

УДК 631.86:631.445.24

О. Г. КРАСНОБЕРСКАЯ¹, Г. А. СОКОЛОВ¹, Е. Н. СОСНОВСКАЯ¹, В. Н. НАЗАРОВ²

**ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР ПОД ВЛИЯНИЕМ САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА ПРИБЫЛОВИЧИ**

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь,

e-mail: agrico@ecology.basnet.by

²Президиум НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 18.04.2013)

Далеко не всегда оптимальные агрохимические, водно-физические и другие свойства почв, которые характерны для значительной части пахотных земель республики, особенно для почв легкого гранулометрического состава, определяют сложившийся уровень и вариабельность урожайности сельскохозяйственных культур.

Использование сапропелевых удобрений, наряду с прочими, в качестве местных органических и органо-минеральных видов может представлять определенный агроэкологический и хозяйственный интерес для улучшения комплекса агрохимических свойств почв и соответствующего повышения урожайности возделываемых культур [1–7]. Установлено, что сапропель является эффективным удобрением для пропашных культур, яровых зерновых, многолетних трав; на пропашные культуры его действие выше, чем на зерновые. Так, уже в первый год сапропель дает ощутимую прибавку урожая, которая значительно возрастает впоследствии.

Ценность сапропелей для удобрений определяется широким набором минеральных элементов питания растений, содержанием общих и подвижных форм азота, фосфора, калия, железа, серы, микроэлементов, благоприятным рН, содержанием гуминовых и легкогидролизуемых веществ, а также содержанием больших количеств илстой фракции, что существенно влияет на изменение структуры почв. От других видов органических удобрений сапропели выгодно отличаются незасоренность семенами или растениями сорняков. Внесение сапропелевых удобрений в высоких дозах (100 и выше т/га) улучшает водообеспеченность и структуру почв, увеличивает мощность гумусового горизонта, уменьшает объемную массу. Улучшаются агрохимические свойства почв: понижается кислотность почв, возрастают сумма обменных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса, углерода и азота, подвижных форм фосфора и калия. Усиливается биологическая активность почвы, интенсифицируется деятельность аммонификаторов и бактерий, ассимилирующих минеральные формы азота, снижается транслокация тяжелых металлов.

В настоящее время добыча сапропеля на удобрение ведется лишь на озере Червоное Житковичского района Гомельской области (кремнеземистый сапропель) и месторождении Бенин Новогрудского района Гродненской области (карбонатный сапропель). Объемы добычи сапропеля в 2010 г. составляли 140 тыс. т. Это связано с большой долей транспортных расходов в себестоимости сапропелевых удобрений.

В Лельчицком районе Гомельской области с 2010 г. осуществляется разработка сапропелевого месторождения озера Прибыловичи с последующим использованием как для улучшения почв легкого гранулометрического состава в Лельчицком и Ельском районах, так и для производства комплексных органо-минеральных гранулированных удобрений.

Цель настоящей работы – исследование влияния сапропелевых удобрений месторождения озера Прибыловичи на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследования. Сапропелевое месторождение озера Прибыловичи, залегающее под слоем торфа, имеет запасы органоизвестковистого (СИ) и органокремнеземистого (СК) типов сырья в объеме 644,8 тыс. т. Их характеристики представлены в табл. 1. Следует отметить, что органокремнеземистый сапропель имеет существенно более высокое, чем в среднем характерное для данного типа, содержание валового азота и фосфора, а также подвижного фосфора. Содержание СаО в органокремнеземистом сапропеле – 5,0 %, в органоизвестковистом – 24,1 %.

Т а б л и ц а 1. Агрохимическая характеристика внесенных сапропелевых удобрений озера Прибыловичи и почв опытных участков

Образец	рН	А ^с , %	ОВ, %	Содержание валовых форм, % на а. с. м.			Содержание подвижных и минеральных форм, мг/кг а. с. м.		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃
Органоизвестковистый сапропель	7,6	63,2	12,7	0,98	0,40	0,13	1470	110	954
Органокремнеземистый сапропель	7,4	43,0	52,0	2,13	1,26	0,12	7200	122	Отсутствует
Почва № 1 (участок под подсолнечник)	6,5	95,1	4,9	–	–	–	247±29	244±23	29
Почва № 2 (участок под свеклу)	6,4	94,8	5,2	–	–	–	482±24	318±33	77,4
Почва № 3 (участок под кукурузу)	6,0	96,8	3,2	–	–	–	302±30	316±19	7,9
Почва № 4 для вегетационных опытов	5,1	96,8	3,2	0,21	0,14	0,09	368	288	1,1

Вегетационные опыты по оценке эффективности сапропеля (табл. 2) были заложены в пластиковых сосудах объемом 2 л согласно общепринятым методикам [8]. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, отобранная на участках, предназначенных для проведения производственных опытов в следующем году, среднее содержание гумуса – 2,38 %. Масса почвы – 1 кг а.с.м. на сосуд. Контроль – почва без удобрений.

Дозы внесения органокремнеземистого сапропеля определяли исходя из такого многолетнего опыта: 10 т/га – минимальная доза, при которой заметно повышение урожайности возделываемых культур; 40 т/га – минимальная доза, при которой заметно изменение агрофизических и агрохимических свойств почвы; 25 т/га – промежуточная доза.

Дозы внесения органоизвестковистого сапропеля: 15 т/га – ранее рекомендованная Институтом почвоведения и агрохимии для сходных почвенных условий [7] (пересчитанная по содержанию СаО в сапропеле); 30 и 45 т/га – двойная и тройная дозы соответственно.

В качестве культур для вегетационных опытов были выбраны кукуруза (сорт Алмаз) и редис (сорт Жара) как достаточно информативные и часто выращиваемые в лабораторных и вегетационных опытах.

Продолжительность вегетационных опытов: для редиса – 35 дней и для кукурузы – 8 недель.

Производственные опыты по оценке эффективности сапропеля были заложены на почвах пахотных земель ОАО «Лельчицкий агросервис» (табл. 1, 3). Возделываемые культуры – кукуруза сорта Алмаз, свекла сорта Бордо и подсолнечник сорта Степок. Площадь опытных делянок – 0,1 га, повторность – трехкратная. Дозы сапропелевых удобрений определяли с учетом результатов вегетационных опытов и корректировали в расчете на стандартную влажность 50 %. Способы внесения удобрений и агротехника возделывания сельскохозяйственных культур – традиционные для данной зоны. Контроль – вариант с базовой технологией.

Результаты и их обсуждение. Внесение в вегетационном опыте 25–40 т/га органокремнеземистого сапропеля и 15 т/га органоизвестковистого сапропеля увеличило рН почвы до 6,2–6,5, т. е. до V группы «близкой к нейтральной и нейтральной»; внесение же 45 т/га органоизвестковистого сапропеля изменило реакцию почвы до «слабощелочной» (рН 7,1).

Редис оказался более отзывчивым на внесение сапропеля, чем кукуруза: растения на удобренных вариантах опережали контрольные по всем показателям (табл. 2). Так, высота растений

по сравнению с контролем увеличилась на 21–27 %, а длина корней – на 44–113 %. Зеленая масса превышала контроль на 65–104 %, сухая масса – на 49–113 %. Максимум в обоих случаях отмечен в варианте III (25 т/га СК). Сухая масса корней составляла 120–220 % от контроля, сырая – 149–212 %, количество листьев – 106–134 %.

Т а б л и ц а 2. Морфологические характеристики молодых растений (вегетационный опыт)

Вариант опыта	Кукуруза			Редис		
	Ср. высота растений, см	Ср. длина корней, см	Ср. вес растений (а. с. м.), мг	Ср. высота растений, см	Ср. длина корней, см	Ср. вес растений (а. с. м.), мг
I. Контроль	38,63	16,25	243	9,00	3,58	39
II. СК – 10 т/га	44,38	22,75	291	10,77	5,68	72
III. СК – 25 т/га	41,25	33,50	261	10,88	6,62	83
IV. СК – 40 т/га	44,38	27,13	306	11,43	5,93	72
V. СИ – 15 т/га	46,00	26,75	359	11,39	5,46	70
VI. СИ – 30 т/га	41,50	25,75	344	11,12	7,63	68
VII. СИ – 45 т/га	47,50	29,75	328	10,96	5,14	58

При внесении органокремнеземистого сапропеля лучшие показатели развития растений отмечены также в варианте III (25 т/га СК). Для органоизвестковистого сапропеля наблюдалась четкая зависимость от дозы внесения: минимальные показатели развития имели растения в варианте с тройной дозой внесения (45 т/га), максимальные – на варианте с оптимальной дозой (15 т/га). Причиной может быть малая чувствительность редиса к реакции почвы – оптимальным для него является pH 5,5–6,0. В целом органоизвестковистый сапропель лучше влиял на развитие растений кукурузы, чем органокремнеземистый, хотя содержание общих, минеральных и подвижных форм NPK в нем ниже. Возможно, этому способствовала требовательность кукурузы к реакции почвы (около pH 7), так что даже тройная доза внесения сапропеля не угнетала ее развития.

В производственных опытах после уборки урожая содержание нитратного азота и подвижных форм P_2O_5 и K_2O в почве всех опытных вариантов было выше, чем в контрольной (табл. 3). Содержание нитратного азота в вариантах с внесением сапропеля под кукурузу было на 2,3–62,9 % выше, чем на контроле (при внесении доломита – на 345,7 % выше). Содержание подвижного фосфора было выше, чем на контроле, на 16,5–51,6 %; содержание подвижного калия – на 62,3–254,7 %. Повышение содержания подвижного калия по сравнению с другими вариантами на делянках вариантов VIII и IX объясняется некоторой неоднородностью этого показателя по площади производственных опытов.

На варианте с доломитовой мукой превышение содержания фосфора и калия составило 11,0 и 28,3 % соответственно.

Т а б л и ц а 3. Содержание нитратного азота и подвижных форм фосфора и калия в почве, мг/кг а. с. м.

Вариант опыта	pH	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Подсолнечник</i>				
I. Контроль (базовая технология)	6,4	8,3	199±21	106±9
II. СИ – 30 т/га	6,8	8,3	238±18	196±23
III. СК – 40 т/га	6,4	8,9	214±11	130±19
<i>Свекла</i>				
IV. Контроль (базовая технология)	6,2	2,0	325±36	146±15
V. СИ – 30 т/га	6,4	3,2	335±33	390±23
VI. СК – 40 т/га	6,4	2,3	345±38	192±16
<i>Кукуруза</i>				
VII. Контроль (базовая технология)	5,8	3,5	182±15	53±16
VIII. СИ – 30 т/га	6,0	4,1	213±28	188±19
IX. СИ – 60 т/га	6,7	3,6	212±14	143±32
X. СК – 40 т/га	6,6	5,7	276±58	91±11
XI. СК – 80 т/га	6,4	3,7	233±39	86±9
XII. Доломитовая мука – 3 т/га	7,0	15,6	202±16	68±14

На участке со свеклой содержание нитратного азота в опытных вариантах было на 15,0–60,0 % выше, чем на контроле; подвижного фосфора – на 3,1–6,2 %, а подвижного калия – на 31,5–167,1 %.

На участке с подсолнечником содержание подвижного фосфора на опытных вариантах было на 7,5–19,6 % выше, чем на контроле, а подвижного калия – на 22,6–84,9 %; содержание нитратного азота почти не изменилось.

Сравнение содержания азота, фосфора и калия на вариантах с дозами внесения сапропеля 30 т/га (органои известковистый) и 40 т/га (органокремнеземистый) показало, что на делянках с кукурузой содержание в почве нитратного азота и фосфора было выше при внесении органом кремнеземистого сапропеля, но содержание калия было ниже вдвое. На делянках со свеклой содержание в почве нитратного азота и калия было выше при внесении органо-известковистого сапропеля. На делянках с подсолнечником действие органом кремнеземистого сапропеля превосходило действие органоизвестковистого лишь по содержанию нитратного азота.

Содержание нитратного азота и подвижных форм P_2O_5 и K_2O в почве вариантов с двойными дозами внесения сапропеля не имело преимуществ по сравнению с внесением доз 30 и 40 т/га.

В варианте с внесением доломитовой муки было отмечено повышение содержания нитратного азота, содержание же фосфора и калия было ниже, чем в вариантах с применением сапропелей.

Кислотность почвы снизилась на 0,2–0,9 ед. рН, причем эффективность применения сапропеля была выше на более кислой почве.

В более ранних опытах, где в дерново-подзолистую супесчаную почву вносили кремнеземистый сапропель оз. Червоное (N – 3,4 %; P_2O_5 – 0,4; K_2O – 0,1 %) в дозах 40, 80, 100 и 200 т/га, за ротацию пятипольного севооборота содержание гумуса возросло на 0,27–0,45 %, содержание общего азота – на 0,02–0,06; емкость поглощения – на 6,6–44,8 % [9]. В опытах с внесением 100, 150 и 200 т/га карбонатного сапропеля оз. Илгутис (N – 0,62 %; P_2O_5 – 0,02; K_2O – 0,03 %) после ротации шестипольного севооборота содержание гумуса возросло на 0,56–1,19 %, содержание общего азота – на 0,003–0,036 %, подвижного фосфора – до 230–320 мг/кг почвы, кислотность почвы снизилась на 0,9–1,2 ед. рН [10]. По этим же данным, в первые четыре года действие сапропеля соответствовало действию навоза в двукратной дозе.

Спустя месяц после закладки производственных опытов отбирали образцы молодых растений для определения их морфологических характеристик (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Морфологические характеристики молодых растений (производственные опыты)

Вариант опыта	Средняя высота растений, см	Средняя длина корней, см	Средняя масса растений, г	
			зеленая	сухая
<i>Подсолнечник</i>				
I. Контроль (базовая технология)	9,50	6,53	0,30	0,22
II. СИ – 30 т/га	11,00	6,58	0,34	0,24
III. СК – 40 т/га	10,71	6,49	0,43	0,30
<i>Свекла</i>				
IV. Контроль (базовая технология)	7,15	3,52	0,20	0,13
V. СИ – 30 т/га	9,15	4,12	0,56	0,25
VI. СК – 40 т/га	9,15	5,30	0,60	0,27
<i>Кукуруза</i>				
VII. Контроль (базовая технология)	26,63	11,03	1,22	0,42
VIII. СИ – 30 т/га	27,47	10,40	1,44	0,46
IX. СИ – 60 т/га	28,20	10,83	1,85	0,59
X. СК – 40 т/га	29,77	11,87	1,90	0,60
XI. СК – 80 т/га	27,68	12,87	1,59	0,48
XII. Доломитовая мука – 3 т/га	27,73	10,20	1,68	0,49

Высота и масса растений во всех вариантах опыта, особенно для свеклы, превышали показатели контрольных растений. Так, зеленая масса подсолнечника была на 13–43, кукурузы – на 9–42 и свеклы – на 76–96 % больше. Длина корней и диаметр завязывающихся корнеплодов свеклы также были значительно больше, чем у контрольных. Длина корней кукурузы в вариан-

тах с органоизвестковистым сапропелем и доломитовой мукой была меньше контрольных, по-видимому, за счет улучшения рН почвы и, соответственно, улучшения условий питания растений. Содержание общих форм NPK в молодых растениях приведено в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. Содержание общих форм NPK в молодых растениях, % к а. с. м.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Подсолнечник</i>			
I. Контроль (базовая технология)	3,26	0,84	7,5
II. СИ – 30 т/га	3,39	0,92	8,5
III. СК – 40 т/га	3,54	0,86	7,7
<i>Свекла</i>			
IV. Контроль (базовая технология)	4,03	1,64	11,0
V. СИ – 30 т/га	3,62	1,36	11,0
VI. СК – 40 т/га	4,21	1,79	11,2
<i>Кукуруза</i>			
VII. Контроль (базовая технология)	3,48	1,03	5,5
IX. СИ – 60 т/га	3,34	1,03	5,9
XI. СК – 80 т/га	3,21	0,93	4,9
XII. Доломитовая мука – 3 т/га	3,27	1,00	6,3

Согласно градации [11], содержание общих форм фосфора и особенно калия в исследуемых растениях очень высокое, а содержание общего азота – низкое (в кукурузе – близкое к оптимальному).

Урожайность зерна кукурузы на испытуемых вариантах превышала контроль на 13,8–23,7 %, свеклы – на 15–18 % (табл. 6). Из-за экстремальных погодных условий посеvy подсолнечника были досрочно убраны на зеленую массу, поэтому учет урожая на них не производили.

Т а б л и ц а 6. Урожайность культур, возделываемых в производственных опытах

Вариант опыта	Урожайность	
	ц/га	% к контролю
<i>Свекла</i>		
IV. Контроль (базовая технология)	382	100
V. СИ – 30 т/га	451	118,0
VI. СК – 40 т/га	439	115,0
НСР _{0,5}	22,3	
<i>Кукуруза</i>		
VII. Контроль (базовая технология)	51,3	100
VIII. СИ – 30 т/га	58,4	113,8
IX. СИ – 60 т/га	63,3	123,2
X. СК – 40 т/га	58,7	114,4
XI. СК – 80 т/га	63,5	123,7
XII. Доломитовая мука – 3 т/га	58,2	113,5
НСР _{0,5}	3,8	

Рентабельность применения 40–80 т/га кремнеземистого сапропеля 10 лет назад составляла 45 % при перевозке на 2 км и 23 % при перевозке на 5 км [9]. По современным данным [12], при добыче сапропеля на месторождении Прибыловичи экскаваторным способом затраты на производство, транспортировку и внесение составляют: при перевозке на 1 км – 4,82 долл/т; на 5 км – 5,18; на 15 км – 6,32 долл/т. При прибавке урожая 40 кг к. ед/т доход/потери на 1 т удобрений составляют +0,93; +0,57 и –0,57 долларов США соответственно (стоимость 1 т к. ед. принята 143 доллара США).

Таким образом, применение сапропеля в растениеводстве становится рентабельным на расстоянии до 10–12 км от места заготовки. С учетом эффекта последствия сапропелевых удобрений, который проявляется в течение 3–5 лет после внесения органоминеральных туков, прибавки урожая от 1 т могут составить до 50–60 кг к. ед.

Поскольку практика использования производственных опытов дает в определенной степени генерализованный приблизительный ответ на целесообразность применения того или иного

агроприема или удобрения в агротехнологиях, необходимо проведение дополнительных исследований в полевых опытах для получения более точных результатов в разносторонней оценке действия сапропеля оз. Прибыловичи.

Выводы

1. Применение сапропеля оз. Прибыловичи организованоизвестковистого и органиокремнеземистого типов на дерново-подзолистой супесчаной почве в дозах 30–60 и 40–80 т/га соответственно обусловило близкое по значениям увеличение содержания в почве нитратного азота, подвижных форм фосфора и калия относительно контроля (базовая технология), снизило ее кислотность.

2. Прибавки урожайности возделываемых в производственных опытах сельскохозяйственных культур в зависимости от доз внесения составили 14–24 % для кукурузы и 15–18 % для свеклы.

3. Содержание нитратного азота, минеральных и подвижных форм фосфора и калия в почве вариантов с двойными дозами внесения сапропеля не имело явных преимуществ по сравнению с внесением доз 30 и 40 т/га.

Литература

1. Рубанов, В. С. Действие сапропелей на урожай сельскохозяйственных культур и на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы в условиях Белоруссии / В. С. Рубанов, Н. Н. Коршун // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве: сб. науч. тр. – Минск, 1976. – С. 146–156.
2. Соколов, Г. А. Торф и сапропель в решении агроэкологических проблем / Г. А. Соколов, А. В. Тишкович, Р. Ф. Братишко // Природопользование. – 2002. – Вып. 8. – С. 154–165.
3. Лопотко, М. З. Сапропели и продукты на их основе. / М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова. – Минск: Наука и техника, 1986. – 191 с.
4. Попов, М. В. Влияние сапропелей на формирование почвенных структур / М. В. Попов // Коллоидно-химические проблемы экологии: тез. докл. всесоюз. конф. – Минск, 1990. – С. 193–194.
5. Мееровский, А. С. Роль сапропелей в повышении плодородия дерново-подзолистых почв / А. С. Мееровский, Г. В. Виновец // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве: тез. докл. 3-й респ. науч. конф. – Минск, 1981. – С. 123.
6. Кудло Т. А. Оптимизация фосфатного режима почв высокими дозами сапропелей / Т. А. Кудло, А. В. Горблюд // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. – 1988. – № 3. – С. 60–62.
7. Предложения о комплексном использовании сапропелей в качестве удобрений и для нейтрализации кислотности почв / Е. А. Кирдун [и др.]. – Минск: БелНИИПА, 1988. – 14 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
9. Красноберская, О. Г. Трансформация органического вещества сапропелевых удобрений в дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. Г. Красноберская; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2002. – 21 с.
10. Бакшене, Э. Сапропель – органическое удобрение для улучшения свойств малоплодородных почв / Э. Бакшене, А. Бурба, Д. Даугвилене // Проблемы природопользования: итоги и перспективы: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию Института природопользования. – Минск, 2012. – С. 12–15.
11. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В. В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
12. Курзо, Б. В. Геохимия сапропелевых отложений, экологические проблемы и экономические показатели при освоении месторождений сапропеля / Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич // Проблемы природопользования: итоги и перспективы: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию Ин-та природопользования. – Минск, 2012. – С. 54–58.

O. G. KRASNOBERSKAYA, G. A. SOKOLOV, E. N. SOSNOVSKAYA, V. N. NAZAROV

CHANGES OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL AND CROPS PRODUCTIVITY UNDER THE INFLUENCE OF SAPROPEL OF PRIBYLOVICH I LAKE

Summary

The paper presents the results of the experiments on studying the influence of sapropel of Pribylovichi lake on agrochemical properties of sod-podzolic sandy loam soil of Lelchitsy region of Homel oblast and the yield of crops.

It is shown that application of organic-lime sapropel in doses of 30 and 60 t/ha and organic-siliceous one in doses of 60 and 80 t/ha increases the content of mineral forms of nitrogen in soil, the content of mobile forms of phosphorus and potassium in comparison with control variant (basic technology) and reduces its pH value, that allows increasing the yield of crops up to the level of 14–24 % depending on the crop to be cultivated and on the dose of sapropel application.