

УДК 631.41

## ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С ПОЧВОЙ

В.А. СЕДЫХ, В.А. ЧЕРНИКОВ, В.И. САВИЧ, М.М. КУЗЕЛЕВ

(РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева)

*Рассматривается информационно-энергетическая оценка взаимодействия органических удобрений с почвой. Показано, что при взаимодействии навоза, птичьего помета и пожнивных остатков растений с дерново-подзолистой почвой происходит изменение трансформации, миграции и аккумуляции в почве вещества, энергии и информации самой почвы и органических удобрений. Это подтверждается изменением вещественного состава почв, мигрирующих вод и эмиссии из почв, а также изменением энергетических эквивалентов вещественного состава и энергий активации реакций, КПД использования энергии системой почва - растение и изменением структуры взаимосвязей в почве.*

*Ключевые слова: плодородие почв, органические удобрения, информационная оценка, энергетическая оценка.*

Изменение почв под влиянием органических удобрений и их влияние на развитие растений определяется трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации самих почв и вносимых удобрений. В соответствии с термодинамическими принципами эффект совместного воздействия обусловлен влиянием органических удобрений на свойства, процессы и режимы, саморазвитие компонентов экологической системы. При этом происходит взаимовлияние трансформации вещества, энергии и информации [13, 14]. Вещество, энергия и информация поступают в систему и в измененном виде отражаются от нее, выходят из системы в соответствии с протекающими процессами; поглощаются системой и используются для ее развития, переходят от одного компонента системы в другой [8].

При применении органических удобрений увеличивается поступление вещества, энергии и информации в почву и другие компоненты агрофитоценозов, возрастает интенсивность обмена с водной и воздушной средой; увеличивается интенсивность процессов минерализации, миграции, трансформации. При этом изменяется состав и разнообразие микробиологической активности, ферментов, микроорганизмов [1, 3].

Поступающее в почву органическое вещество удобрений и увеличивающаяся масса корневых и пожнивных остатков частично разлагаются. Освобождающаяся энергия используется для образования более сложных органических соединений, вторичных минералов, для трансформации почвенного поглощающего комплекса. Как следствие происходит изменение разнообразия и эффективности локальных геохимических барьеров (горизонтов почв), увеличивается мощность слоя, захваченного почвообразованием. Это приводит к увеличению интенсивности развития дернового процесса почвообразования и оглеения, а в подзонах северной и средней тайги — подзолообразования.

Под влиянием высоких доз органических удобрений происходит изменение свойств почв, протекающих процессов и режимов, эволюции почв. При этом изменяются твердая, жидкая, газообразная фазы почв, биота почв, растительный покров.

Однако рассматриваемые проблемы изучены недостаточно, что и послужило основанием для выполнения работы.

### **Методика исследования**

В качестве объектов исследования выбраны дерново-подзолистые почвы Московской обл. [19], дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые почвы опытного поля кафедры растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые почвы Петелинской птицефабрики Московской обл. [15]. Изучались почвы разной степени окультуренности и удобренности и с разной дозой внесения птичьего помета.

Методика исследования состояла в статистической обработке данных агрохимической службы Московской обл. для почв 17 птицеводческих хозяйств, в статистической обработке данных 40-летнего полевого опыта кафедры растениеводства РГАУ-МСХА, в изучении свойств почв Петелинской птицефабрики при внесении 100, 500, 1000 т/га птичьего помета, в постановке модельных опытов по оценке влияния разных доз птичьего помета на свойства почв.

При исследовании применяли традиционные методы исследования почв. Дополнительно для оценки содержания в почве положительно и отрицательно заряженных соединений применялся метод химической автографии на основе электролиза. Определялась комплексообразующая способность водорастворимого органического вещества почв [12]. С использованием дериватографии и инфракрасной спектроскопии дана углубленная оценка органического вещества почв [10]. Совместно с О.В. Селицкой и Ж. Норовсурэн определена микробиологическая активность почв, в разной степени удобренных пометом. Для оценки взаимосвязей свойств почв рассчитывались уравнения множественной регрессии и коэффициенты парной корреляции. Методом термографии по теплоте сгорания определены энергетические характеристики почв, органического вещества [13].

### **Результаты и их обсуждение**

По полученным данным установлено, что органические удобрения влияют на: 1) растворимость осадков в почве, определяемую константами диссоциации, эффектами протонирования, комплексообразующей способностью органического вещества;

2) подвижность и доступность элементов питания и токсикантов, определяемых дополнительно молекулярной массой образующихся соединений, их зарядом, кинетическими параметрами образования и распада;

3) освобождение элементов питания из органического вещества почв и растительных остатков, определяемое изменением отношений C:N, C:P, наличием ароматических и алифатических группировок, устойчивостью к микробиологическому разложению;

4) развитие микроорганизмов, определяемое запасами в органических удобрениях вещества и энергии, используемых микроорганизмами;

5) буферные свойства почв;

6) образование структуры, определяемой структурообразующей способностью водорастворимых веществ органических удобрений;

7) водно-физические свойства почв;

- 8) развитие почвоутомления;
- 9) температурный режим почв;
- 10) воздушный режим почв;
- 11) процессы метаболизма в растениях [12].

Внесение в почву органических удобрений приводит к увеличению стимулирующей способности почв. По полученным нами данным, она была в 10-100 раз ниже биологической активности гетероауксина.

Органические удобрения, вносимые в почву в умеренных дозах, улучшают и структуру почв. Так, при внесении в дерново-подзолистую почву 30 т/га сена водорастворимое органическое вещество из продуктов его трансформации осаждало 0,15 г илстой фракции, при внесении 30 т/га навоза — 0,17 г, а при 100 т/га навоза — 0,25 г. В этих же вариантах вытяжкой 0,1н. NaOH + 0,1н. CaCl<sub>2</sub> осаждалось соответственно 0,10; 0,12 и 0,30 г илстой фракции.

Нашими исследованиями показано, что внесение в дерново-подзолистую почву пожнивных остатков увеличивало гидрофильность почв. Так, по данным дериватографии, потеря массы в интервале 0-190 °С составляла при внесении в почву ботвы картофеля 2,3%, соломы ячменя — 2%, соломы пшеницы — 2,2%, в контроле — 1,9%.

Пожнивные остатки растений увеличивали и структурообразующую способность почвенных растворов. Так, в контрольном варианте дерново-подзолистой почвы опытного поля агрегаты более 3 мм составляли 1,1±0,9%; более 0,2 мм — 42,2±2,8%; а при внесении соломы пшеницы 3 г/100 г и 30 г/100 г — соответственно 12,7±2,9% и 46,0±12,4; 54,0±1,2 и 78,3±6,5%. При внесении в почвы ботвы картофеля в тех же дозах содержание частиц более 3 мм было равно 1,7±0,4 и 63,6±18,1%; а содержание частиц более 0,25 мм — соответственно 57,3±5,5 и 88,4±4,3%.

Внесение в почву птичьего помета приводит к изменению гумусового состояния почв. Это же отмечается и при внесении в почву навоза и пожнивных остатков. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах при внесении низкой дозы птичьего помета составило в A<sub>n</sub> и A, 3,4±0,8 и 2,9±0,2%, при высокой дозе — 6,3±0,2 и 41±0,4%.

Исследования гумусового состояния в видимой области спектра и ПК спектроскопии на стационарном опыте ТСХА показали, что наименее сложными были гуминовые кислоты в варианте с внесением навоза, наиболее сложными — в варианте бесменного пара. В последнем варианте отмечалось снижение интенсивности полос поглощения валентных колебаний CH<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub> групп, свидетельствующих о снижении доли алифатических цепей в построении этих кислот. При применении навоза в гуминовых кислотах отмечалось уменьшение содержания ароматических компонентов [17, 18].

По литературным данным, при систематическом внесении в почвы птичьего помета наблюдалось увеличение степени гумификации органического вещества и расширение отношения Сгк/Сфк. Изменение при этом фракционного состава гумуса зависело от типа почв и их гранулометрического состава [11].

По полученным нами данным, внесение в почву органических удобрений приводило к изменению инфракрасных спектров почв. Так, внесение навоза 30 т/га привело по сравнению с контролем к изменению поглощения в области 3600-2800 см<sup>-1</sup> до 80% при оптимальной влажности и 122% — при избыточной. Для поглощения в области 1700-1600 см<sup>-1</sup> — соответственно 156 и 129% по сравнению с контролем, адля поглощения в области 1300-900 см<sup>-1</sup> — 112 и 187% для вариантов оптимального и избыточного увлажнения соответственно.

Внесение органических удобрений изменило количество в почве отдельных функциональных групп. Так, в контрольном варианте дерново-подзолистой почвы содержание групп СООН при оптимальной и избыточной влажности составляло 0,8 и 0,8 относительных единиц (по сравнению с поглощением стандарта при 1450 см<sup>1</sup>), а при внесении органических удобрений — 0,8±0,1 и 1,0±0,2. Содержание групп ОН изменилось более существенно - от 2,1 до 3,0±0,4 и от 2,3 до 4,8±0,9 соответственно при оптимальной и избыточной влажности.

Проведенные исследования показали, что гумус обладает способностью к защите внесенных в почву легкоразлагаемых гумусовых веществ от минерализации.

Внесение в почву органических удобрений и пожнивных остатков растений изменяло и соотношение алифатических и ароматических группировок (табл. 1).

Как следует из полученных данных, внесение сена и навоза в дозе 100 т/га (особенно при избыточном увлажнении) значительно снижало содержание «инертного» гумуса.

Таблица 1

**Соотношение «активных» и «инертных» частей органического вещества дерново-подзолистой почвы после внесения органических удобрений**

Вариант	Увлажнение	Потеря массы в области температур, %		III
		I — 190-450° С	II — 450-600 °С	
Контроль	Оптимальное	28	15	1,9
	Избыточное	26	16	1,7
Сено, 30 т/га	Оптимальное	22	10	2,2
	Избыточное	22	10	2,2
Навоз, 30 т/га	Оптимальное	20	12	2,5
	Избыточное	22	12	1,8
Навоз, 100 т/га	Оптимальное	29	9	2,4
	Избыточное	24	7	3,4
Солома, 30 т/га	Оптимальное	27	12	1,8
	Избыточное	31	16	1,7

*Энергетическая оценка гумусового состояния почв и органических удобрений*

Энергетическая оценка органических удобрений, вносимых в почву, с нашей точки зрения, обусловлена следующими факторами:

1) содержанием энергии в органических удобрениях, в корнях и пожнивных остатках растений, в почвах разной степени удобрённости органическими компонентами (в гумусе, в ПИК, в микробной массе);

2) изменением энергии активации реакций, протекающих в почвах (по данным дериватограмм органических удобрений), остатков растений, почв разной степени удобрённости навозом и птичьим пометом и степени окультуренности;

3) изменением фракционного состава энергии почвенных компонентов по данным группового и фракционного состава гумуса, изменением при внесении органических удобрений минералогического состава почв, почвенного поглощающего комплекса, фракционного состава биофильных элементов и фосфатов в первую очередь;

4) накоплением энергии в системе почва - растение и изменением КПД использования ФАР растениями, КПД использования солнечной энергии в процессах почвообразования;

5) изменением миграции энергии в водную и воздушную среды;

6) изменением взаимосвязей трансформации, миграции и аккумуляции вещества, энергии и информации в почве, взаимосвязей фракционного состава энергии в отдельных компонентах биогеоценозов и агрофитоценозов на разных иерархических уровнях;

7) увеличением поступления в растения компонентов органического вещества с запасом энергии.

При этом изменяются как энергетика минеральной и органической части почв, микроорганизмов, так и энергетические потоки, связанные с передачей энергии с участием фосфатов.

Энергия органических соединений (удобрений и пожнивных остатков) определяет возможность протекания в почве реакций с затратами тепла, с большей энергией активации. При этом израсходованная энергия не возобновляется, но дает толчок к развитию новых последовательно протекающих процессов, к новому саморазвитию почв. Это определяет информационную функцию затраченной энергии.

Применение органических и минеральных удобрений, как и все процессы окультуривания почв, приводят к изменению энергетики системы почва - растение.

По полученным нами данным, повышение плодородия почв сопровождается увеличением как урожая с.-х. культур и энергоёмкости фитомассы, так и содержания гумуса и накоплением в нем энергии. Это иллюстрируется следующими данными (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Энергоёмкость гумуса (слой 0-20 см), продуктивность многолетних трав  
2-го года пользования и вынос ими NPK**

Вариант опыта	Гумус, млн ккал/га	Фитомасса, млн ккал/га	Усвоено растениями, кг/га		
			азота	фосфора	калия
Низкое плодородие	210	33	112	12	100
Среднее плодородие	244	58	186	22	145
Повышенное плодородие	283	61	202	24	166
+ NPK на усвоение растениями 3% ФАР	335	81	275	34	325

По полученным данным, за 30-летний период в среднем по севообороту на 1 га с послеуборочными остатками в почву поступало на слабоокультуренной почве 11,7 млн ккал/га, на средне- и хорошо окультуренной без удобрений — 16,4-17,5 млн ккал/га и на этих почвах с удобрениями — 23,9-24,5 млн ккал/га.

На дерново-подзолистых почвах Московской области вовлекалось в биологический круговорот под озимой пшеницей 17,7 ккал/100 г; отчуждалось с урожаем — 9,4; возвращалось с послеуборочными остатками — 7,7; мигрировало в грунтовые воды с органическим веществом — 4,8; было аккумулировано в гумусе — 4,2 ккал/100 г [6].

Разными энергетическими характеристиками обладают гумус отдельных почв и органическое вещество удобрений. По литературным данным, теплота сгорания свежего коровьего навоза составляет 0,38 ккал/100 г; свежего конского навоза —

0,40; полуразложившегося коровьего навоза — 0,55; куриного помета — 0,34 [16]; почвенных гуминовых кислот — 464-529 [2]; теплота сгорания грибов — 490-510, актиномицетов — 570-580; бактерий — 620 ккал/100 г [13]. При дозе навоза 30 т/га поступление энергии в почву очень значительно.

По полученным нами данным, сухая биомасса микроорганизмов в зависимости от окультуренности и норм удобрений колебалась от 350 до 710 кг/га с энергоемкостью 2,17-4,40 млн ккал/га; грибов — от 200 до 650 кг/га с энергоемкостью 1,08-3,51 млн ккал/га; микро- и мезофауны — от 100 до 650 кг/га с энергоемкостью — 0,58-3,77 млн ккал/га ежегодно.

Изменение энергетики почв под влиянием органических удобрений хорошо идентифицируется методом дериватографии. Анализ деривате грамм гуминовых кислот дерново-подзолистых почв бессменного пара и варианта с внесением навоза показал, что наименьшим содержанием ароматических компонентов характеризуются гуминовые кислоты варианта бессменный пар. Максимальная температура разрушения этих компонентов в варианте бессменный пар была наименьшая [17, 18]. На фоне извести и навоза гуминовые кислоты становились более дегидратированными, а минеральные удобрения способствовали гидратации гуминовых кислот.

В проведенных нами исследованиях оценивалось изменение дериватограмм образцов дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (горизонтов А<sub>п</sub> и А<sub>1</sub>А<sub>2</sub>) при внесении 500 и 1000 т/га птичьего помета, а также образца почвы под слоем свежего помета более 1000 т/га. Анализируя результаты деривате графического анализа исследуемых образцов, следует отметить, что образец с очень высокой дозой внесения птичьего помета содержит большое количество компонентов органического вещества, сгорающих при различных температурах, в т.ч. при высоких.

Влияние средних доз помета проявилось в том, что в горизонте А<sub>2</sub> исчез высокотемпературный компонент. В отличие от этого внесение больших доз помета не сказалось на количестве удаляемых компонентов органического вещества. Однако

Таблица 3

**Соотношение данных дериватографического анализа дерново-подзолистых почв при разных дозах внесения птичьего помета**

Вычисляемые показатели	Средняя и высокая дозы внесения помета	Максимальная доза внесения помета
Эндотермические эффекты	119,2±2,8 597,0± 15,1	126 670
Соотношение max/min	5,0±0,1	5,9
Экзотермические эффекты	335,5±5,5 480,0±0,1	241 508
Соотношение max/min	1,4±0,1	2,1
Потеря массы* при 100 °С при 500 °С	14,9±3,3 10,4±5,0	3,3 26,0
Соотношение потери массы при 800 °С и 100 °С при 300 °С и 100 °С	3,3±0,8 3,8±3,0	17,1 11,7

\* в % от суммы потерь.

в горизонте  $A_2$  отмечается снижение температур разрушения двух последних компонентов органического вещества.

Полезную информацию дает вычисление соотношения потерь массы при разных температурах и показателей дериватографии для обобщенных вариантов.

Как видно из представленных данных, при максимальной дозе внесения в почву помета увеличивается температура эндотермических эффектов и уменьшается температура экзотермических эффектов в низкотемпературной области, но увеличивается в высокотемпературной. Очевидно, это связано с повышением влажности почв, в т.ч. прочносвязанной воды, а также с увеличением доли трудно разлагаемых органических соединений. Это соответствует уменьшению массы потерь при 100 °С и увеличению при 300, 500 и 800 °С.

При максимальной дозе внесения помета в почву значительно увеличилось разнообразие органического вещества почв (от 4 до 9 термических пиков потери массы). Потеря массы происходила и при температуре 758 °С, в то время как в других вариантах максимальная температура потери массы опускалась до 443 °С. В то же время уменьшалась температура первого низкотемпературного пика потери массы 70 °С, как в других вариантах — до 104 °С. Это соответствует тенденциям, установленным ранее [17, 18].

По нашему мнению, внесение органических удобрений в почву приводит к изменению устойчивости почв, к переводу почв на новый энергетический уровень.

В предыдущих исследованиях [17, 18] показано, что трансформация гуминовых кислот при дефиците привносимого органического вещества сопровождается отбором термодинамически устойчивых, в т.ч. азотсодержащих компонентов. Для защиты стабильной ядерной части от разрушения необходимо внесение свежего органического вещества.

Длительное внесение бесподстильного навоза от 50 до 140 т/га органического вещества за 15 лет улучшало агрофон и на 40% повышало биоэнергетический коэффициент (КПД) энергозатрат, снижало энергетическую себестоимость зерновой продукции. При этом отношение энергетической продуктивности к израсходованной энергии, равное 2,5 (биоэнергетический коэффициент), считающееся оптимальным для умеренной полосы, получено в условиях последействия 5-кратной дозы навоза. Показатели энергозатрат на производство зерна (по 3-летним данным) — 7,2 ГДж/т также были близки к опубликованным в литературе данным — 5,6-6,2 ГДж/т [9].

#### *Информационная оценка гумусового состояния почв и органических удобрений*

По мнению авторов, внесение в почвы органических удобрений в значительной степени изменяет в них структурные взаимосвязи между свойствами почв.

При информационной оценке органических удобрений, вносимых в почву, определяются следующие параметры: 1) биологическая активность почв, разнообразие биоты, микроорганизмов и их количество; 2) изменение числа сорбционных мест и их разнообразия; 3) усложнение взаимосвязей в почвах; 4) увеличение доли влияния на развитие системы внутренних связей над внешними; 5) усложнение гумусового состояния почв, увеличение его матричной функции; 6) образование более сложных вторичных минералов, увеличение их матричной функции; 7) тенденция к усложнению системы, к уменьшению доли процессов, идущих с возрастанием энтропии; 8) увеличение поступления в растения комплексных соединений с наличием в них информации; 9) увеличение миграции в водную и воздушную среды органических и комплексных соединений, являющихся активатором ряда процессов; 10) изменение скорости и адекватности ответных реакций почв и растений на внеш-

ние воздействия; 11) увеличение устойчивости системы к экстремальным ситуациям; при изменении векторов и скалярных величин изменения свойств почв под влиянием внешних воздействий; 12) изменение ПДК и ПДУ воздействия на почву; 13) увеличение взаимозаменяемости факторов, числа степеней свободы использования почв, альтернативности вариантов эволюции.

По нашим данным, информация, заключенная в органических соединениях, проявляется при очень большом разведении водных, щелочных и спиртовых растворов этих соединений.

В значительной степени информационное влияние органических удобрений на свойства почв обусловлено изменением микробиологической активности почв [3]. При этом, с одной стороны, вносимые в почву органические удобрения в связи со своим химическим и биохимическим составом создают разные условия для развития отдельных групп микроорганизмов, что приводит и к изменению разнообразия и численности микроорганизмов. Сами органические удобрения содержат определенные группы микроорганизмов, которые как активируют, так и ингибируют микроорганизмы почвы и увеличивают разнообразие и функции микроорганизмов почвы. Все это приводит и к изменению гумусового состояния почв. С другой стороны, изменившееся гумусовое состояние определяет и иной состав микрофлоры.

Состав органических соединений определяет микробиологическую и ферментативную активности почв. В свою очередь, микробиологическая активность регулирует характер разложения органического материала удобрений и почв. Образующиеся при этом органические продукты регламентируют новый состав микрофлоры, т.е. причина определяет следствие, но следствие является причиной новых трансформаций вещества, энергии и информации в почве.

В работах, выполненных нами совместно с О.В. Селицкой, показано, что состав органических компостов на основе навоза существенно влияет на микрофлору почв. В то же время применение биотехнологических методов регулирования сукцессионных изменений в микробных популяциях различного состава позволяет получить органические удобрения с заранее заданными свойствами, необходимыми для оптимизации почвенно-микробиологических процессов.

По данным, полученным совместно с Ж. Норовсурэн, применение птичьего помета привело к изменению в почве количества и состава актиномицетов. При этом при высокой дозе внесения в почвы птичьего помета содержание одних групп актиномицетов увеличилось, других — уменьшилось. В горизонте  $A_n$  при внесении высоких доз птичьего помета практически не изменилось содержание актиномицетов *Achromogenes* ( $n \cdot 10^5$  КОЕ/г); несколько уменьшилось содержание *Chromogenes* (от  $4 \cdot 10^4$  до  $6 \cdot 10^3$ ); увеличилось содержание *Violaceiis* (от 0 до  $6 \cdot 10^3$ ), *Lavendiilae Rosens* (от 0 до  $2 \cdot 10^4$ ), *Albiis* (от 0 до  $1,2 \cdot 10^4$ ), *Imperfectiis* (от  $6 \cdot 10^4$  до  $2,1 \cdot 10^5$ ). В горизонте В произошло увеличение содержания практически всех перечисленных групп (при одинаковом содержании *Imperfectus*).

Установлено, что внесение в серые лесные почвы одновременно 40 т/га бесподстилочного навоза (и до 80 т/га за ротацию севооборота) привело к увеличению микробной биомассы на 0,6-1,0 т/га, увеличению доли прокариот до 4-5%, но в то же время увеличению массы спор грибов в весенний период до 14%. Внесение в почву навоза обеспечивало высокую степень разложения клетчатки (58,6%), интенсивное развитие азотобактера (76,78%) [7].

Высокие дозы органических удобрений оказывают существенное влияние на фосфатный режим почв и на протекающие в почвах энергетические процессы. По полученным нами данным, при высоких дозах птичьего помета образуется больше комплексных органо-металло-фосфатных соединений, которые в значительной сте-

пени мигрируют в водную и воздушную среды. Это приводит к нарушению экологической обстановки. Внесение высоких доз птичьего помета приводит к значительному увеличению содержания подвижных фосфатов до 1700 мг/кг.

Нарушение оптимального фосфатного режима почв и питания растений приводит к нарушению энергетики — уменьшению КПД использования ФАР, биофильных элементов, к нарушению Oх-Red процессов. При этом, с одной стороны, внесение органических удобрений и увеличение содержания гумуса в почве приводят к изменению содержания фосфатов в почвах, с другой стороны, увеличение содержания фосфатов изменяет интенсивность энергетических процессов в почвах.

По полученным нами данным, внесение органических остатков и птичьего помета в почву увеличило комплексообразующую способность почвенного раствора и уменьшило соотношение положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений катионов в почвах [12]. Органические удобрения увеличивали подвижность поливалентных катионов в почвах в связи с образованием комплексов этих катионов с органическими лигандами [15].

Тенденция процесса иллюстрируется и данными, полученными при статистической обработке материалов агрохимической службы по Московской обл. (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Связь содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах хозяйства с содержанием гумуса и  $P_2O_5$**

$P_2O_5$ , мг/кг, $\bar{X}$	Гумус, %, $\bar{X}$	Pb	Zn	Ni	Cu
		мг/кг			
1067,4	5,3	9,2±0,9	32,5±3,6	7,3±1,5	5,5±1,2
419,2	3,5	8,0±0,4	23,2±7,9	6,1±2,4	4,1±0,4

Как видно из представленных данных, при внесении высоких доз помета в почву отмечается тенденция к увеличению содержания в почвах подвижных форм поливалентных катионов, несмотря на возможности образования при этом осадков фосфатов с этими катионами [12].

По полученным нами данным, навоз и пожнивные остатки, внесенные в почву, повышали комплексообразующую способность почвенного раствора. Так, в контрольном варианте комплексообразующая способность по отношению к меди составляла 2,2 мг/л раствора и 220 мг/г С; при внесении соломы 30 т/га — соответственно 4,2 и 210; при внесении сена 30 т/га — соответственно 6,0 и 600; при внесении навоза 30 т/га — соответственно 4,2 и 210.

В дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности (гумусированности) существенно отличались и взаимосвязи между свойствами почв. По полученным данным, структурные взаимосвязи между свойствами почв отличались и при разных дозах внесения в них птичьего помета (табл. 5, 6).

Т а б л и ц а 5

**Парная корреляция связи подвижных фосфатов в дерново-подзолистых суглинистых почвах с содержанием гумуса  $Y = A + BX$**

Дозы внесения помета	Уравнения регрессии	Индекс корреляции
Средние*	$Y = 82,2 + 434,5X$	0,52
Низкие**	$Y = 31,6 + 123,5X$	0,27

\* 500 т/га; \*\* 100 т/га в таблицах 5 и 6.

**Коэффициенты корреляции между содержанием гумуса, подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах**

Дозы внесения помета	Коэффициенты корреляции			R <sup>2</sup>
	K = f(Г)	K = f(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = f(Г)	
Средние*	0,36±0,07	0,67±0,06	0,41±0,09	0,50±0,08
Низкие**	0,36±0,05	0,34±0,05	0,31±0,04	0,30±0,04

### Выводы

1. Предлагается авторская информационная и энергетическая оценка влияния органических удобрений на свойства почв.

2. Экспериментальными исследованиями на дерново-подзолистых почвах показано существенное изменение при внесении высоких доз органических удобрений в почву их гумусового состояния, микробиологической активности, энергетики почв, интенсивности развития процессов гумусообразования.

3. Применение средних доз навоза (30 т/га за ротацию севооборота) в течение 40 лет и внесение в почвы больших доз пожнивных остатков растений и высоких доз помета (до 1000 т/га) привели к увеличению содержания подвижных фосфатов в почвах (до 1500 мг/кг), комплексобразующей способности почвенных растворов, соотношения в почве отрицательно и положительно заряженных комплексных соединений катионов, к изменению структурных взаимосвязей между свойствами почв, несущих информационную функцию.

### Библиографический список

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980. 288 с.
2. *Алиев С.А.* Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв. Баку, 1978. 253 с.
3. *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования. Л., 1980. 235 с.
4. *Володин В.С.* Экологические основы оценки и использования плодородия почв. М., 2000. 336 с.
5. *Духанин Ю.А., Савич В.П., Батанов Б.Н., Савич К.В.* Информационная оценка плодородия почв. М., 2006. 476 с.
6. *Замараев А.Г., Савич В.П., Сычев В.Г., Духанин Ю.А.* Энергомассообмен в звене полевого севооборота. 4.2 Баланс вещества, энергии и информации в звене полевого севооборота на дерново-подзолистых почвах. М., 2005. 336 с.
7. *Зинченко М. К.* Биологические особенности серой лесной почвы Владимирского опочья при различных агротехнических приемах. М., 2011. 220 с.
8. *Карпухин А.И.* Комплексные соединения — одна из основных форм превращения вещества и энергии в почвах // Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: сб. науч. тр. М. 2004. С. 189-201.
9. *Кривова Л.С.* Последствие бесподстильного навоза на урожайность зерновых культур и динамику агрохимических показателей дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2004. 21 с.
10. Методы изучения минералогического состава и органического вещества почв / под ред. И.С. Рабочева. Ашхабад, 1975. 416 с.

11. Орлов П.В. Влияние систематического внесения помета на качественный состав гумуса // Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений: сб. науч. тр. Н. Новгород, 2011. С. 80-83.

12. Савич В.П., Парахин Н.В., Степанова Л.П. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Орел. 2001. Т. 1. 234 с., Т 2. 205 с.

13. Савич В.П., Сычев В.Г., Замараев А.Г. Энергетическая оценка плодородия почв. М., 2007. 498 с.

14. Савич В.П., Булгаков Д.С., Виолов Н.Г. Интегральная оценка плодородия почв. М., 2010. 347 с.

15. Седых В.А., Кашанский А.Д., Химика Е.Г. Изменение подвижности тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах в зависимости от степени их гумусированности и применения высоких доз органических удобрений//Известия ТСХА. 2011. Вып. 3. С. 1-9.

16. Семергей К.И., Киятканова О.Л. Агроэнергетическая оценка поступающих в почву органических удобрений и растительных остатков // Пути рационального освоения и использования почвенного покрова Туркменистана: сб. науч. тр. Ашхабад, 1981. 108 с.

17. Черников В.А. Диагностика гумусового состояния почв по показателям структурного состава и физико-химическим свойствам: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1989. 41 с.

18. Черников В.А. Изменение гумусовых соединений почвы в длительных стационарных опытах ТСХА // Плодородие. 2002. №4(7). С. 34-36.

19. Шатилов И. С. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. Ч. 1 Оптимальные параметры системы почва-растение на дерново-подзолистых почвах с целью получения высоких устойчивых урожаев полевых культур. М., 2004. 365 с.

Рецензент — д. с.-х. н. В.Н. Кобзаренко

## INFORMATION-POWER ESTIMATION OF INTERACTION OF ORGANIC FERTILIZERS WITH SOIL

V.A. SEDYKH, V.A. TCHERMKOV, V.I. SAVICH, M.M. KUZELEV

RTSAU named in honour of K.A.Timiryazev

*The information-power estimation of organic fertilizers interaction with soil has been made in the article. It is proved that there are changes in transformation, migration and accumulation of substance, energy and information in the soil as well as organic fertilizers due to interaction of dung, poultry excreta and after-harvest plant residues in sod-podzolic soil. It is corroborated by changes in soil matter composition, migrating waters, emission from soils and reactions activation energy.*

*Key words: soil fertility, organic fertilizers, information estimation, power estimation.*

**Седых Владимир Александрович** — к. с.-х. н., докторант кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева (127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (495) 618-02-24; e-mail: savich.mail@gmail.com).

**Черников Владимир Александрович** — д. с.-х. н., проф. кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. Тел.: (499) 976-39-81.

**Савич Виталий Игоревич** — д. с.-х. н., проф. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. Тел.: (499) 618-02-24.

**Кузелев Михаил Михайлович** — к. б. н., ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. Тел.: (910) 401-43-89.