

Прудникова А.Г., Прудников А.Д., Павлюченкова В.А., Гомонов А.А., Богданова Л.И.
Изменение агрохимических и биологических свойств почвы при внесении различных видов и соотношений органических и минеральных удобрений

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
УДК 631.412

**Изменение агрохимических и биологических свойств почвы при
внесении различных видов и соотношений органических и минеральных
удобрений**

*Прудникова А.Г.¹, Прудников А.Д.¹, Павлюченкова В.А.¹, Гомонов А.А.²,
Богданова Л.И.²*

¹Смоленская государственная сельскохозяйственная академия

²Станция агрохимической службы «Смоленская»

Аннотация

В статье описываются результаты исследований, посвященных установлению зависимости основных агрохимических свойств почвы и численности микроорганизмов от доз органических и минеральных удобрений в звене зернопропашиного севооборота «кукуруза на силос – ячмень – подсолнечник на силос» с целью оптимизации системы удобрений. Приведены значения соответствующих показателей перед закладкой опыта и после внесения удобрений. По результатам опыта рекомендована оптимальная система удобрений на дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ, СИДЕРАТЫ, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, КИСЛОТНОСТЬ, ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ КИСЛОТНОСТЬ, СУММА ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ, ГУМУС, МИКРООРГАНИЗМЫ

Генеральной функцией агробиоценоза является материально-технический обмен в форме круговорота веществ и одностороннего поступления солнечной энергии. Следствием функционирования агроценозов является резкое обеднение веществом и энергией и кардинальное нарушение их структуры вследствие механических обработок и других воздействий. Технологическое вмешательство в экосистемы вызывает ускоренную минерализацию органического вещества почвы и изменение ее физических, химических и

=====

физико-химических свойств. Поэтому земледельческое управление агроценоотическим метаболизмом должно быть естественно детерминированным, высокоэффективным и нормативным [1, 2]. Основой эффективного функционирования агроэкосистем является оптимизация «гумусового хозяйства» почв и экологизация технологических процессов. Многие исследователи [3-9] видят решение в дополнительном внесении в агроэкосистемы богатого энергией органического вещества всех видов, оставлении в почве хозяйственно малоценной части урожая, соломы, запашке сидератов, совершенствовании системы удобрений, обеспечении оптимальных соотношений питательных веществ в минеральных удобрениях, совершенствовании форм их внесения.

Целью работы было установление зависимости основных агрохимических свойств почвы и численности микроорганизмов от доз органических и минеральных удобрений с целью оптимизации системы удобрений.

Объекты и методы исследований

В звене зернопропашного севооборота «кукуруза на силос – ячмень – подсолнечник на силос» изучали: дозы навоза – 30, 60, 90 и 120 т/га; дозы сидерата – 10, 20, 30 т/га; дозы нитрофоски – 60, 120, 180 кг/га; дозы органо-минеральных удобрений – (NPK)₆₀ + 30т/га навоза; (NPK)₆₀ + сидерат 10 т/га; (NPK)₆₀ + 30т/га навоза + сидерат 10 т/га. Удобрения вносили ежегодно.

Опыт заложен в 2000 году в учхозе «Смоленское» Смоленской ГСХА рандомизированным методом в четырехкратной повторности. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая среднекультуренная. Мощность пахотного слоя – 20-22 см, содержание гумуса в слое 0-20см – 2,07%; P₂O₅ – 253мг/кг; K₂O – 142 мг/кг; pH - 5,62.

Агрохимический анализ почвы проводили по общепринятым методикам [10], численность и состав микрофлоры и грибов – по методике кафедры микробиологии ТСХА [11], баланс гумуса рассчитывали по методике А.М. Лыкова [12].

Регрессионный анализ зависимости агрохимических свойств от доз органических и минеральных удобрений проведен по Б.А. Доспехову [13].

Прудникова А.Г., Прудников А.Д., Павлюченкова В.А., Гомонов А.А., Богданова Л.И.
Изменение агрохимических и биологических свойств почвы при внесении различных видов и соотношений органических и минеральных удобрений
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Результаты

Характеристика агрохимических свойств почвы перед закладкой опыта и их изменение после внесения удобрений приведены в таблицах 1-4. Реакция почвенного раствора перед закладкой опыта была $5,62 \pm 0,09$ и характеризовалась как слабокислая. Удобрения оказали неоднозначное влияние на этот показатель. Внесение органических удобрений способствовало повышению величины рН. Четкой зависимости между дозами навоза и величиной рН не установлено (табл. 4), однако при внесении его в течение трех лет рН возросла на 0,05-0,07. Аналогичным образом действовали сидераты. При их запашке величина рН возрастала на 0,03-0,07. Внесение минеральных удобрений привело к заметному подкислению почвенного раствора на 0,19-0,21. (табл. 1).

Таблица 1. Кислотно-поглотительные свойства дерново-подзолистой почвы при внесении удобрений (1999-2002 гг.)

Варианты опыта	Осень 1999 г.				Осень 2002 г.			
	рН	S	Нг	V, %	рН	S	Нг	V, %
		мг-экв. на 100 г почвы				мг-экв. на 100 г почвы		
1.Без удобрений	5,66	11,9	1,64	87,9	5,63	11,7	1,71	87,2
2.Навоз 30 т/га	5,60	11,7	1,71	87,2	5,67	11,9	1,70	87,5
3.Навоз 60 т/га	5,58	11,7	1,72	87,2	5,64	12,0	1,69	87,6
4.Навоз 90 т/га	5,70	12,0	1,58	88,4	5,78	12,2	1,57	88,6
5.Навоз 120 т/га	5,58	11,8	1,72	87,3	5,63	12,1	1,65	88,0
6.Сидерат 10 т/га	5,58	11,7	1,74	87,0	5,61	11,7	1,73	87,1
7.Сидерат 20 т/га	5,55	11,7	1,76	86,9	5,59	11,9	1,72	87,4
8.Сидерат 30 т/га	5,54	11,6	1,78	86,7	5,61	11,8	1,75	87,1
9.(NPK) ₆₀ кг/га	5,70	12,0	1,57	88,4	5,49	11,6	1,74	87,0
10.(NPK) ₁₂₀ кг/га	5,71	11,9	1,58	88,3	5,52	11,7	1,69	87,4
11.(NPK) ₁₈₀ кг/га	5,68	12,0	1,60	88,2	5,47	11,8	1,67	87,6
12.(NPK) ₆₀ + навоз ₃₀	5,55	11,4	1,73	86,8	5,58	11,5	1,72	87,0
13.(NPK) ₆₀ + сидерат ₁₀	5,60	11,7	1,71	87,2	5,57	11,3	1,70	86,9
14.(NPK) ₆₀ + навоз ₃₀ + сидерат ₁₀	5,60	11,8	1,70	87,4	5,62	12,0	1,69	87,6
Средние	5,62	11,8	1,68	87,5	5,60	11,8	1,70	87,4

Динамика гидролитической кислотности имела аналогичную тенденцию. В варианте «без удобрений» кислотность возрастала, а при внесении минеральных

удобрений этот процесс протекал значительно быстрее, однако четкой зависимости между дозами NPK и Нг не установлено.

Внесение органических удобрений способствовало снижению величины гидролитической кислотности. Коэффициент корреляции между дозами навоза и изменением величины Нг составляет: $R = -0,88$. Действие сидератов проявилось несколько слабее.

Сумма поглощенных оснований (S) в целом по опыту за годы исследований не изменялась, однако при внесении навоза и заашке сидератов наблюдалось некоторое увеличение суммы поглощенных оснований, а при внесении минеральных удобрений, наоборот, снижение этой величины.

Расчетный баланс фосфора и калия и содержание подвижных форм этих элементов в почве при разных системах удобрений приведен в таблице 2.

Таблица 2. Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия при внесении различных доз навоза, сидератов, минеральных удобрений и их сочетаний (1999-2002 гг.)

Варианты удобрений	P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Баланс кг/га	Осень 1999 г. (мг/кг/)	Осень 2002 г. (мг/кг)	Баланс кг/га	Осень 1999 г. (мг/кг)	Осень 2002 г. (мг/кг)
1.Без удобрений	-68,3	246	237	-220,9	136	107
2.Навоз 30 т/га	-29,8	245	243	-154,7	131	111
3.Навоз 60 т/га	+30,9	243	244	-55,6	137	127
4.Навоз 90 т/га	+87,7	250	257	+102,3	141	135
5.Навоз 120 т/га	+156,8	258	269	+258,9	140	167
6.Сидерат 10 т/га	-102,8	244	236	-339,6	131	106
7.Сидерат 20 т/га	-107,0	260	251	-353,4	144	114
8.Сидерат 30 т/га	-11,8	258	249	-370,6	147	116
9.(NPK) ₆₀ кг/га	+53,9	250	253	-224,8	150	121
10.(NPK) ₁₂₀ кг/га	+216,8	257	264	-89,3	151	136
11.(NPK) ₁₈₀ кг/га	+403,7	258	282	+106,8	140	153
12.(NPK) ₆₀ + навоз ₃₀	+91,0	260	267	-162,6	144	134
13.(NPK) ₆₀ + сидерат ₁₀	+23,4	257	261	-320,3	149	129
14.(NPK) ₆₀ + навоз 30 + сидерат ₁₀	+82,1	254	265	-193,9	148	129
НСР ₀₅		6	5		3	4

Отрицательный баланс фосфора отмечен в вариантах без удобрений, при внесении сидератов и навоза в дозе 30 т/га. В остальных вариантах баланс фосфора был положительным, что нашло отражение в изменении содержания подвижного фосфора в почве. Величина баланса тесно коррелирует с относительным изменением содержания фосфора в почве.

Коэффициент корреляции между дозами навоза и изменением содержания подвижного фосфора $R = 0,99 \pm 0,04$.

Вынос калия (K_2O) значительно превышал внесение этого элемента минерального питания с удобрениями. Положительный баланс калия отмечен при дозах навоза 90 и 120 т/га и минеральных удобрений – $(NPK)_{180}$ кг/га. Отрицательный баланс калия способствовал снижению содержания обменного калия, и темпы изменения этого показателя близки к прогнозируемым по балансу элемента питания. Следовательно, при среднем уровне обеспеченности почв обменным калием перевод калия почвенных минералов в доступную форму происходит очень слабо. Степень изменения содержания обменного калия зависит от доз внесенных удобрений: навоза – $R=0,87 \pm 0,06$; NPK – $R=0,91 \pm 0,05$. Баланс гумуса в почве приведен в таблице 3.

Таблица 3. Содержание и баланс гумуса в почве при внесении органических, минеральных удобрений и их сочетаний, 1999-2002 гг.

Варианты удобрений	Исходное содержание гумуса, % в 1999 г.	Расчетный баланс С, кг/га	Фактическое содержание гумуса осенью 2002 г., %	± к исходному, %
1.Без удобрений	2,12	-1403	2,05	-3,3
2.Навоз 30 т/га	2,05	+1573	2,12	3,3
3.Навоз 60 т/га	2,05	+4861	2,21	7,8
4.Навоз 90 т/га	2,07	+8250	2,37	14,5
5.Навоз 120 т/га	2,09	+11494	2,49	19,1
6.Сидерат 10 т/га	2,04	-2073	1,99	-2,4
7.Сидерат 20 т/га	2,10	-717	2,09	-0,5
8.Сидерат 30 т/га	2,02	-474	2,03	-0,5
9.(NPK) ₆₀ кг/га	2,09	-2964	1,99	-4,8
10.(NPK) ₁₂₀ кг/га	2,11	-2477	2,03	-3,8
11.(NPK) ₁₈₀ кг/га	2,11	-1871	2,00	0
12.(NPK) ₆₀ + навоз ₃₀	2,12	+417	2,15	+1,4
13.(NPK) ₆₀ + сидерат ₁₀	2,08	-2623	2,11	+1,4
14.(NPK) ₆₀ + навоз 30 + сидерат ₁₀	2,03	+980	2,09	+3,0

Прудникова А.Г., Прудников А.Д., Павлюченкова В.А., Гомонов А.А., Богданова Л.И.
Изменение агрохимических и биологических свойств почвы при внесении различных видов и соотношений органических и минеральных удобрений

.....
Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

=====

В неудобренном контрольном варианте за три года минерализовалось 1,4 т/га органического вещества, что привело к снижению содержания гумуса на 0,07%.

Внесение навоза в изучаемых дозах обеспечивало положительный баланс органического вещества в почве.

Внесение сидерата в дозах 10, 20 и 30 т/га не обеспечивало положительного баланса органического вещества при возделывании пропашных культур, однако в зерновом поле минерализация органического вещества компенсировалась вновь образованным гумусом пожнивно-корневых остатков. При дозе сидерата 10 т/га отмечено снижение содержания гумуса на 0,05%, при дозах 20 и 30 т/га изменений фактически не наблюдалось.

Минеральные удобрения ускоряли минерализацию органического вещества почвы. При внесении (NPK)₆₀ содержание гумуса уменьшилось на 0,1%, (NPK)₁₂₀ – на 0,08%, (NPK)₁₈₀ – на 0,11%, что было несколько больше, чем по рассчитанному балансу. Видимо, увеличение доз минеральных удобрений не приводит к адекватному увеличению массы корневой системы изучаемых растений.

При совместном использовании минеральных и органических удобрений отмечено повышение содержания гумуса. Более значительным оно было при запашке 10 т/га сидерата, 30 т/га навоза и внесении 60 кг/га минеральных удобрений.

С научной и практической точек зрения представляет большой интерес установление зависимостей между дозами вносимых органических и минеральных удобрений и состоянием агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы (табл. 4). Анализ полученных зависимостей показывает, что внесение навоза существенно изменяет агрохимические свойства почвы в благоприятном для культурных растений направлении. Установлена тесная взаимосвязь между дозами навоза и балансом органического вещества, от которого зависит изменение содержания гумуса.

Внесение минеральных удобрений положительно влияет на изменение содержания подвижных форм фосфора и обменного калия, однако заметно подкисляет почву.

Влияние на баланс органического вещества существенное, т.к. при внесении умеренных доз (NPK)₆₀ минерализация гумуса усиливается, а повышенных до 180 кг/га – замедляется вследствие сильного подкисления почвы.

Таблица 4. Зависимость основных агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы от доз органических и минеральных удобрений

Агрохимические показатели почвы	Дозы навоза		Дозы NPK	
	R	уравнение регрессии	R	уравнение регрессии
pH	0,273	$Y=5,65+0,00037x$	-0,815	$Y=-5,595-0,00025x$
S	0,904	$Y=-11,76+0,0037x$	0,634	$Y=11,64+0,0002x$
Нг	0,681	$Y=1,114-0,019x$	0,735	$Y=1,73+0,00009x$
P ₂ O, мг/кг	0,997	$Y=234,4+0,26x$	0,996	$Y=-237,1+0,081x$
K ₂ O, мг/кг	0,951	$Y=100,6+0,48x$	0,999	$Y=106,3 +0,0,85x$
Гумус, %	0,989	$Y=2,02 +0,0038x$	0,516	$Y=2,03+ 0,00006x$
Баланс органического вещества (кг/га)	0,999	$Y=-1539+108,2x$	0,756	$Y=-2437+0,0001x$

В результате регрессионного анализа установлено, что баланс органического вещества в данном опыте на 98% зависит от доз навоза, сидератов и NPK:

$$Y = -2126 + 113,4x_1 + 46,7x_2 - 1,098x_3$$

$$\text{при } R = 0,99 \pm 0,024,$$

где: Y – баланс органического вещества (кг/га);

x_1 – дозы навоза (т/га); x_2 – дозы сидерата (т/га); x_3 – дозы NPK (кг/га д.в.).

Изменение содержания гумуса в почве на 97,3% определяется дозами вносимых удобрений. Эта зависимость выражается уравнением:

$$Y = -0,064 + 0,0039x_1 + 0,00294x_2 - 0,0000592x_3$$

$$\text{при } R = 0,986 \pm 0,028$$

Агроценоотический метаболизм и превращение веществ и энергии в почве происходит под влиянием различных групп микроорганизмов. Внесение удобрений оказывает влияние на их состав и количество. Исследования показали (табл. 5), что заплата навоза и сидерата в 6,6-7,8 раза увеличивает количество аммонифицирующих микроорганизмов по сравнению с контролем. В вариантах навоз₁₂₀, сидерат₃₀, (NPK)₆₀ + навоз₃₀ + сидерат₁₀ число аммонификаторов возросло в 3,6-5,1 раза по сравнению с неудообренным вариантом.

От заправки сидерата увеличилось количество микроорганизмов, использующих минеральный азот, бацилл, актиномицетов и грибов. Коэффициент минерализации (КМ) снизился в 1,75-2,4 раза. Внесение минеральных удобрений в меньшей степени изменяло состав почвенной микрофлоры.

Таблица 5. Количество основных групп микроорганизмов в зависимости от удобрений (тыс. шт. в 1 г сухой почвы)

Удобрения	Аммонифицирующие	Использующие минеральный азот	Олиготрофы	Бациллы	Актиномицеты	Грибы	КМ
Без удобрений	225	280	1415	110	30	3,15	1,24
Навоз 120 т/га	1475	775	2031	180	45	5,4	0,52
Сидерат 30 т/га	1750	900	1993	475	45	4,8	0,51
(NPK) 60 кг/га	800	385	2118	170	40	3,85	0,48
(NPK) 60 + навоз 30 + сидерат 10 кг/га	1155	815	2225	545	15	4,1	0,71

Выводы

Внесение удобрений на дерново-подзолистых почвах обеспечивает поступление в агроэкосистемы веществ и энергии, влияющих на агроценоотический метаболизм в целом: агрохимические свойства, активность почвенной микрофлоры, баланс и содержание органического вещества.

1. Органические удобрения повышают рН и Нг и сумму поглощенных оснований S, минеральные – подкисляют почвенный раствор и снижают величину рН на 0,19-0,21.
2. Положительный баланс подвижного фосфора формируется при дозах навоза 60-120 т/га, минеральных удобрений (NPK) – 60-180 кг/га и различных их сочетаниях.
3. Положительный баланс обменного калия обеспечивается внесением высоких доз навоза (90-120 т/га) и минеральных удобрений – (NPK)₁₈₀. Степень изменения содержания обменного калия зависит на 75% от доз навоза и на 83% – от доз NPK.
4. Баланс органического вещества дерново-подзолистой почвы на 98% зависит от доз навоза, сидератов и NPK.
5. Запашка навоза и сидератов обогащает видовой состав почвенной микрофлоры, увеличивает количество аммонификаторов, бацилл, актиномицетов и грибов и снижает коэффициент минерализации почвенного органического вещества.
6. Оптимальной системой удобрений на дерново-подзолистых почвах может быть запашка зеленой массы сидератов с урожайностью не менее 10 т/га, навоза 30 т/га и внесение минеральных удобрений в дозе 60 кг/га.

=====

Список использованных источников

1. Лыков А.М. Современные системы земледелия: послесловие к дискуссии / А.М. Лыков, И.С. Кауричев, М.И.Сидоров М.А. Глазовская // Земледелие. – 1990. – №1. – С. 12-17.
2. Лыков А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А.М.Лыков, А.И.Еськов, М.Н.Новиков. – М. – 2004. – 630 с.
3. Башкин В.Н. Фундаментальные основы устойчивой биопродуктивности агроэкосистем // Земельная реформа и проблемы развития земледелия СССР. – Курск. – 1992. – С. 220-225.
4. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. – Пушино: РАН. – 1994. – 148 с.
5. Злобин Ю.А. О характере воздействия агрофитоценозов на экологическую среду // Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности. – Ижевск. – 1991. – С. 56-63.
6. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. –М.: Наука. – 1973. – 447 с.
7. Миркин М.М. Управление плодородием почв: агроэкосистемный подход / М.М. Миркин, Ф.Х. Хазиев, Я.Т. Суюндуков, Р.М. Хазиахметов // Почвоведение. – 2002. - №2. – С. 228-234.
8. Соколов О.А. Конструирование устойчивых агроэкосистем (концепция подпроекта) / О.А. Соколов, В.Н. Кирюшин, Б.Н.Золотарева, Л.А. Головлева. – Пушино: Пропринт. – 1993. – 33 с.
9. Тейт Роберт. Органическое вещество почвы. – М.: Мир. – 1991. – 399 с.
10. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука. – 1975. – 656 с.
11. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Школьников, Г.И. Переверзев. – М.: Колос. – 1993. – 175 с.
12. Лыков А.М. К методике расчетного определения гумусового баланса почвы в интенсивном земледелии // Известия ТСХА. – 1979. – В.6. – С. 14-20.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

=====

Цитирование:

Прудникова А.Г., Прудников А.Д., Павлюченкова В.А., Гомонов А.А., Богданова Л.И. Изменение агрохимических и биологических свойств почвы при внесении различных видов и соотношений органических и минеральных удобрений // АгроЭкоИнфо. – 2020, №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_421.pdf.