

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Н. Н. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Изложено обоснование необходимости разработки и использования новых технологий применения удобрений на антропогенно преобразованных торфяных почвах. Приведенные результаты исследований показывают, что инновационные технологии применения удобрений на таких почвах обеспечивают повышение в сравнении с базовой урожайности зерновых культур в среднем на 6,6 ц/га и их окупаемости до 9,4–11,7 кг зерна/кг NPK (или в 1,6–1,8 раз больше), снижение удельных затрат на их применение на 20–30 %, получение дополнительной прибыли на озимых – 64,1 и яровых – 73,1 долл. США/га.

Ключевые слова: почва, диагностика, технология, удобрение, урожайность, эффективность, окупаемость, прибыль.

Abstract

N. N. Semenenko

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF FERTILIZER APPLICATION ON ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PEAT SOILS

The substantiation of the need to develop and use new technologies for the application of fertilizers on anthropogenically transformed peat soils is stated. Innovative technologies for the use of fertilizers on such soils provide an increase in comparison with the basic yield of grain crops by an average of 6,6 centners / ha and their payback up to 9,4–11,7 kg of grain / kg NPK (or in 1,6–1,8 times more), reducing the unit costs for their use by 20–30 %, obtaining additional profit on winter crops – 64,1 and spring crops – 73,1 US dollars / ha.

Keywords: soil, diagnostics, technology, fertilization, productivity, efficiency, payback, profit.

Среди земель сельскохозяйственного назначения в Беларуси важное место занимают антропогенно преобразованные торфяные почвы. Из 998 тыс. га бывших торфяных, используемых в сельском хозяйстве, образовалось более 300 тыс. га органоминеральных почв разной степени эволюции, которые различаются свойствами и плодородием [1]. В отдельных сельхозпредприятиях зоны Полесья почвы агроторфяных комплексов составляют основу земледелия и играют определяющую роль в эффективности животноводства и в целом экономики.

Основные площади торфяных почв в сельскохозяйственном производстве используются более 50 лет. Осушение и длительная эксплуатация этих почв привели к разрушению торфяного слоя, изменению морфологических, химических, водно-физических и биологиче-

ских свойств, снижению запасов органического вещества, биоэнергетического потенциала, уровня эффективного плодородия и производительной способности. Процесс трансформации торфяных почв протекает постоянно. На месте торфяных формируются почвы торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные. В качестве примера можно привести результаты стационарных исследований, полученных на маломощной торфяной почве болотного массива «Хольче» Лунинецкого р-на Брестской обл. и землях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства, когда на месте торфяника с мощностью органо-генного слоя 65–78 см образовался комплекс почв разных стадий эволюции. Основные результаты этих исследований приведены в табл. 1 [2].

Важно отметить еще одну приобретенную особенность торфяных почв разных стадий эволюции: параметры их минерализующей способности при изменяющихся гидротермических условиях (оптимум, недостаток или избыток влажности, оптимальная или низкая для процесса нитрификация температуры и др.), которые могут складываться в течение периода вегетации растений и проявляться по-разному (табл. 2).

Результаты исследований показывают, что при оптимальных гидротермических условиях интенсивность минерализации органических соединений в дегроторфяных, особенно в минеральных постторфяных почвах, значительно выше, чем в торфяных (повышение по сравнению с исходным состоянием соответственно в 5,4 и 1,7 раз). При снижении влажности почвы до 30 % от ППВ (ниже оптимальной) интенсивность процесса минерализации органических соединений азота в сравнении с оптимальными гидротермическими условиями в торфяных почвах не изменяется, а в дегроторфяных – снижается на 34–40 %. Низкая температура ($t = 5-7$ °C) и особенно избыточное увлажне-

ние (90% от ППВ) ингибируют процесс азот-минерализующей способности исследуемых почв. Это приводит к снижению запасов нетто-минерализуемого азота в пахотном слое всех почв, но в большей степени – в агроторфяных.

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, 2 и в других наших работах [2–4], убедительно доказывают, что состояние водно-физических свойств и гидротермических условий значительно влияют на трансформацию содержания и сбалансированность элементов питания в почвах, доступность и участие их в питании растений. Поэтому система применения азотных и других удобрений под сельскохозяйственные культуры, особенно при проведении подкормок, должна быть адаптивной к изменяющимся почвенным и погодным условиям вегетационного периода и учитывать возможный режим поглощения азота растениями из почв. Это позволит более рационально и экологически безопасно использовать азотные удобрения на торфяных почвах различных стадий эволюции.

Таблица 1. Влияние антропогенного воздействия на трансформацию свойств торфяно-болотной почвы

Почвы	Мощность органогенного слоя, см*)	Содержание в почве				Биоэнергетический потенциал	
		ОВ, %	$C_{орг}$, %	объемная масса, г/см ³	запас влаги, мм	тыс. ГДж	%
		слой 0–20 см			0–50 см	органогенный слой	
1. Торфяно-болотная неосушенная	78	83,7	36,1	0,21	–	22,00	100
2. Агроторфяная	56	82,5	36,8	0,22	438	17,23	78
3. Агроторфяная	48	67,1	30,3	0,37	406	14,38	65
4. Торфяно-минеральная	43	39,8	17,0	0,49	353	12,94	59
5. Минеральная остаточно-торфяная	36	19,7	9,2	0,83	254	10,49	48
6. Минеральная остаточно-торфяная	30	15,1	8,1	0,95	199	8,22	37
7. Минеральная остаточно-торфяная	26	10,8	5,7	1,11	160	5,75	26
8. Минеральная постторфяная	21	4,8	2,5	1,28	130	2,60	12

Примечание. * На момент отбора почвенных проб.

Таблица 2. Влияние гидротермических условий на трансформацию запасов минерализуемого азота в торфяных почвах

Почвы	ОВ, % *	N мин. исх., (слой 0–20 см), кг/га	Запасы N мин. в почвах (слой 0–20 см), кг/га, при экспозиции 45 суток			
			гидротермические условия **			
			1	2	3	4
1. Агроторфяная	82,5	86	142	145	72	83
2. Торфяно-минеральная	39,8	95	306	203	132	160
3. Минеральная остаточно-торфяная	19,7	106	448	295	156	203
4. Минеральная остаточно-торфяная	10,8	98	313	204	71	102
5. Минеральная постторфяная	4,8	56	302	182	61	77

п р и м е ч а н и е. *Ап; **1. $W = 60\%$ от ППВ, $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (оптимальные условия);
2. $W = 30\%$ от ППВ, $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (увлажнение ниже оптимального);
3. $W = 90\%$ от ППВ, $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (избыток увлажнения);
4. $W = 60\%$ от ППВ, $t = 5-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (низкая температура).

В основе рекомендаций по производству и применению удобрений на агроторфяных почвах разных стадий эволюции все еще используются нормативные данные, разработанные в 1980-х гг. для торфяных почв [5, 6]. За прошедшее с тех пор время существенно изменились не только свойства агроторфяных почв, но и сорта культур, агротехника их возделывания. Для оценки обеспеченности почв фосфором и калием используются данные о содержании в них растворимых форм фосфора и калия в 0,2 М соляной кислоте [6]. При этом известно, что раствор 0,2 М HCl экстрагирует из почвы как доступные (одно- и двухзамещенные фосфаты щелочных и щелочно-земельных металлов), так и недоступные растениям (трехзамещенные фосфаты железа, алюминия и кальция) соединения фосфора. Данные анализа выражаются в мг/кг почвы, которые используются при расчете доз удобрений. В зависимости от содержания в них органического вещества и стадий эволюции вес пахотного слоя колеблется в пределах 450–2600 т/га и более, а значит, и существенно изменяются запасы элементов питания в пахотном слое. По данным полевых опытов, коэффициент использования растениями подвижных форм фосфатов и калия чаще всего составляет соответственно 4–8 и 10–15 %. Это указывает на недостаточную объективность оценки фактического содержания в антропогенно преобразованных торфяных

почвах доступных растениям соединений фосфатов и калия. Диагностика обеспеченности этих почв доступными для растений соединениями азота вообще не проводится. Отсутствие методов диагностики обеспеченности этих почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия в производственных условиях приводит к необъективной оценке их эффективного плодородия, ошибкам при расчете доз удобрений, снижению окупаемости всех затрат на возделывание культур, усилению минерализации органического вещества почвы и загрязнения окружающей среды.

Анализ результатов передового производственного опыта в Беларуси и других странах показывает, что повысить продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность земледелия на антропогенно преобразованных торфяных почвах, обеспечить сохранение их плодородия возможно за счет комплексного применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста, физиологически активных веществ и пестицидов с учетом почвенных и погодных условий, биологической потребности растений.

В связи с изложенным считаем, что для более эффективного использования удобрений в производстве необходимо располагать данными о содержании в этих почвах доступных растениям соединений азота, фосфора и калия, а также обновленной нормативной ба-

зой. С учетом этого были разработаны методы определения содержания и оценки обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями азота, фосфатов и калия [3]. Методы основаны на многокомпонентном экстрагировании азота нитратов, обменного аммония, растворимых соединений фосфора и калия из почвы 0,2 М раствором уксусной кислоты. Степень доступности этих соединений элементов питания из почвы примерно такая же, как и из минеральных удобрений. Это позволяет более объективно оценивать эффективное плодородие почв и более точно определять дозы удобрений. Методы максимально унифицированы в соответствии с существующей в Беларуси приборной и аналитической базой. Предлагаемые методы вполне удовлетворяют требованиям проведения оперативной поч-

венной диагностики. Их новизна и актуальность подтверждены выдачей соответствующего патента на изобретение.

В результате лабораторных, полевых и статистических исследований установлены закономерности влияния уровня содержания в почвах и сбалансированности элементов минерального питания на фотосинтетическую деятельность, формирование компонентов продуктивности, урожайности зерновых и других культур и эффективность применения удобрений на таких почвах. На основании полученных закономерностей разработаны ориентировочные градации обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями элементов питания и потребности культур в дополнительном внесении минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 3. Градации обеспеченности почв доступными для растений соединениями элементов питания

Группа почв	Запас элементов в почве (слой 0–25 см), кг/га	Степень обеспеченности почв	Потребность культур во внесении удобрений	Коэффициент возмещения выноса
Минеральный азот (N)				
1	менее 100	низкая	высокая	1,1
2	100–140	средняя	повышенная	1,0
3	141–180	повышенная	средняя	0,7
4	181–240	высокая	низкая	0,4
5	Более 240	очень высокая	отсутствует	0,2*
Фосфор (P₂O₅)				
1	Менее 80	низкая	высокая	1,1
2	80–120	средняя	повышенная	0,9
3	121–170	повышенная	средняя	0,7
4	171–220	высокая	низкая	0,5
5	Более 220	очень высокая	отсутствует	0,2**
Калий (K₂O)				
1	Менее 400	низкая	высокая	1,0
2	401–600	средняя	повышенная	0,8
3	601–800	повышенная	средняя	0,6
4	801–1000	высокая	низкая	0,4
5	Более 1000	очень высокая	отсутствует	–

Примечание. * В подкормку; ** рядковое.

Таблица 4. Эффективность инновационной системы применения удобрений на посевах озимого тритикале (среднее из 5 опытов)

Система удобрения	Дозы удобрений, кг/га			Урожай- ность	Прибавка		Окупаемость 1 кг НРК зерном, кг	Удельные затраты, долл.США/ т зерна	Прибыль долл.США/ га	Рентабель- ность, %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		ц/га	ц/га				
				всего						
1. Без удобрения	-	-	-	34,0	-	-	-	-	-	-
2. Базовая для торфяных почв	55	100	150	51,2	17,2	5,6	85,3	7,7	1,8	
3. Базовая для минеральных почв	145	90	133	55,4	21,4	5,8	87,9	6,0	1,2	
4. Инновационная (новая)	82	70	120	59,7	25,7	9,4	74,9	70,9	15,9	
Инновац. ± торфяные	+27	-30	-30	+8,5	+8,5	+3,8	-10,4	+63,2	+14,1	
к базовым минеральные	-63	-20	-13	+4,3	+4,3	+3,6	-13,0	+64,9	+14,7	

Таблица 5. Эффективность инновационной системы применения удобрений на посевах ячменя (среднее из 5 опытов)

Система удобрения	Дозы удобрений, кг/га			Урожай- ность	Прибавка		Окупаемость 1 кг НРК зерном, кг	Удельные затраты, долл.США/ т зерна	Прибыль долл.США/ га	Рентабель- ность, %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		ц/га	ц/га				
				всего						
1. Без удобрения	-	-	-	35,4	-	-	-	-	-	-
2. Базовая для торфяных почв	55	90	120	52,9	17,5	6,6	84,4	26,0	5,8	
3. Базовая для минеральных почв	120	80	92	56,4	21,0	7,2	84,8	25,7	5,4	
4. Инновационная (новая)	69	46	80	58,3	22,9	11,7	72,3	98,9	23,4	
Инновац. ± торфяные	+14	-44	-40	+5,4	+5,4	+5,1	-12,1	+72,9	17,6	
к базовым минеральные	-54	-34	-12	+1,9	+1,9	+4,5	-12,5	+73,2	18,0	

Установлены нормативы доз удобрений на планируемую урожайность, включая основное внесение и подкормки с учетом обеспеченности почв и растений элементами минерального питания, разработаны инновационные технологии комплексного применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста, физиологически активных веществ и пестицидов [4].

Проверка эффективности новой технологии применения удобрений под зерновые культуры на антропогенно преобразованных торфяных почвах, включающей методы оценки обеспеченности почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия, а также нормативы доз удобрений, осуществлялась расчетным методом для 84 участков (полей) Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства с учетом фактического состояния агрохимических показателей. Выявлено, что за счет учета запаса в почвах доступных растениям соединений азота, фосфора и калия по полям при расчете доз удобрений по новым методическим подходам происходит снижение уровня их доз: д. в. азота в среднем на 34, P_2O_5 – 18 и K_2O – 12 кг/га.

В полевых и производственных опытах выявлено, что наиболее высокой продуктивности зерновых культур при снижении удельных затрат на их производство можно достичь при комплексном применении удобрений и других средств интенсификации продукционного процесса.

Оптимизация минерального питания и обеспечение благоприятного фитосанитарного состояния посевов по этапам органогенеза растений позволяет в наибольшей степени реализовать генетический потенциал продуктивности зерновых культур в сложившихся погодных условиях и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожайности. Результаты исследований показывают (табл. 4, 5), что дифференцированное по полям комплексное применение удобрений (с учетом новых методов диагностики обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия и новой нормативной базы и других средств интенсификации возделывания зерновых культур) обеспечивает повышение в сравнении с базовой системой удобрений урожайности в среднем на 6,6 ц/га, повышение окупаемости удобрений до 9,4–11,7 кг зерна/кг NPK (или в 1,6–1,8 раз), снижение удельных затрат на их применение на 20–30 % и получение дополнительной прибыли на озимых – 64,1 и яровых – 73,1 долл. США/га.

При освоении в производстве новой инновационной технологии комплексного применения удобрений и других средств интенсификации возделывания зерновых культур на площади 100 тыс. га антропогенно преобразованных торфяных почв условно чистая прибыль может составить более 7 млн долл. США.

Библиографический список

1. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
2. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: их трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Минск : Беларус. навука, 2015. – 282 с.
3. Семененко, Н. Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семененко, В. А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.
4. Семененко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семененко. – Минск : ООО «Альфа-книга», 2020. – 320 с.
5. Методика разработки на ЭВМ плана применения минеральных удобрений на сельскохозяйственных угодьях / Госагропром БССР, Респ. производ.-науч. объединение «Белсельхозхимия», Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии ; сост. И. М. Богдевич [и др]. – Минск, 1986. – 93 с.
6. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207-84. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.

Поступила 27 октября 2020 г.