

УДК 631.41:631.445.25:631.859

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОГИПСА НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

В.В. ОКОРКОВ, А.И. КУРБАТОВ

(Кафедра физической и коллоидной химии)

В опытах на серых лесных почвах Владимирского ополья, характеризующихся содержанием гумуса около 4% и высокой поглотительной способностью, в звене севооборота (овес с подсевом трав — травы 1-го года пользования — травы 2-го года пользования) установлено ежегодное увеличение продуктивности возделываемых культур и сбора сырого белка от использования 2-10 т/га фосфогипса. При его применении в пахотном слое наблюдали возрастание гидролитической кислотности, снижение рН^{водн} с 6,5-6,6 до 6,0-6,5 и степени насыщенности ППК основаниями на 2,0-2,7%, увеличение подвижного фосфора на 5-20%.

Фосфогипс является побочным продуктом производства фосфорных удобрений и в больших количествах накапливается в отвалах. Однако его можно использовать в качестве источника питания растений серой и фосфором. Сера повышает устойчивость растений к высоким и низким температурам и засухе [4, 6], активизирует жизнедеятельность клубеньковых бактерий благодаря усилению фиксации азота бобовыми растениями [3]. При недостатке серы интенсивность фотосинтеза может снижаться до 40% к контролю.

В зависимости от культуры и величины урожая общий вынос серы продукцией колеблется от

5 до 130 кг/га, а содержание ее в растениях варьирует от 0,02 до 1% сухого вещества [3]. В то же время поступление серы за год с атмосферными осадками и сернистым ангидридом в европейской части России изменяется от 2—3 кг/га в сельских районах до 100 кг/га в крупных промышленных центрах. Источниками пополнения серы являются также удобрения и почвообразующие породы.

Вопрос об использовании серо-содержащих удобрений ранее не возникал, так как сера поступала в почву как сопутствующий элемент при внесении азотных (сульфат аммония), фосфорных (гипс в простом суперфосфате) и калий-

ных (сернокислый калий) удобрений. По мере совершенствования технологии производства удобрений, повышения содержания в них элементов питания она вытеснялась из их состава.

В 80-е годы в Центральном районе России, Прибалтике и Белоруссии были проведены широкие исследования с целью изучения влияния фосфогипса, совместного его применения с известью на урожай сельскохозяйственных культур и качество продукции [1, 2, 7—11]. Установлено, что на легких почвах Белоруссии фосфогипс в норме 3—5 ц/га обеспечивает прибавку зерна озимой ржи 2—4 ц/га, ячменя — 1,5—2,5, овса — 1—3, картофеля — 25—30, сена клеверного — от 7 до 24 ц/га. Высокий эффект от мелниорации получен и при совместном внесении извести и фосфогипса по 0,5 нормы гидrolитической кислотности каждого мелниоранта. Влияние одного фосфогипса (10 т/га) примерно эквивалентно доломитовой муке (8 т/га).

В первый год внесения мелниоранта прибавки были минимальными или вовсе отсутствовали. Во второй и последующие годы наблюдений эффект от гипсования резко возрастал, прибавки урожаев составляли от 10 до 213%. Увеличение урожаев возделываемых культур наблюдались в течение 6 лет, стоимость затрат, связанных с использованием гипса, окупалась за 3—4 года.

Однако наличие в фосфогипсе ряда примесей требует осторожного подхода к широкому использованию его при мелниорации почв. Из них наибольшего внимания заслуживают фтор и строн-

ций. Содержание фтора регламентируется техническими условиями на фосфогипс для сельского хозяйства (ТУ 113-08-418-94). Количество стронция не регламентировано. Показано [10], что при внесении фосфогипса в кислые дерново-подзолистые почвы отмечается более интенсивное поглощение бобовыми стабильного стронция. Однако при совместном применении его с известью этот недостаток устраняется. Исследователи [8, 9] выявили экологическую безопасность умеренных доз фосфогипса (от 2 до 10 т/га) в отношении загрязнения почв и продукции фтором, его небольшое поступление в последнюю из фосфогипса, а также заметное снижение его миграционной способности по профилю почвы при создании «подпочвенного экрана» из извести или фосфогипса.

Таким образом, на дерново-подзолистых почвах установлена эффективность применения фосфогипса, особенно в сочетании с известью: урожайность сельскохозяйственных культур повышается без снижения качества продукции вследствие улучшения питания растений фосфором, серой и кальцием [12—14].

На серых лесных почвах Владимирского ополья, отличающихся более высоким содержанием гумуса (2,8—3,3%) и поглощательной способностью, эти вопросы изучены слабо [11]. В то же время необходимость повышения продуктивности культур и качества продукции требует применения разнообразных подходов для решения этих задач, одной из которых является использование фосфогипса.

Методика

Микрополевым опытом в звене севооборота: овес с подсевом трав — травы 1 г.п. — травы 2 г.п. — заложен в 1995 г. на серой лесной почве Владимирского опыльного поля (пос. Новый, Суздальский район). Использовали овес сорта Астор, клевер красный Московский 1 и тимофеевку луговую Марусинская 29. Фосфогипс Воскресенского химкомбината, содержащий 77% д.в. ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), вносили поверхностно после получения всходов овса и клевера. Массовая доля в нем водорастворимого фтора не превышала 0,3%. Дозы фосфогипса в физическом весе составили соответственно 2, 5 и 10 т/га (варианты опыта). Площадь делянки $4 \text{ м} \times 2,5 \text{ м} = 10 \text{ м}^2$. Повторность опыта 4-кратная. Размещение вариантов рендомизированное. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв опытного участка (серая лесная среднесуглинистая) приведена в табл. 4, 5.

Определение в почве сульфатной серы проводили в водной вытяжке объемным методом с помощью индикатора нитхромазо. Эту же вытяжку использовали для определения $\text{pH}_{\text{водн}}$ потенциомет-

рическим методом, суммы кальция и магния в жидкой фазе — объемным методом. Качество продукции устанавливали на ИК-анализаторе американско-советско-индийской системы, используя SCANNER модели 4250.

Результаты

Влияние доз фосфогипса на урожайность возделываемых культур и качество продукции.

В первый год прибавки урожая от применения фосфогипса (1,4—2,5 ц зерна овса на 1 га) были недостоверными (табл. 1). На следующий год урожай трав 1-го года пользования возрастал пропорционально увеличению доз фосфогипса. Прибавка его была недостаточной лишь при минимальной дозе фосфогипса. Наиболее высокая прибавка урожая получена на 3-й год на травах 2-го года пользования — 21,5 ц сена на 1 га — в варианте 10 т фосфогипса, что составляет более 50% к контролю. В среднем за 3 года урожай овса от применения 2, 5 и 10 т фосфогипса на 1 га соответственно увеличился на 11,5, 17,3 и 25,8% к контролю. Окупаемость 1 т фосфогипса прибавкой урожая за 3 года составила соответственно 4,5, 2,7 и 2,0 ц зерновых единиц.

Таблица 1

Влияние доз фосфогипса на урожай овса и многолетних трав (ц/га)

Вариант опыта	Зерно овса	Сено трав 1 г.п.	Сено трав 2 г.п.	Средний урожай, ц з.е. на 1 га
1 — контроль	31,5	66,2	39,4	26,0
2 — фосфогипс, 2 т/га	34,0	71,6	48,2	29,0
3 — » 5 т/га	32,9	76,0	54,5	30,5
4 — » 10 т/га	33,0	82,5	60,9	32,7
НСР _{0,5} , ц/га	3,5	7,1	8,6	—

Влияние фосфогипса на качество продукции

Показатель качества, %	НСР _{0,5} , %	Контроль	Фосфогипс. т/га		
			2	5	10
<i>Зерно овса</i>					
Сырой белок	1,06	8,60	9,77	10,6	9,88
Жир	0,70	6,18	5,16	4,46	5,00
Зола	1,19	5,92	3,51	3,14	3,44
P ₂ O ₅	0,07	0,93	0,84	0,80	0,83
K ₂ O	0,05	0,56	0,62	0,64	0,61
CaO	0,01	0,10	0,12	0,14	0,12
MgO	0,02	0,14	0,22	0,23	0,23
<i>Сено трав 1-го года пользования</i>					
Сырой белок	—	12,4	13,2	13,0	13,5
Клетчатка	—	33,6	32,8	32,8	32,8
Жир	—	1,58	1,34	1,41	1,30
Зола	—	11,0	10,4	10,5	10,3
P ₂ O ₅	—	0,54	0,48	0,49	0,48
K ₂ O	—	2,33	2,28	2,42	2,41
CaO	—	1,24	1,58	1,53	1,59
MgO	—	0,30	0,34	0,32	Не опр.
<i>Сено трав 2-го года пользования</i>					
Сырой белок	2,33	6,90	10,5	8,99	10,0
Клетчатка	6,3	35,8	36,7	35,0	35,4
Жир	0,55	3,90	3,09	3,45	3,10
Зола	—	15,2	14,6	14,4	14,9
P ₂ O ₅	—	0,65	0,67	0,60	0,68
K ₂ O	—	2,54	2,40	2,65	2,47
CaO	0,18	0,44	0,67	0,62	0,74
MgO	0,03	0,28	0,33	0,30	0,33

Применение фосфогипса привело и к изменению биохимического состава зерна овса. В последнем увеличилось содержание сырого белка, калия, кальция и магния, снизилась концентрация золы, жира и фосфора (табл. 2). Зерно стало более сбалансированным по основным элементам питания. Между содержанием жира и сырого белка прослеживается обратная зависимость. Наибольшие изменения в качестве зерна овса наблюдались при внесении

фосфогипса 5 т на 1 га. Аналогичные изменения в содержании сырого белка, жира, золы, кальция и магния наблюдались и в сене трав 1-го и 2-го года пользования. Поскольку влияние фосфогипса на качество зерна овса по сравнению с контролем было достоверным, то достоверно и увеличение сбора сырого белка. Максимальный сбор сырого белка в первый год опыта оказался в 3-м варианте (доза фосфогипса 5 т/га) — 3,49 ц/га

(табл. 3). В урожае 1 к.е. зерна содержала 101 г переваримого протеина. В 1-м, 2-м и 4-м вариантах содержание переваримого протеина в расчете на 1 к.е.

зерна было значительно меньше. Однако средний сбор сырого белка за 3 года возрастал соответственно увеличению дозы фосфогипса.

Таблица 3

Влияние фосфогипса на сбор сырого белка в звене севооборота (ц/га)

Вариант опыта	Зерно овса	Сено трав 1 г. п.	Сено трав 2 г. п.	Средний урожай за 3 года
1 — контроль	2,71	8,21	2,72	4,54
2 — фосфогипс, 2 т/га	3,32	9,45	5,06	5,94
3 — » 5 т/га	3,49	9,88	4,90	6,09
4 — » 10 т/га	3,26	11,14	6,09	6,83

В нашей работе [5] показано, что при внесении фосфогипса изменяется зольный состав урожая: уменьшается содержание цинка и меди в молодых растениях ячменя (зеленая масса), варьирует содержание свинца и кадмия в пределах ошибки по сравнению с контролем. В зерне ячменя при внесении 6 т фосфогипса на 1 га незначительно увеличилось содержание стабильного стронция — с 11,2—12,8 до 13,8 мг/кг сухого вещества, что практически в пределах ошибки определения. Количество цинка, свинца, кадмия в зерне варьирует так же, как и в почве, — в пределах естественного фона. Увеличения содержания фтора в зеленой массе ячменя не выявлено. Его концентрация была на порядок ниже величины ПДК в продукции, используемой на корм скоту. В целом при использовании фосфогипса в дозах 5—10 т/га не установлено отрицательного влияния его на качество продукции и в других работах [1, 8—10].

Влияние доз фосфогипса на изменение агрохимических и физико-химических свойств серой лесной почвы

За 3 года исследований в слое почвы 0—30 см на контрольных делянках не установлено существенных изменений в величине $pH_{\text{кол}}$, гидролитической кислотности (H_r) и степени насыщенности основаниями (табл. 4). Величина обменной кислотности в этом слое колебалась от 0,07 до 0,12 мг · экв/100 г почвы, обменного алюминия не обнаружено. При использовании фосфогипса по мере увеличения дозы наблюдалось в пахотном слое уменьшение значения $pH_{\text{кол}}$, что, очевидно, обусловлено возрастанием гидролитической кислотности в слое 0—30 см. Средняя величина ее в указанном слое на 3-й год мелиорации по сравнению с 1-м возросла на 0,5—0,6 мг · экв/100 г. Последнее обусловило и снижение степени насыщенности почвы основаниями на 1,0—3,4%. В то же время обменная кислотность и на

3-й год оставалась незначительной и мало различалась по вариантам опыта. В слое 0—30 см она варьировала от 0,06 до 0,10 мг · экв/100 г почвы. В 1-й год мелиорации ее величина на опытных делянках по сравнению с контрольными уменьшалась в связи с вытеснением в жидкую фазу ионами кальция вносимого мелиоранта части способных к обмену ионов водорода. Последующее передвижение влаги накопленных осадков вело к вытеснению ионов водорода в более глубокие слои. Возможности вытеснения обменного водорода на гипсованных делянках заметно возрастали из-за увеличения концентрации ионов кальция и магния в жидкой фазе (табл. 4). К 3-му году величина обменной кислотности во всех вариантах опыта выравнилась.

Одной из причин увеличения гидролитической кислотности на гипсованных делянках по сравнению с контрольными, по нашему мнению, является более высокая активность микробиологических процессов и интенсивное гумусообразование, так как при внесении фосфогипса возрастала урожайность трав бобовых. Это способствовало гумификации большего количества растительных остатков, к тому же богатых азотом (см. табл. 1, 2).

Другой причиной повышения гидролитической кислотности при внесении фосфогипса является привнос с ним кислых продуктов. Однако роль этого фактора незначительна, так как отсутствует пропорциональность между приростом гидролитической кислотности и дозой фосфогипса.

В вариантах с высокими дозами фосфогипса (5—10 т/га) на 2-й год мелиорации заметно уменьшалась $pH_{\text{водн}}$ в пахотном слое, что связано с большим вытеснением в жидкую фазу обменного водорода ионами кальция и магния, концентрация которых в 3-м и 4-м вариантах по сравнению с контрольным увеличилась в несколько раз. Однако потенциальные возможности для возрастания актуальной кислотности в серых лесных почвах Ополья невелики. Об этом свидетельствуют как небольшие значения обменной кислотности, обусловленной ионами водорода (0,06—0,13 мг · экв/100 г, т.е. 2—6% к величине гидролитической кислотности), так и крайне низкое количество ионов водорода среди катионов жидкой фазы (0,0001—0,0011). В то же время в поглощающем комплексе доля ионов водорода варьировала от 0,06 до 0,18 мг · экв/100 г, т.е. была на 2—3 порядка выше, что лишнее раз свидетельствует о неспособности основной массы ионов водорода обмениваться на катионы жидкой фазы. Последнее связано с природой гидролитической кислотности серых лесных почв Владимирского ополья.

При внесении фосфогипса, обладающего большей растворимостью в воде по сравнению с известью, не уменьшилась гидролитическая кислотность. Высокая эффективность извести и других гидролитических щелочных солей объясняется гидролизом карбонат-ионов и последующей реакцией нейтрализации этими ионами гумусовых карбоксильных групп. Итогом

Влияние доз фосфорита на изменение физико-химических свойств серой лесной почвы по годам

Вариант опыта	Глубина слоя, см	pH _{вод}		Н _с		Т, %		Обменная кислотность, мг · экв/100 г		pH _{вод}		Сумма Са и Mg в водной вытяжке, мг · экв/100 г		Доля Н ⁺ среди катионов водной вытяжки, %	
		1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й	2-й	3-й	2-й	3-й	2-й	3-й
1 — контроль	0—10	5.32	5.38	4.90	4.90	83.9	83.7	0.12	0.09	6.45	6.49	0.20	0.15	0.09	0.11
	10—20	5.40	5.21	4.72	4.73	84.4	84.0	0.12	0.08	6.70	6.45	0.20	0.12	0.05	0.15
	20—30	5.70	5.73	3.50	2.89	88.7	90.2	0.10	0.07	6.65	6.52	0.22	0.15	0.05	0.10
	30—40	5.80	5.99	2.80	2.36	90.4	91.6	0.10	0.05	6.95	6.87	0.18	0.12	0.03	0.06
	40—50	5.90	5.88	1.57	1.58	93.8	93.3	0.10	0.06	6.80	6.74	0.25	0.12	0.03	0.08
2 — фосфорите, 2 т/га	0—10	5.26	5.18	4.90	5.40	84.0	83.0	0.10	0.06	6.53	6.54	0.30	0.25	0.05	0.06
	10—20	5.55	4.96	4.92	5.30	85.1	81.7	0.08	0.05	6.60	6.52	0.35	0.22	0.04	0.07
	20—30	5.95	5.31	2.87	3.50	89.8	88.3	0.10	0.09	6.45	6.54	0.48	0.32	0.04	0.04
	30—40	5.80	5.64	2.57	2.80	89.9	90.1	0.10	0.07	6.75	6.56	0.35	0.70	0.03	0.02
	40—50	5.75	5.87	1.92	1.58	92.2	93.7	0.10	0.05	7.05	6.79	0.45	0.52	0.01	0.02
3 — фосфорите, 5 т/га	0—10	5.35	5.54	4.90	5.51	83.9	81.2	0.10	0.10	6.35	6.39	0.28	0.20	0.08	0.10
	10—20	5.30	5.04	4.90	5.34	84.0	80.9	0.10	0.08	6.25	6.47	0.40	0.35	0.07	0.05
	20—30	5.55	5.37	3.67	4.20	88.1	85.6	0.06	0.07	5.90	6.16	1.02	0.52	0.06	0.07
	30—40	5.85	5.68	2.10	1.93	92.4	92.3	0.06	0.06	6.25	6.33	0.72	0.68	0.04	0.03
	40—50	5.90	5.86	1.40	1.58	94.3	92.9	0.06	0.08	6.40	6.58	0.72	0.40	0.03	0.03
4 — фосфорите, 10 т/га	0—10	5.50	5.06	4.72	5.25	84.5	81.8	0.08	0.07	6.25	6.21	0.55	0.35	0.05	0.09
	10—20	5.76	5.17	4.56	4.99	85.3	83.1	0.08	0.07	6.00	5.87	1.40	1.32	0.04	0.05
	20—30	6.13	5.37	3.15	4.11	88.5	86.2	0.08	0.08	6.00	5.76	1.38	2.42	0.04	0.04
	30—40	6.10	5.84	2.16	1.84	91.1	92.2	0.06	0.06	6.47	6.43	1.02	1.10	0.01	0.02
	40—50	6.15	5.93	1.80	1.49	92.6	93.5	0.06	0.06	6.60	6.49	0.60	0.65	0.02	0.02

Влияние доз фосфогипса на изменение агрохимических свойств
серой лесной почвы по годам

Вариант опыта	Глубина слоя, см	S сульфат-ионов			P ₂ O ₅ по Кирсанову			K ₂ O по Масловой		
		мг/кг			мг/100 г почвы					
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
1 — контроль	0—10	81,6	8,0	32,0	18,5	18,7	22,3	23,6	22,8	14,8
	10—20	12,8	Сл.	5,4	17,5	20,4	20,6	21,7	22,0	12,8
	20—30	48,0	22,4	5,4	19,0	19,7	14,7	21,0	16,4	9,0
	30—40	81,6	8,0	46,4	18,5	12,5	13,4	17,2	12,8	8,8
2 — фосфогипс, 2 т/га	0—10	211	8,0	32,0	21,3	19,3	22,0	19,8	18,8	13,8
	10—20	75,2	8,0	5,4	17,6	21,1	25,6	19,5	18,0	14,0
	20—30	12,8	22,4	46,4	13,3	16,4	19,2	18,0	14,4	15,0
	30—40	54,4	35,2	101	17,2	14,2	13,2	17,2	12,8	13,2
3 — фосфогипс, 5 т/га	0—10	240	8,0	19,2	25,4	16,7	17,8	21,7	21,6	13,4
	10—20	174	22,4	46,4	24,6	18,1	22,9	22,1	23,6	14,8
	20—30	136	117	104	16,0	21,4	17,5	16,8	19,2	12,8
	30—40	133	76,8	114	12,4	14,5	13,9	12,3	13,2	10,6
4 — фосфогипс, 10 т/га	0—10	160	89,6	46,4	26,2	24,4	23,5	22,5	18,0	13,4
	10—20	144	186	195	17,8	24,3	26,4	18,3	18,4	13,8
	20—30	141	158	318	17,2	17,7	19,4	14,2	14,4	12,8
	30—40	57,6	158	168	18,1	14,5	14,0	17,2	11,6	10,0
	40—50	62,4	89,6	86,4	17,8	16,7	14,2	18,0	14,0	11,2

последней реакции являются увеличение концентрации солевой формы гумусовых кислот и соответственно повышение рН среды.

Данные анализа образцов почвы, отбираемых после уборки урожая, свидетельствуют о значительной вариации содержания серы в полуметровом слое как на контрольных, так и опытных участках (табл. 5). При отсутствии механических обработок почвы в течение 1,5—2,5 лет в слое 0—30 см под травами 1-го и 2-го лет пользования содержание сульфатной серы на контрольных участках опускалось до уровня средней и низкой обеспеченности. Наиболее ощутимо уменьшалась кон-

центрация серы под травами 1-го года пользования, когда был получен высокий урожай сена (66,2 ц/га). Во 2-м варианте (2 т фосфогипса на 1 га) в слое 0—20 см содержание серы под травами по сравнению с контролем мало изменилось, однако в слое 30—50 см увеличилось. Стабильно более высокое содержание минеральной серы во всем полуметровом слое наблюдалось в 3-м и 4-м вариантах (5 и 10 т фосфогипса). Под травами 2-го года пользования более высокая концентрация ее обнаружилась до глубины 80—100 см. За один весенне-летний период сульфат-ионы переместились до глубины 70 см.

Таким образом, одной из причин высокой отзывчивости трав на внесение фосфогипса является улучшение питания их серой. Очевидно, в силу высоких уплотняемости и иссушения серых лесных почв Ополья активность микробиологических процессов в них под травами резко замедляется, вследствие чего сокращается объем перевода органической серы в минеральную и создается дефицит серы на таких относительно богатых почвах.

Другой причиной роста продуктивности указанного выше звена севооборота при использовании фосфогипса является улучшение питания возделываемых культур фосфором. В данном опыте с увеличением доз фосфогипса наблюдалось повышение подвижного фосфора под овсом лишь в слое 0—10 см. Однако при 3-летних наблюдениях (1993—1995 гг.) в рядом расположенном стационарном опыте, где исследовалась эффективность фосфорно-калийных удобрений на фоне извести, прибавок зерна овса от фосфорно-калийных удобрений не установлено, что совпадает с данными табл. 1. Под травами 1-го года пользования более высокое содержание подвижного фосфора установлено в слое 0—20 см только при применении 10 т фосфогипса на 1 га. На 3-й год на всех опытных делянках отмечено некоторое увеличение подвижного фосфора в слое 10—30 см, что может повышать урожайность трав.

В первые 2 года использования фосфогипса по сравнению с контролем отмечается небольшое снижение обменного калия (табл. 5). Очень засушливый период конца вегетации трав 2-го года пользования способствовал переводу

части обменного калия в необменные формы. Содержание подвижного калия во всех вариантах заметно снизилось. Различий по этому показателю в опыте не установлено.

Выводы

1. На серых лесных почвах Владимирского ополья в звене севооборота доз овес с подсевом трав — травы 1-го года пользования — травы 2-го года пользования при внесении фосфогипса в дозах 2, 5, 10 т/га по сравнению с контрольным вариантом ежегодная средняя продуктивность возросла с 26,0 до 29,0—32,7 ц/га з.е. (до 26%), а ежегодный средний сбор сырого белка — с 4,54 до 5,94—6,83 ц/га (до 50%).

2. Положительное действие фосфогипса на серых лесных почвах Ополья связано преимущественно с улучшением обеспеченности возделываемых культур серой. Из-за резкого снижения микробиологической активности при длительном отсутствии механических обработок, высоких уплотняемости и иссушении серых лесных почв под травами в пахотном слое обеспеченность минеральной серой уменьшается до низкой и средней. Внесение 5—10 т фосфогипса на 1 га под овес с подсевом трав увеличивает ее содержание на порядок под всеми культурами звена севооборота и повышает их урожайность и качество продукции.

3. Применение фосфогипса в дозах 2—10 т/га на серых лесных почвах Ополья по сравнению с контролем за 3 года исследований приводило к увеличению в пахотном слое гидролитической кислотности (на 0,5—0,6 мг · экв/100 г почвы), сни-

жению степени насыщенности ППК основаниями (на 2—2,7%) и рН_{водн} — с 6,5—6,6 до 6,0—6,5. Под влиянием фосфогипса отмечается увеличение содержания в почве подвижного фосфора по Кирсанову на 5—20%, а в первые 2 года его использования — и небольшое снижение обменного кальция по Масловой (на 3—18%).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Ю.В.* Влияние фосфогипса при внесении в дерново-подзолистую почву на поступление Sr в растения. — *Агрохимия*, 1983, № 2, с. 96—99. — 2. *Дзикович К.* Фосфогипс и известкование. — *Сельск. хоз-во Нечерноземья*, 1984, № 11, с. 27. — 3. *Кардиналовская Р.И.* Реакция сельскохозяйственных культур на улучшение серного питания. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1984, № 3, с. 21—30. — 4. *Никитишин В.И., Дмитриракова Л.К.* Круговорот и баланс серы в земледелии. — *Агрохимия*, 1983, № 9, с. 113—122. — 5. *Окорков В.В.* Использование гипса на солонцах. Суздаль: Владимирский НИИСХ, 1995. — 6. *Полякова Л.П.* О метаболизме серы в растениях. — В сб.: *Серное питание и продуктивность растений*, Киев, 1983, с. 38—44. — 7. *Прокошева*

М.А., Торина Н.А. Фосфогипс. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1980, № 11, с. 59—60. — 8. *Потатуева Ю.А., Канаева М.Н.* Поступление фтора из удобрений в растения и влияние его на урожай. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1978, № 9, с. 40—47. — 9. *Хуцишвили К.А., Головкова Т.В.* Влияние фосфогипса на содержание фтора в почвах. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1987, № 2, с. 50—52. — 10. *Шугаров Ю.А., Прокошев В.В., Жуков С.И.* Миграция стронция из фосфогипса в растения. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1986, № 5, с. 22—25. — 11. *Яковлева М.Е., Дегальцева В.И.* Смесь фосфогипса с пылевидной мукой — мелнирант для кислых и солонцеватых почв. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1983, т. XXI, № 5, с. 33—35. — 12. *Radcliffe D.E., Clark R.L., Sumner M.E.* — *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1986, N 50, p. 1566—1570. — 13. *Reeve N.G., Sumner M.E.* — *Agrochemophysica*, 1972, vol. 4, p. 1—6. — 14. *Sumner M.E., Fey M.V., Farina M.P.W.* Amelioration of acid subsoils with phosphogypsum. Proc. 2nd Int. Symp. Phosphogypsum, 1987, p. 41—45. University of Miami, Miami, Florida.

Статья поступила 29 июня 1998 г.

SUMMARY

In experiments on gray forest soils of Vladimirsky opolye with humus content about 4% and high absorptive ability it has been found that in crop rotation link (oats with grass undersowing — grasses of the 1-st year of utilization — grasses of the 2-nd year of utilization) annual crop production increases by 3—6.7 centners of grain units (up to 26%) per 1 ha, annual collection of crude protein — by 30—50% of using 2—10 tons of phosphogypsum per 1 ha. When it was used, hydrolytic acidity in arable layer increased, water pH decreased from 6.5—6.6 to 6.0—6.5, and the extent of bases saturation of soil — by 2.0—2.7%, the content of mobile phosphorus increased by 5—20%.