса (%) в черноземе при орошении навозными стоками
(1985—1989 гг.)**

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
<i>Люцерна</i>					
Орошение чистой водой	5,40	4,50	3,90	3,43	2,20
Орошение навозными стоками (120N)	5,60	4,67	4,50	3,00	2,13
<i>Люцерна + костреч безостый</i>					
Орошение чистой водой	5,10	4,60	3,48	2,73	1,50
Орошение навозными стоками (300N)	5,50	4,98	4,43	2,73	1,80

Т а б л и ц а 4

**Содержание подвижного фосфора (мг/кг) в дерново-подзолистой суглинистой
почве при 15-летнем орошении навозными стоками**

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Без орошения	70	68	68	70	64
Орошение + минеральные удобрения	97	70	50	48	40
Орошение навозными стоками (300N50P200K)	324	141	97	97	94

В черноземе при орошении кострещево-люцерновой травосмеси навозными стоками основная часть подвижного фосфора аккумуляровалась в верхнем 0—

20 см — 50—60%, а в слоях 20—40 и 40—60 см содержалось по 20—25% подвижного фосфора от его общего содержания в слое 0—60 см (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Содержание подвижного фосфора (мг/кг) в черноземе при орошении кострещево-люцерновой травосмеси навозными стоками (1989 г.)

Вариант	Слой почвы, см		
	0—20	20—40	40—60
Орошение чистой водой	173,3	132,0	130,7
Орошение навозными стоками (300N32P)	365,0	180,0	153,3

В дерновой аллювиальной почве при орошении травосмеси навозными стоками аккумуляровалось 32—45% подвижного фосфора, а начиная с глубины 20 см отмечено более равномерное его распределение по слоям — 18—19%.

Таким образом, применение

удобрений и орошение навозными стоками способствуют депонированию подвижного фосфора в верхних слоях почвы, что обеспечивает повышение эффективного плодородия почв и предотвращает загрязнение почвогрунтов фосфором (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Распределение подвижного фосфора (мг/кг) в профиле дерновой аллювиальной почвы при орошении (1989 г.)

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Орошение чистой водой	255,0	163,3	142,6	127,6	148,3
Орошение чистой водой + минеральные удобрения	488,3	155,6	133,3	146,6	152,6
Орошение навозными стоками (300N50P)	418,3	173,3	150,3	174,3	141,0

Для повышения содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой суглинистой почве и в черноземе на 1 мг/100 г в слое 0—20 см необходимо вносить в расчете на 1 га 30 кг фосфора в составе навозных стоков.

Содержание калия в почве

В условиях орошения навозными стоками значительно возрастает урожайность культур, увеличивается вынос элементов питания из почвы, в том числе калия. Как известно, навозные стоки яв-

ляются в основном азотно-калийным удобрением, причем элементы питания находятся в легкодоступной для растений форме.

В дерново-подзолистой суглинистой почве в слое 0—20 см содержится меньше калия, чем в более глубоких слоях (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Содержание обменного калия (мг/кг) в дерново-подзолистой суглинистой почве при 15-летнем орошении навозными стоками

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Без удобрений	56	74	77	90	79
Орошение чистой водой + минеральные удобрения	58	79	95	79	100
Орошение навозными стоками (300N50P200K)	231	101	54	95	92

При внесении навозных стоков содержание обменного калия возросло в слоях 0—20 и 20—40 см до 20—38%.

В черноземе при орошении навозными стоками (табл. 8) в слое 0—20 см содержалось 34% обмен-

ного калия от его общего количества в метровом слое, в слое 20—40 см — 20, в нижележащих — по 15%. Подобная закономерность отмечена и для дерновой аллювиальной почвы (табл. 9).

Т а б л и ц а 8

Содержание обменного калия (мг/кг) в черноземе при орошении кострцово-люцерновой травосмеси (1989 г.)

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Орошение чистой водой	170,6	111,3	103,3	114,6	26,6
Орошение навозными стоками (300N32P150K)	321,7	184,0	99,7	101,7	98,0

Применение удобрительного орошения многолетних трав навозными стоками не вызывало миграции калия за пределы метрового слоя почвы; весь внесенный калий поглощался в верхних слоях (главным образом в слое 0—20 см) в почвах всех изученных типов.

Кислотность почвы

Влияние навозных стоков на кислотность почвы изучено мало. Повышение кислотности почвы, как правило, обусловлено вытеснением из почвенно-поглощающего комплекса ионов водорода и алюминия [14, 15]. Оно связано также с увеличением в почве со-

Т а б л и ц а 9

Содержание обменного калия (мг/кг) в дерновой аллювиальной почве при орошении навозными стоками многолетних трав (1989 г.)

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Без удобрений	144,8	88,6	86,0	65,0	37,5
Орошение чистой водой + минеральные удобрения	138,0	95,0	86,7	92,0	90,0
Орошение навозными стоками (300N50P150K)	228,6	92,3	80,7	103,7	108,3

держания подвижного кальция, доступностью кальция растениям, выносом кальция урожаем с вымыванием кальция инфильтрационными водами [16].

В черноземе снижалось количество обменных оснований при орошении кострцево-люцерновой травосмеси навозными стоками (табл. 10), при этом гидролитическая кислотность возрастала.

Обусловлено это увеличением содержания в почве водорастворимого кальция, увеличением выноса его благодаря росту не только урожая, но и повышению содержания кальция в отчуждаемой массе. Изменение физико-химических свойств почвенно-поглощающего комплекса происходит в основном в верхних слоях почв — 0—20 и 20—40 см.

Т а б л и ц а 10

Сумма обменных оснований (мг экв/100 г) и $pH_{\text{св}}$ в черноземе при орошении травосмеси (1989 г.)

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
<i>Сумма обменных оснований</i>					
Орошение чистой водой	27,8	29,2	28,8	27,5	26,4
Орошение навозными стоками (300N32P150K35Ca)	25,5	24,8	27,1	26,8	25,2
<i>$pH_{\text{св}}$</i>					
Орошение чистой водой	6,2	6,6	6,9	7,4	7,6
Орошение навозными стоками (300N32P150K35Ca)	5,5	6,0	6,3	7,2	7,4

В соответствии с изменением суммы обменных оснований изменяется кислотность чернозема. Тенденция к ее повышению в верхних слоях отмечается при ороше-

нии кострцево-люцерновой травосмеси навозными стоками (табл. 10). Хотя с последними в почву вносится некоторое количество кальция (до 35 кг на 1 га),

но оно явно недостаточно для восполнения выноса этого элемента с урожаем. Установлена корреляционная зависимость между количеством азота, вносимым с навозными стоками, и кислотностью почвы. Для слоя 20—40 см коэффициент корреляции составляет 0,58, для слоя 40—60 см — 0,84; уравнение имеет вид:

$$Y = 6,31 + 0,002X$$

и $Y = 6,37 + 0,002X,$

где Y — кислотность почвы, X — норма азота.

Противоположная закономерность в изменении суммы обменных оснований и кислотности почвы наблюдается для дерново-подзолистых почв. В этом случае при орошении навозными стоками многолетних трав сумма обменных оснований была выше, а кислотность ниже, чем в вариантах без орошения и с орошением чистой водой (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

Сумма обменных оснований (мг · экв/100 г) в дерново-подзолистой почве при 15-летнем внесении навозных стоков

Вариант	Слой почвы, см				
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Без орошения	9,6	12,8	13,2	13,2	17,6
Орошение чистой водой + минеральные удобрения	13,2	14,0	16,0	16,8	18,4
Орошение навозными стоками (300N50P200K50Ca)	14,8	14,0	13,2	18,0	18,0

Влияние орошения навозными стоками на солевой режим почв изучалось в условиях черноземных почв, так как на этих почвах в большей степени может проявляться осолонцевание. Результаты исследований показали, что наибольшее количество солей аккумулируется в верхних слоях почвы. В целом при орошении навозными стоками черноземные почвы оставались в категории незасоленных.

Выводы

1. Оросительные нормы навозных стоков целесообразно устанавливать по потребности сельскохозяйственных культур в азоте. На хорошо обеспеченных

фосфором почвах при определении нагрузок навозных стоков лимитирующим показателем должно служить содержание в стоках фосфатов, чтобы не допустить зафосфачивания почв при длительном орошении.

2. Регулярное удобрительное орошение навозными стоками дерново-подзолистых и аллювиальных почв улучшает их плодородие, повышая значение рН, содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора и калия. После длительного орошения навозными стоками дерново-подзолистой суглинистой почвы в норме по азоту до 300 кг/га содержание гумуса составило 3,9%, подвижного фосфора — 285 мг/кг, калия —

900 мг/кг; в неорошаемом варианте — соответственно 3,1%, 125 и 270 мг/кг. Плодородие черноземных почв при удобрительном орошении улучшалось преимущественно за счет повышения обеспеченности их подвижными формами фосфора и калия, тогда как содержание гумуса и рН изменялись незначительно.

3. При соблюдении режима использования навозных стоков в дерново-подзолистой суглинистой почве в слое 0—20 см закрепляется до 40% подвижного фосфора и 38% обменного калия, в черноземе — соответственно 50 и 60, в дерновой аллювиальной почве — 32 и 45%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений. М.: Колос, 1972, с. 48—67. — 2. Андреев Н.Г. и др. Орошаемые культурные пастбища. М.: Колос, 1972. — 3. Андреев Н.Г. и др. Использование жидкого навоза на орошаемых пастбищах. М.: ТСХА, 1975. — 4. Бельчикова Н.И. Органическое вещество почвы и ее плодородие. — Земледелие, 1975, № 3, с. 21—23. — 5. Гедройц К.К. Избр. соч. Т. I—III. М.: Сельхозгиз, 1955. — 6. Лыков А.М. Страж плодородия. М.: Московский рабочий, 1976. — 7. Лыков А.М. К методике расчета определения гумусового баланса почвы в интенсивном земледелии. — Изв. ТСХА,

1979, вып. 6, с. 14—20. — 8. Лыков А.М. Гумус и плодородие почв. М.: Московский рабочий, 1985. — 9. Орлов В.П. Земледельческие поля орошения. М.: Сельхозиздат, 1961. — 10. Перегудов В.Н. Статистические методы обработки данных полевого опыта. М.: Сельхозиздат, 1948. — 11. Петинова Н.С. Состояние и перспективы разработки научных основ поливных режимов и системы питания главных с.-х. культур. — В сб.: Биолог. основы орошаемого земледелия. М.: Наука, 1974, с. 23. — 12. Плешаков В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения. Волгоград, 1983. — 13. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М.: Колос, 1975. — 14. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1985. — 15. Шатилов И.С. Биологические основы орошаемого земледелия. — Науч. тр. ВАСХНИЛ, М.: Колос, 1976. — 16. Шевченко Г.А. и др. Гумусное состояние черноземов ЦЧО. — Почвоведение, 1984, № 8, с. 50—56. — 17. Шильников И.А. Потери извести из почвы с фильтрующими водами. — Сельск. хоз-во за рубежом. Растениеводство, 1971, № 5, с. 11—14. — 18. Щербаков А.П. и др. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. М.: Колос, 1983.

Статья поступила 25 января
1996 г.

SUMMARY

As a result of long-term application of manure runoffs for fertilizer irrigation of perennial grasses on chernozems and soddy-podzolic soils the content of organic matter, mobile phosphorus, exchangeable potassium in these soils increased. The main amount of supplied nutrient substances is accumulated in the upper (0—20 cm) soil layer.