

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 1, Number 43 (2018), 121 – 128

K. Kubenkulov, N. A. Khokhanbaeva, A. Kh. Naushabaev, N. Seitkali

Kazakh national agricultural university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: Nuri.310385@mail.ru Kkubenkulov@mail.ru tatan-askhat@mail.ru Nurzi.seitkali@mail.ru

**COMPARATIVE AMELIORATIVE EFFICIENCY
OF PHOSPHOGYPSUM AND SULFUR IN SEMI-TERRESTRIAL
MODERATELY ALKALINE SULPHATE SALINE SOLONETS
OF THE LIGHT GRAY EARTH SUBZONE**

Abstract. The article presents the data from field tests for determining the relative ameliorative efficiency of equivalent dosages of phosphogypsum and elemental sulfur on the alkaline saline semi-terrestrial solonetz. Based on the analyses of soils water extract, higher ameliorative efficiency of elemental sulfur and fast amelioration of alkali-saline soils with the use of sulfur have been detected. Ten-month incubation of phosphogypsum and elemental sulfur in the semi-terrestrial alkali-sulfate moderately saline high-sodium medium solonetz from the area of light gray earth had significant influence on the content and composition of salts, by altering their ionic composition, increasing the amount of salts and reducing pH. Flushing initial primary and the newly formed secondary salts from the root zone of the soil had little effect on salt removal (only 0.032%) in the variant with phosphogypsum from 0.527% to 0.543%, while in the variant with elemental sulfur, considerable desalination with salt content decreasing from 0.527% to 0.354% was observed. Moreover, after flushing salts in the variants with phosphogypsum became more toxic due to the "peak" of alkalinity.

Keywords: alkali-saline soil, fertility, amelioration, sulfur, phosphogypsum.

УДК 631.445.56.833

К. Кубенкулов, Н. А. Хоханбаева, А. Х. Наушабаев, Н. Сейткали

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ФОСФОГИПСА И СЕРЫ НА ПОЛУГИДРОМОРФНОМ
СРЕДНЕСОДОВО-СУЛЬФАТНОСОЛОНЧАКОВОМ СОЛОНЦЕ
ПОДЗОНЫ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ**

Абстракт. В статье приведены данные полевых испытаний определения сравнительной мелиоративной эффективности эквивалентных доз фосфогипса и элементарной серы на содово-засоленном полугидроморфном солонце. На основании анализов водной вытяжки почв установлена более высокая мелиоративная эффективность элементарной серы и возможность ускоренной мелиорации содово-засоленных почв, с ее применением серы. Десятимесячная инкубация фосфогипса и элементарной серы в полугидроморфном содово-сульфатном среднесолончаковом высоконатриевом среднем солонце зоны светлых сероземов оказали существенное влияние на содержание и состав солей, перестроив их ионный состав, росту суммы солей и снижению pH. Некоторое снижение, особенно на варианте с серой, требует проведения работ по мелиорации почвего промывки от исходных первичных и вновь образовавшихся вторичных солей из корнеобитаемого слоя почвы. Результаты количественных изменений в ионном составе жидкой фазы почв от внесенных мелиорантов, а так же проведенной промывки почв оказали неоднозначное влияние и на суммы солей.

Ключевые слова: содово-засоленная почва, плодородие, мелиорация, сера, фосфогипс.

Введение. Содово-засоленные (щелочные) почвы получили широкое распространение в двух регионах Республики Казахстана: в зерновом поясе среди черноземов и каштановых почв в форме солонцов и солончаково-солонцеватых почв (более 25 млн га) и в южной части, среди наиболее плодородных почв предгорной равнины Северного Тянь-Шаня – луговых, лугово-каштановых и лугово-сероземных почв (7,09 млн га) [1]. Основным методом мелиорации является внесение гипса и фосфогипса. Однако исследованиями последних лет установлено низкая рентабельность традиционных мелиорантов гипса и фосфогипса на содово-засоленных почвах из-за быстрого снижения их первоначальной эффективности, вследствие покрытия поверхности кристаллов нерастворимой пленкой углекислого кальция, изолирующая их от окружающей среды [2, 3].

Среди мелиорантов наиболее низкой эффективностью отличается сера. Поэтому она практически не применялась и проблемой повышения ее мелиоративной эффективности почти не занимались. Однако последнее время бурный рост объема нефтегазодобычи в республике, привел к резкому росту объема их переработки и наколению, ее побочного продукта – элементарной серы, объем которой в республике превысил более 8 млн. тонн. Страна стала крупнейшим в мире (второе место после Ирана) серохранилищем [4], в связи с чем возросли проблемы ее утилизации. Нашими исследованиями приведенные в 2009–2012 гг. установлено, что в первый год только 25% внесенной серы переходит в ее оксидные формы, образцы серную кислоту. Отсюда следует, что для получения полного мелиоративного эффекта требуется четыре года [5].

Таким образом сложившиеся в республике вышеотмеченные обстоятельства, т.е. наличие значительной площади щелочных засоленных почв в зонах интенсивного земледелия, низкая экономическая эффективность ныне применяемого мелиоранта фосфогипса и огромного количества накопленной серы требует разработки технологий мелиораций щелочных засоленных почв с использованием серы. На наш взгляд, решение данной проблемы может быть осуществлена ускорением окисления элементарной серы, что возможно при высокой дисперсности ее частиц.

Программа и методика. Исследования проводились в 2015 и 2016 годы на территории ТОО «Амиран» Талгарского района Алматинской области.

Для установления сравнительной мелиоративной эффективности фосфогипса и элементарной серы на содово-засоленных почвах нами выбран участок площадью 0,5 га. Почва участка средне содово-сульфатно-солончаковый полугидроморфный солонец. Постановка полевого опыта выполняла путем применения расчетных эквивалентных доз мелиорантов. Дозы мелиорантов рассчитаны на глубину 0,5 м по формуле Б. М. Агаева. В качестве мелиорантов использовались фосфогипс Жамбылского завода фосфорных удобрений и микронизированная сера Атрауского нефтеперерабатывающего завода (1966) [6]. Схема полевого опыта нижеследующая:

№	Вариант опыта	Дозы мелиорантов, т/га
1	Контроль	–
2	Фосфогипс	15
3	Элементарная сера	5

Площадь делянки (3×5) 15 м² повторность опыта 3-х кратная. Образцы почв отобраны весной перед внесением мелиорантов (26.06.2015 г.), осенью после 4,5 месячной инкубации мелиорантов (07.11.2015 г.), весной и летом следующего года перед (26.03.2016 г.) после (28.04.2016 г.) промывки. Заделка мелиорантов в почву осуществлялась вспашкой на глубину 29 см с последующим дискованием. Глубина отбора образцов 0-20, 20-40 и 40-60 см. В них были определены состав ионов водной вытяжки Аринушкина [7]. Полевой опыт проводился по общепринятой методике [8, 9].

Для удаления вторичных солей, образовавшихся в результате взаимодействия фосфогипса и серы в 2016 году проводилась промывка почвы. Расчетная норма промывной воды на делянку подавалась в 2 этапа (6.04 и 14.04.2016 г.) в объеме 6900 л или 4600 м³/га. В течение всего мелиоративного периода поддерживалась оптимальная влажность почвы.

Результаты и их обсуждение. Данные анализа водной вытяжки о исходном солевом составе почв вариантов опыта показывают о их средней степени засоленности (сумма солей 0,5-0,7%). Соли представлены содово-сульфатным химизмом. (таблица 1).

Таблица 1 – Исходный состав водной вытяжки среднесодово-сульфатного солончакового высоконатриевого полугидроморфного солонца подзоны светлых сероземов, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Вариант	Глубина, см	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl ⁻	SO_4^{2-}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K	Сумма солей, %	pH
1. Контроль	0-20	<u>1,44</u> 0,087	Нет Нет	<u>0,65</u> 0,022	<u>8,25</u> 0,39	<u>4,37</u> 0,087	<u>2,50</u> 0,03	<u>3,34</u> 0,076	0,692	8,0
	20-40	<u>1,62</u> 0,098	Нет Нет	<u>0,55</u> 0,019	<u>8,38</u> 0,40	<u>4,75</u> 0,095	<u>2,75</u> 0,03	<u>3,05</u> 0,070	0,715	8,2
	40-60	<u>1,70</u> 0,103	<u>0,37</u> 0,011	<u>0,60</u> 0,021	<u>8,88</u> 0,42	<u>5,00</u> 0,1	<u>2,88</u> 0,034	<u>3,70</u> 0,085	0,774	8,2
2. Фосфогипс	0-20	<u>1,12</u> 0,068	Нет Нет	<u>0,75</u> 0,026	<u>8,63</u> 0,41	<u>4,25</u> 0,085	<u>2,88</u> 0,034	<u>3,37</u> 0,077	0,777	8,1
	20-40	<u>1,56</u> 0,095	Нет Нет	<u>0,70</u> 0,024	<u>4,25</u> 0,20	<u>1,75</u> 0,035	<u>1,38</u> 0,016	<u>3,69</u> 0,084	0,454	8,2
	40-60	<u>1,64</u> 0,100	<u>0,48</u> 0,014	<u>0,60</u> 0,021	<u>4,13</u> 0,19	<u>2,25</u> 0,045	<u>1,50</u> 0,018	<u>3,10</u> 0,071	0,459	8,3
3. Сера	0-20	<u>1,48</u> 0,090	Нет Нет	<u>0,65</u> 0,022	<u>7,75</u> 0,37	<u>4,00</u> 0,08	<u>2,88</u> 0,034	<u>2,75</u> 0,063	0,659	8,1
	20-40	<u>1,92</u> 0,117	Нет Нет	<u>0,75</u> 0,026	<u>5,38</u> 0,25	<u>2,5</u> 0,05	<u>1,75</u> 0,021	<u>2,29</u> 0,052	0,516	8,2
	40-60	<u>2,32</u> 0,141	<u>0,60</u> 0,018	<u>0,75</u> 0,026	<u>4,38</u> 0,21	<u>2,00</u> 0,04	<u>1,25</u> 0,015	<u>4,80</u> 0,110	0,560	8,5

В почвах присутствуют все ионы в количествах, негативно влияющие на рост и развитие растений. Но наибольший урон отмечается от солонцеватости и высокой щелочности. О содовости почвы участка говорят наличие заметного количества HCO_3^- , превышающие его пороговой концентрации 0,8 мг-экв на 100 г почвы). Его содержание, как правило, увеличивается с глубиной, достигая до 2 и более мг-экв на 100 г почвы. При этом следует отметить, что только на этой глубине (40-60 см) присутствуют нормальные карбонаты (CO_3^{2-}), также значительно превышающие пороговую концентрацию (0,03 мг-экв на 100 г почвы) в связи, с чем нижний горизонт имеет более высокую щелочность (pH 8,2-8,5).

Содержание и распределение хлор-иона по профилю почвы равномерное и почти одинаковое (0,60-0,75 мг-экв на 100 г почвы) в количествах два раза превышающего его пороговую токсичность (0,35 мг-экв на 100 г почвы). Такое распределение хлор-иона говорит об отсутствии в профиле почвы как промывного, так и выпотного водного режима. Из анионов наиболее высокой концентрацией отличается, сульфат-ионы (7-8 мг-экв на 100 г почвы), превышая пороговой концентрации (1,7 мг-экв) более чем 4 раза. Они уменьшается с глубиной до 4-5 мг-экв на 100 г почвы. Отмеченные о анионном составе говорят, что почвы опытного участка представлен содово-сульфатным типом засоления.

Катионный состав водной вытяжки почв характеризуется повышенным содержанием кальция и натрия, несколько меньшим магния. Повышенная концентрация натрия может быть объяснена наличием значительной засоленностью почвы.

Таким образом, исходное состояние мелиорируемой почвы характеризуется средней щелочностью обусловленная повышенным содержанием бикарбонат-иона по всему профилю и наличием нормальных карбонатов в ее нижней части, а также высоким содержанием сульфат-иона, что при повышенном содержаниях Ca²⁺ и Na⁺ формируют токсичные соли с преобладанием натриевых солей NaHCO₃, Na₂SO₄.

Результаты данных анализа водной вытяжки образцов почв (таблица 2), взятые после начало опыта 4,5 месяца после контрольного варианта показывают из о наличии заметных изменений концентраций как в составе анионов: (увеличение HCO_3^- в нижних горизонтах с 1,65 мг-экв до 2,45 мг-экв, исчез CO_3^{2-} , снижение SO_4^{2-} (с 8,0 мг-экв до 4,00 мг-экв), так и катионов: резкое снижение Ca²⁺ и Mg²⁺ в нижних горизонтах (соответственно с 4,9 мг-экв до 1,55 мг-экв и с 2,8 мг-экв до 0,80 мг-экв) и некоторое повышение концентраций Na⁺ в подпахотном горизонте с 3,05 мг-экв до 5,06 мг-экв на

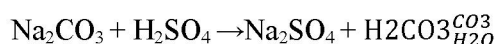
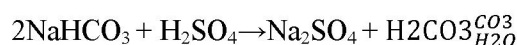
Таблица 2 – Влияние эквивалентных доз фосфогипса и элементарной серы на состав водной вытяжки среднесодово-сульфатного солончакового высоконатриевого полугидроморфного солонца подзоны светлых сероземов, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Вариант	Глубина, см	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}$	Сумма солей, %	pH
Контроль	0-20	<u>1,52</u> 0,092	Следы Следы	<u>0,60</u> 0,021	<u>6,50</u> 0,31	<u>3,50</u> 0,07	<u>2,50</u> 0,03	<u>2,62</u> 0,060	0,583	8,3
	20-40	<u>2,36</u> 0,143	Следы Следы	<u>0,40</u> 0,014	<u>5,00</u> 0,24	<u>1,63</u> 0,03	<u>0,86</u> 0,01	<u>5,06</u> 0,116	0,553	8,5
	40-60	<u>2,56</u> 0,156	Следы Следы	<u>0,40</u> 0,019	<u>3,63</u> 0,17	<u>1,50</u> 0,03	<u>0,75</u> 0,009	<u>3,70</u> 0,085	0,739	8,6
Фосфогипс	0-20	<u>1,56</u> 0,095	Нет Нет	<u>0,55</u> 0,019	<u>7,13</u> 0,34	<u>3,63</u> 0,07	<u>2,38</u> 0,028	<u>2,24</u> 0,051	0,603	8,2
	20-40	<u>1,56</u> 0,095	<u>0,12</u> 0,003	<u>0,50</u> 0,017	<u>8,75</u> 0,42	<u>1,75</u> 0,03	<u>1,25</u> 0,025	<u>7,92</u> 0,182	0,772	8,5
	40-60	<u>2,56</u> 0,156	<u>0,24</u> 0,007	<u>0,60</u> 0,021	<u>8,00</u> 0,38	<u>1,88</u> 0,03	<u>1,13</u> 0,013	<u>8,40</u> 0,193	0,804	8,8
Сера	0-20	<u>0,80</u> 0,048	Нет Нет	<u>0,60</u> 0,021	<u>13,25</u> 0,636	<u>5,00</u> 0,1	<u>2,88</u> 0,034	<u>6,63</u> 0,156	0,995	7,4
	20-40	<u>1,00</u> 0,061	Нет Нет	<u>0,60</u> 0,021	<u>13,00</u> 0,620	<u>4,00</u> 0,08	<u>2,50</u> 0,03	<u>8,10</u> 0,186	0,998	7,4
	40-60	<u>1,14</u> 0,069	Нет Нет	<u>0,60</u> 0,021	<u>8,75</u> 0,420	<u>4,00</u> 0,08	<u>2,63</u> 0,031	<u>3,87</u> 0,089	0,710	7,4

100 г почвы. Указанные изменения концентраций ионов жидкой фазы почвы контрольного варианта обуславливает росту в составе раствора доли более токсичных солей натрия (NaHCO_3 и Na_2CO_3) и уменьшению доли менее токсичных (особенно Na_2SO_4) и нетоксичной ($\text{CaSO}_4\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) солей. Отмеченные интервалы проявляется в рН заметно повысив его значение с 8,1, 8,3.

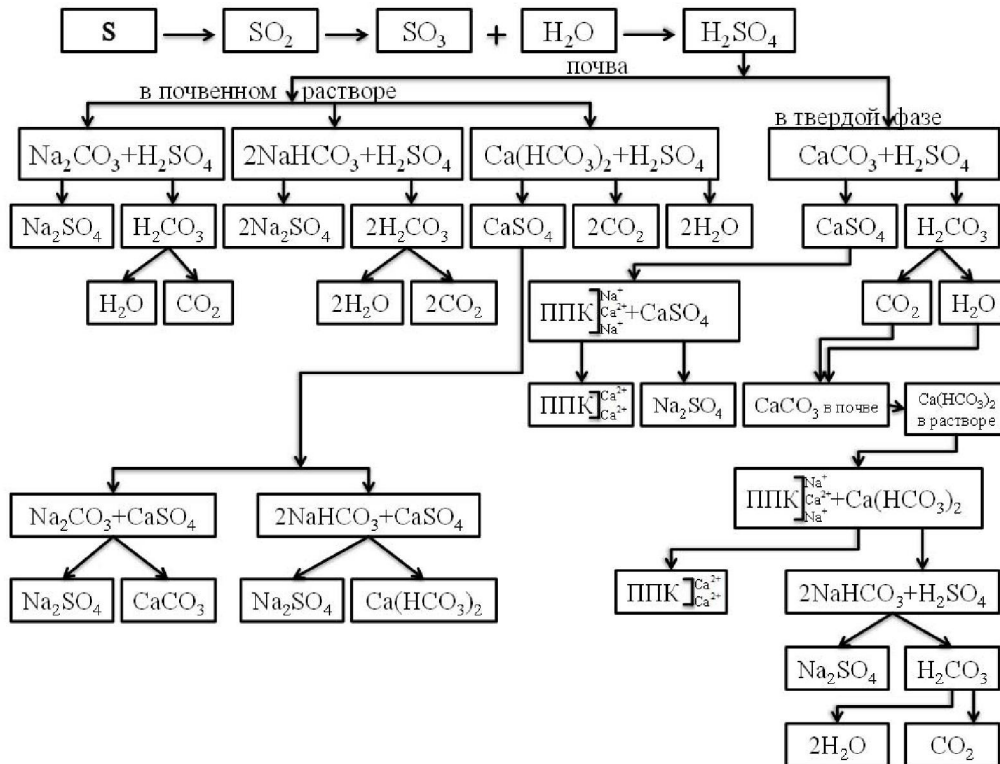
Внесение фосфогипса значительно повысил содержание ионов SO_4^{2-} и Na^+ , соответственное с 4,20 до 8,40 и с 3,40 до 8,20 мг-экв на 100 г почвы и незначительно снизив их концентраций в 0-20 см слое, а так же Ca^{2+} и Mg^{2+} в этом слое. При этом повышение содержания сульфат-иона происходит за счет выхода в раствор SO_4^{2-} , содержащийся в составе фосфогипса, а натрия вытеснением его из ППК ионами кальция фосфогипса. Таким образом, 4,5 месячная инкубация фосфогипса в содово-засоленном полугидроморфном солонце оказали существенное влияние на состав водной вытяжки повысив в нем содержание сульфат и натрий ионов, оставив без существенных изменений остальных ионов.

В отличие от фосфогипса сера оказало более значительные изменения на состав водной вытяжки. Наиболее заметное изменение проявляется в содержании иона HCO_3^- , где его исходное содержание в слоях 0-20, 20-40 и 40-60 см соответственно составившие 1,48, 1,92 и 2,32 мг-экв на 100 г почвы снизились до 0,80, 1,00 и 1,14 мг-экв. Более того, содержание CO_3^{2-} имевшее место в исходной почве (0,60 мг-экв на 100 г почвы) исчез. Отмеченные говорят о достаточно высокой эффективности элементарной серы для снижения повышенной щелочности содово-засоленных почв по сравнению с фосфогипсом. Они объясняются реакциями нейтрализации протекающие по следующей схеме:



О протекании подобной реакции подтверждает рост концентраций сульфат-иона. Так, если до внесения элементарной серы содержание SO_4^{2-} в слоях 0-20, 20-40, 40-60 см соответственно составили 7,75, 5,38, 4,38 мг-экв на 100 г почвы то после 4,5 месячной инкубации элементарной серы в почве его содержание повысилось до 13,25, 13,00, 8,75 мг-экв на 100 г почвы или на 171, 242, 200% соответственно.

Известно, что образовавшиеся при окислений элементарной серы серная кислота, наряду с жидкой фазой почвы вступает в реакцию и с твердой фазой (рисунок).



Гипотетическая блок схема воздействия серы на состав содово-засоленных почв

Из представленной схемы [10] следует, что при взаимодействии серной кислоты с карбонатами кальция и отчасти и магния они разрушаются, в результате которого в растворе появляются новообразованные их бикарбонаты. Они улавливаются при анализе водной вытяжки, данные которых показывают значительности роста концентраций Ca^{2+} и Mg^{2+} в слоях 20-40 и 40-60 см и соответственно составки 160, 200% и 143, 210% по сравнению с их значениями до внесения элементарной серы. Внесение серы еще большей степени увеличивает концентрации натрия по сравнению с фосфогипсом. Это может быть объяснено за счет вытесненного из ППК иона натрия. Оно проявляется в слоях 0-20 и 20-40 см. Если до внесения серы содержание натрия в водной вытяжке соответственно составили 2,75 и 2,29 мг-экв., то после 4,5 месячной инкубации его содержание выросло до 6,63 и 8,10 мг-экв на 100 г почвы или на 241 и 354%. Отсюда следует, что элементарная сера, наряду с большей нейтрализацией щелочных солей так же более активно участвует в рассолонцевании почвы по сравнению с фосфогипсом.

Для установления влияния осенне-зимних климатических условий на мелиоративное состояние почвами ранней весной (6.03.2016 г.) был проведен осмотр опытных участков. Оказалось, что поверхность почвы с мелиорантами были пушистыми, чем на контрольных вариантах. Несколько позже, (26.03.2016 г.) отобраны образцы почв. для определения влияния осенне-ранневесенних климатических условий на солевой состав почв вариантов опыта (таблица 3).

Из данных анализа водной вытяжки следует, что влияние климатических условий на солевой состав почв контрольного варианта не оказывает заметных изменений, тогда как на вариантах с мелиорантами отмечается снижение концентрации HCO_3^- в слое 0-40 см на варианте с фосфогипсом в 1,5 раза (с 1,65 мг-экв до 1,13 мг-экв) а на варианте с серой в 2 раза (с 1,65 мг-экв до 0,82 мг-экв).

Отмеченные изменения указывают о продолжающихся химических и физико-химических процессов, протекающих в почве с продуктами распада растворенной части фосфогипса (Ca^{2+} и SO_4^{2-}) и образовавшиеся серной кислоты при окислении некоторой части элементарной серы. Они прояв-

Таблица 3 – Влияние осенне-ранневесенних климатических условий на состав водной вытяжки почв вариантов опыта, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Вариант	Глубина образца, см	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na ⁺	Сумма солей, %	pH
Контроль	0-20	<u>1,70</u> 0,104	нет	<u>0,50</u> 0,018	<u>4,25</u> 0,204	<u>3,15</u> 0,063	<u>0,80</u> 0,059	<u>2,60</u> 0,059	0,457	8,1
	20-40	<u>1,60</u> 0,098	нет	<u>0,50</u> 0,018	<u>4,75</u> 0,228	<u>3,25</u> 0,065	<u>0,90</u> 0,011	<u>2,70</u> 0,062	0,482	8,1
	40-60	<u>0,52</u> 0,032	нет	<u>0,40</u> 0,014	<u>5,00</u> 0,246	<u>1,50</u> 0,030	<u>0,30</u> 0,004	<u>4,12</u> 0,095	0,421	7,8
Фосфогипс	0-20	<u>0,88</u> 0,054	нет	<u>0,30</u> 0,011	<u>6,00</u> 0,288	<u>5,08</u> 0,102	<u>0,83</u> 0,011	<u>1,26</u> 0,029	0,495	7,8
	20-40	<u>1,38</u> 0,084	сл.	<u>0,23</u> 0,008	<u>6,25</u> 0,300	<u>2,92</u> 0,058	<u>0,53</u> 0,006	<u>4,42</u> 0,102	0,558	8,1
	40-60	<u>1,26</u> 0,077	<u>0,56</u> 0,59	<u>0,33</u> 0,019	<u>6,25</u> 0,300	<u>2,83</u> 0,057	<u>0,56</u> 0,007	<u>4,72</u> 0,109	0,585	8,2
Сера	0-20	<u>0,73</u> 0,045	нет	<u>0,23</u> 0,008	<u>5,92</u> 0,284	<u>4,25</u> 0,085	<u>0,96</u> 0,012	<u>1,66</u> 0,038	0,472	7,2
	20-40	<u>0,90</u> 0,055	нет	<u>0,27</u> 0,009	<u>7,17</u> 0,344	<u>3,25</u> 0,065	<u>0,83</u> 0,011	<u>4,25</u> 0,098	0,582	7,6
	40-60	<u>1,77</u> 0,108	<u>0,56</u> 0,59	<u>0,26</u> 0,009	<u>6,67</u> 0,320	<u>3,50</u> 0,070	<u>0,70</u> 0,008	<u>5,06</u> 0,116	0,647	7,8

ляются в заметном увеличении содержания SO_4^{2-} в сравнении с контрольным вариантом. Так, если на контроле его содержание в 0-40 см слое почвы составил 4,50 мг-экв, то на вариантах с фосфогипсом и элементарной серой соответственно составили 6,13 и 6,55 мг-экв на 100 г. почвы. Рост содержания Ca^{2+} до 4,0 мг-экв или на 0,80 мг-экв больше по сравнению с контролем (3,20 мг-экв) на варианте с фосфогипсом следует отнести за счет части фосфогипса вышедшего в раствор, а его рост до 3,75 мг-экв на варианте с элементарной серой - за счет кальция его карбоната, вышедшего в жидкую фазу почвы в результате разложения его серной кислотой. Здесь так же следует отметить о более высокой концентрации Mg^{2+} (0,90 мг-экв на 100 г. почвы) на варианте с серой по сравнению с фосфогипсом (0,68 мг-экв) чего можно объяснить только магнием его карбоната, так же вышедшего в раствор в результате его разложения серной кислотой.

Содержание иона натрия в водной вытяжке почвы к весеннему сроку на контроле несколько меньше по сравнению с осенним, что может быть объяснено вымыванием его осенне-ранневесенними осадками.

Влияние мелиорантов на содержание иона натрия оказались различными. Действие фосфогипса на содержание иона натрия в растворе проявляется количеством кальция, образовавшегося при растворении гипса фосфогипса, обеспечивая вытеснение эквивалентного количества поглощенного натрия из ППК в раствор, а элементарной серы - количеством Ca^{2+} образовавшегося при разложении карбоната кальция серной кислотой.

Таким образом, десятимесячная инкубация (26.06.15 г по 26.03.16 г.) фосфогипса и элементарной серы в полугидроморфном содово-сульфатном среднесолончаковом высоконатриевом среднем солонце зоны сероземов оказали существенное влияние на содержание и состав солей, перестроив их ионный состав, росту суммы солей и снижению pH почвенной среды. Некоторое снижение, особенно на варианте с серой, требует проведения следующего этапа работы по мелиорации почвего промывки от исходных первичных и вновь образовавшихся вторичных солей из корнеобитаемого слоя почвы.

Перед промывкой почва была вспашкана глубины 25 см. Почвы контрольных вариантов из-за крайне низкой водопроницаемости не промывали, но увлажнялись водой объемом 1000 л на делянку или 667 м³/га. Промывка почвы с мелиорантами проводилась в два этапа (6.04.16 г. и 14.04.16 г.) подачей расчетных норм промывной воды в четыре такта (по два за каждый этап). Общий объем поданной промывной воды на делянки составили и 6900 л или 4600 м³/га. Вода,

поданная последним четвертым тактом (1500л) на делянки с фосфогипсом из-за низкой водопроницаемости почвы впитывалась значительно медленнее (5 дней), чем на вариантах с элементарной серой, (2 дня). Отмеченные указывают о слабой мелиоративной эффективности фосфогипса на водопроницаемость почвы.

Для установление эффективности промывки почв через две недели (28.04.2016 г.) отобраны образцы почв и определены ионный состав, их суммы и рН водной вытяжки (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты анализа водной вытяжки образцов почв, взятые после промывки, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Вариант	Глубина образца, см	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na ⁺	Сумма солей, %	pH
Контроль	0-20	<u>3,04</u> 0,185	<u>0,75</u> 0,022	<u>0,25</u> 0,009	<u>3,17</u> 0,152	<u>1,75</u> 0,035	<u>0,33</u> 0,004	<u>5,40</u> 0,124	0,738	8,6
	20-40	<u>3,04</u> 0,185	<u>0,64</u> 0,019	<u>0,36</u> 0,013	<u>3,42</u> 0,164	<u>1,58</u> 0,032	<u>0,33</u> 0,004	<u>5,55</u> 0,128	0,545	8,6
	40-60	<u>2,37</u> 0,145	<u>0,43</u> 0,012	<u>0,50</u> 0,018	<u>3,66</u> 0,176	<u>1,42</u> 0,028	<u>0,26</u> 0,003	<u>5,28</u> 0,121	0,503	8,6
Фосфогипс	0-20	<u>5,73</u> 0,349	<u>0,32</u> 0,009	<u>0,35</u> 0,012	<u>2,75</u> 0,132	<u>1,50</u> 0,030	<u>0,30</u> 0,004	<u>3,50</u> 0,081	0,617	8,5
	20-40	<u>3,00</u> 0,183	<u>0,40</u> 0,012	<u>0,35</u> 0,012	<u>2,75</u> 0,132	<u>1,92</u> 0,038	<u>0,33</u> 0,004	<u>3,83</u> 0,088	0,469	8,4
	40-60	<u>2,31</u> 0,141	<u>0,24</u> 0,007	<u>0,30</u> 0,011	<u>3,37</u> 0,168	<u>1,75</u> 0,035	<u>0,40</u> 0,005	<u>4,07</u> 0,094	0,455	8,3
Серя	0-20	<u>1,98</u> 0,121	<u>0,40</u> 0,012	<u>0,30</u> 0,011	<u>1,75</u> 0,084	<u>2,37</u> 0,047	<u>0,30</u> 0,003	<u>1,60</u> 0,037	0,315	8,2
	20-40	<u>2,01</u> 0,123	<u>0,36</u> 0,011	<u>0,20</u> 0,007	<u>3,33</u> 0,159	<u>3,62</u> 0,072	<u>0,63</u> 0,008	<u>0,55</u> 0,013	0,393	8,2
	40-60	<u>2,82</u> 0,172	<u>0,35</u> 0,011	<u>0,25</u> 0,009	<u>2,66</u> 0,128	<u>2,33</u> 0,047	<u>0,57</u> 0,007	<u>4,22</u> 0,097	0,471	8,3

Из данных анализа водной вытяжки следует, что орошение и промывка почв способствовало резкому росту содержания ионов HCO_3^- и появлению CO_3^{2-} , т.е. "вспышки" резкое увеличение щелочности, особенно на контроле и на варианте с фосфогипсом.

Так, если в почвах контрольного варианта до орошений среднее содержание HCO_3^- в 0 – 40 см слое почвы HCO_3^- составил 1,65 мг-экв, а CO_3^{2-} отсутствовал, то после орошения содержание HCO_3^- вырос до 3,04 мг-экв и появился CO_3^{2-} в значительном количестве (0,70 мг-экв). Орошение почв контрольного варианта способствовало заметному снижению концентрации сульфат-иона (от 4,50 до 3,30 мг-экв), кальция (от 3,20 до 1,67 мг-экв), магния (от 0,85 до 0,33 мг-экв) и роста натрия (от 2,65 до 5,47 мг-экв), что в итоге привели к значительному росту суммы солей (от 0,467 до 0,642%) и щелочности (pH от 8,1 до 8,6).

Результаты проведенной промывки почв с мелиорантами оказались неоднозначными. Если промывка почв на варианте с фосфогипсом привело к значительному повышению содержания HCO_3^- от 1,13 до 4,36 мг-экв и CO_3^{2-} до 0,37 мг-экв (отсутствующий до промывки), то на варианте с элементарной серой соответственно повышению содержания HCO_3^- от 0,81 до 2,00 и CO_3^{2-} от 0,00 до 0,38 мг-экв, т.е. на последнем созданы более благоприятные почвенные условия для растений. Промывка так же оказала положительное влияние на содержание SO_4^{2-} в почве, существенно снизив его концентрации с 6,13 до 2,75 мг-экв на варианте с фосфогипсом и с 6,55 до 2,54 мг-экв на варианте с серой. Влияние промывки на содержание Ca^{2+} в почвенном растворе проявилось в значительном его снижении с 4,00 до 1,71 мг-экв на варианте с фосфогипсом и незначительному снижению от 3,75 до 3,00 мг-экв на варианте с элементарной серой. Такая же закономерность наблюдается и в содержаниях Mg^{2+} , хотя его концентрация значительно ниже чем Ca^{2+} . Проведение промывки привели к снижению Mg^{2+} от 0,68 до 0,32 мг-экв на варианте с фосфогипсом и от 0,90 до 0,46 мг-экв на варианте с элементарной серой.

Влияние промывки на содержание Na^+ в почве вариантов опыта так же оказались неоднозначными. На варианте с фосфогипсом отмечается его увеличение от 2,84 мг-экв до 3,66 мг-экв, тогда как на варианте с элементарной серой происходит значительное его снижение (от 2,96 до 1,08 мг-экв на 100г. почвы), что объясняется высокой водопроницаемостью.

Результаты количественных изменений в ионном составе жидкой фазы почв от внесенных мелиорантов, а также проведенной промывки почв оказали неоднозначное влияние и на суммы солей. Так, если внесение мелиорантов привели к увеличению суммы солей как на вариантах с фосфогипсом, так и с элементарной серой (с некоторым преимуществом в последнем), то промывка оказала незначительное влияние на вынос солей (всего 0,032%) на варианте с фосфогипсом от 0,527 до 0,543%, а на варианте с элементарной серой к значительному опреснению, где содержание солей снизилось от 0,527 % до 0,354 %. Более того после промывки соли на вариантах с фосфогипсом стали более токсичными из-за «вспышки» щелочности.

Закключение. Приведенные выше фактические материалы, полученные на базе полевого эксперимента по определению сравнительной мелиоративной эффективности фосфогипса и элементарной серы на среднесодовосульфатном солончаковом высоконатриевым полугидроморфным солонце подзоны светлых сереземов свидетельствуют о значительном преимуществе элементарной серы над фосфогипсом, позволяющая сократить продолжительность мелиоративного периода до одного года.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана. – М.: Наука, 1978. – 172 с.
- [2] Феофарова И.И. Псевдоморфозы кальцита по гипсу в почвах // Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. – 1950. – Т. 34. – С. 202-206.
- [3] Chawla K.L., Abrol I.P. Effect of gypsum fineness on the reclamation of sodic soils // Agricultural water Management. – 1982. – Vol. 5, N 1. – P. 41-50.
- [4] Контурный план технологического развития нефтегазовой отрасли Казахстана. – Фаза 2: Анализ технологических сложностей. Подготовлено: Департамент проектов и технологий концерна «Шелл». Декабрь 2011. – С. 44-47.
- [5] Тазабеков Т.Т., Беспалова Р.С. Влияние доз фосфогипса на свойства и продуктивность содово-засоленных солонцовых почв, Алма-Ата // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1988. – № 2. – С. 2-23.
- [6] Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по мелиоративному почвоведению. – М., 1981. – 38 с.
- [7] Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд. МГУ, 1970. – С. 387-421.
- [8] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 18-22.
- [9] Coyne M.S., Thompson J.A. Math for soil scientists. – Thomson Delmar Learning press, 2006. – P. 238.
- [10] Kubenkulov K., Naushabayev A., Hopkins D. Reclamation Efficiency of Elemental Sulfur on the Soda Saline Soil // World Applied Sciences Journal. – 2013. – 23(9). – P. 1245-1252.

К. Кубенкулов, Н. А. Хоханбаева, А. Х. Наушабаев, Н. Сейткали

Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан

АШЫҚСҰР ТОПЫРАҚ АЙМАҒЫНДАҒЫ ЖАРТЫЛАЙ ГИДРОМОРФТЫ ОРТАША СОДАЛЫ-СУЛЬФАТТЫ СОРТАНДАНҒАН КЕБІРДЕ ФОСФОГИПС ПЕН ЭЛЕМЕНТАРЛЫ КҮКІРТТІ САЛЫСТЫРМАЛЫ МЕЛИОРАТИВТІК ТИІМДІЛІГІ

Аннотация. Жоғарыда келтірген ашық сұр топырақтар аймақшасының орта содалысульфатты сортаңдаған жоғары натрийлі жартылай гидроморфты кебірде фосфогипс пен элементарлы, күкірттің салыстырмалы мелиоративтік тиімділіктерін анықтау бойынша далалық тәжірибе негізінде алынған деректі материалдар элементарлы күкірттің фосфогипспен айтарлықтай артықшылығын растайды, сөйтіп мелиоративтік кезеңнің ұзақтығын бір жылға дейін қысқартуға мүмкіндік береді.

Сведения об авторах:

Кубенкулов Канайбек Кубенкулович – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры почвоведения и агрохимии Казахского национального аграрного университета, Алматы, e-mail: Kkubenkulov@mail.ru.

Хоханбаева Нуржамал Айбатиллаевна – PhD докторант кафедры «Почвоведение и агрохимия», Казахского национального аграрного университета, Алматы, e-mail: nuri.310385@mail.ru

Наушабаев Асхат Хамитович – доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Почвоведение и агрохимия», Казахского национального аграрного университета, Алматы, e-mail: tatan-askhat@mail.ru

Сейткали Нурзихан – доктор PhD кафедры «Почвоведение и агрохимия», Казахского национального аграрного университета, Алматы, e-mail: Nurzi.seitkali@mail.ru