

УДК 631.445.41:552

ГРНТИ 68.05.43

О.Ю. Шалашова, Н.А. Иванова

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО СРЕДНЕСОЛОНЦЕВАТОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРИТЕЛЬНО-МЕЛИОРИРУЮЩИХ СМЕСЕЙ

Представлено влияние удобрительно-мелиорирующих смесей (УМС) на физико-химические свойства чернозема обыкновенного, деградированного в результате поливов слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава. Удобрительно-мелиорирующие смеси приготовлены из птичьего помета, измельченной соломы (местные отходы сельского хозяйства) и терриконовой породы, электролита травления стали (местные отходы промышленности). Для сравнения, помимо контроля, взят вариант с компостом из птичьего помета и фосфогипса, завозимого из другого региона. Пятилетние исследования показали, что УМС, приготовленные на основе птичьего помета, терриконовой породы, электролита травления стали и соломы, по своему воздействию на физико-химические свойства солонцовых почв практически не уступают компосту, созданному на основе птичьего помета и привезенного фосфогипса. Отличие состоит в том, что УМС являются мелиорантами замедленного действия и активность их в большей степени проявляется не в 1-й год, а с 3-го года последствия. К 5-му году исследований восстановления негативных свойств почв при поливах водой неблагоприятного состава пока не проявилось ни на одном варианте, кроме контрольного. Урожайность возделываемых культур возрастала с улучшением физико-химических свойств почв. В первый год после мелиорации наибольший урожай был получен на варианте с компостом. К 3-му и 4-му годам исследований урожайности возделываемых культур на вариантах с УМС находились в пределах наименьшей существенной разницы (НСР). Минеральные удобрения во все годы исследований оказывали положительное влияние на физико-химические свойства черноземов обыкновенных в пределах 9–10 %, а урожайность от их применения возрастала на 15–20 %.

Ключевые слова: деградация, почва, мелиорация, удобрительно-мелиорирующие смеси, компост, солонцеватость, щелочность, плотность сложения.

O.Yu. Shalashova, N.A. Ivanova

CHANGE OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ORDINARY MEDIUM-SOLONIZED CHERNOZEM UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZING-RECLAIMING MIXTURES

The article presents the influence of fertilizing-reclaiming mixtures (FRMs) on the physico-chemical properties of ordinary chernozem, degraded by brackish irrigation with sulfate-sodium composition water. Fertilizing-reclaiming mixtures prepared from poultry litter, chopped straw – local agricultural waste and terrigenous rock, electrolyte etching of steel – local industrial waste. For comparison, in addition to the control variant taken with a compost of poultry manure and phosphogypsum imported from another region. Five-year study showed that FRMs prepared on the basis of bird droppings, terrigenous rock, electrolyte etching of steel and straw, for their effects on physico-chemical properties of sodic soils almost as good as the compost that is created on the basis of bird droppings and brought phosphogypsum. The difference is that FRMs are a slow improver of action and their activity is more evident not in 1 year, but in 3 years. By the 5th year of studies of the recovery of the negative properties of soil upon irrigation with water of unfavorable composition are not yet evident on any version, except the check. The yield of crops has increased with the improvement of physico-chemical properties of soils. In the first year after the reclamation, the highest yield was obtained in variant with compost. By the 3rd and 4th years of research the yield of crops on variants from the FRMs were within the minimum significant difference (MSD). Mineral fertilizer in all years of studies had a positive effect on the physico-chemical properties of ordinary chernozems in the range of 9–10 %, and the yield from their use has increased by 15–20 %.

Keywords: degradation, soil, irrigation, fertilizing-reclaiming mixtures, compost, alkalinity, density of the composition.

Введение

Актуальность проводимых исследований состоит в повышении плодородия земель, орошаемых водами неудовлетворительного состава. В результате поливов такой водой в почвах наблюдаются неблагоприятные процессы: повышение щелочности и солонцеватости, недонасыщенность кальцием, дегумификация, нарушение баланса питательных элементов. Стоит вопрос о сложности недопущения и устранения этих явлений на осваиваемых землях по причине дороговизны доставки мелиорантов, например фосфогипса. Требуется поиск мелиорантов из местных отходов промышленности, содержащих мелиорирующую основу. В то же время внесением мелиоранта невозможно решить проблему дегумификации почв, когда теряется не только общее содержание гумуса, но и ухудшается его качественный состав.

Исследования предыдущих лет, проводимые на солонцеватых почвах, показали, что внесение органических удобрений без проведения химической мелиорации на таких землях неактуально, так как щелочность возрастает, а солонцеватость не устраняется. Требуется вначале провести химическую мелиорацию, а затем внести органику [1]. Но такой способ мелиорации требует дополнительных затрат, поэтому задача исследований заключалась в создании средств на базе местных отходов промышленности и сельского хозяйства, при однократном внесении которых снижалась бы щелочность и солонцеватость, а также создавались бы условия для накопления качественного гумуса в почве.

Объекты и методы

В лабораторных опытах при создании новых удобрительно-мелиорирующих смесей (УМС) использовались в качестве мелиорирующих компонентов фосфогипс (Ф), терриконовая порода (Т.п.), электролит травления стали (ЭТС), а удобрительных – птичий помет (П.п.) и солома (Сол.) как наиболее распространенные на данный момент органические удобрения [2]. При изучении различных комбинаций этих компонентов были выявлены их оптимальные соотношения и отобраны лучшие УМС по мелиорирующей и удобрительной основам для закладки полевого опыта.

Цель исследования – изучить влияние УМС и УМС с минеральными удобрениями на планируемый урожай (МУ на п.у.), на физико-химические свойства чернозема обыкновенного среднесолонцеватого при поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава. Источник орошения – Весёловское водохранилище. Минерализация воды в среднем составляет 1,7 г/дм³. Изучаемые почвы – чернозем обыкновенный среднесолонцеватый с содержанием 11 % обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе в 0–40 см слое, обменного кальция – 71 % и обменного магния – 18 %. Незасолен, но имеет среднещелочную реакцию.

Полевой опыт заложен в ГП «Батайское» в октябре 2007 г. по следующей схеме:

Фон 1 – без удобрений:

1. Контроль.
2. Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га.
3. УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га.
4. УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га.
5. УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га.
6. УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га.

Фон 2 – те же варианты + МУ на п.у., рассчитанные с учетом того количества питательных веществ, которые находятся в почве и в приготовленных УМС.

Расчет доз МУ на п.у. проводился по определенной методике [3]. Дозы УМС рассчитывались на полное вытеснение натрия из ППК и замещение его на кальций [4]. Вначале определялась доза гипса (1):

$$D_g = 0,086 \cdot h \cdot d \cdot Na, \quad (1)$$

где D_g – доза гипса в расчете на полное вытеснение обменного натрия, т/га; h – мощность мелиорируемого слоя, см; d – плотность почвы, т/м³; Na – содержание обменного натрия, мг-экв./100 г.

Для учета мелиорирующей основы используемых УМС необходимо ввести дополнительный коэффициент

$$D_{умс} = D_g \cdot K, \quad (2)$$

где $D_{умс}$ – доза УМС, т/га; K – коэффициент, учитывающий содержание мелиорирующих веществ в средстве. Например, для УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1), где мелиорирующая основа в пересчете на чистый гипс составила 37 %, $K = 100/37 = 2,7$.

Полевой опыт мелкоделяночный ($5 \cdot 6 = 30 \text{ м}^2$). Компост и УМС вносились осенью 2007 г. под основную вспашку, в последующие годы изучалось их последствие. Минеральные удобрения вносились ежегодно под культуру в виде основного удобрения и подкормок. Площадки для отбора образцов почв и учета урожайности сельскохозяйственных культур из года в год оставались постоянными. Сроки поливов устанавливались исходя из запасов влаги в почве, а поливные нормы рассчитывались по формуле Костякова. Режим орошения сельскохозяйственных культур поддерживался на уровне 80 % от НВ. Расчетный слой 0–60 см. Поливы производились дождеванием машиной ДДА-100МА. Повторность опыта – трехкратная. Агротехника – общепринятая для Ростовской области согласно рекомендациям зональных систем земледелия. Образцы почв отбирались ежегодно осенью после уборки сельскохозяйственных культур по слоям 0–20 см и т.д., до 1 м. Методика исследований и статистическая обработка общепринятая.

При оценке результатов анализов почв использовались «Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» (2000) [4] и «Справочник по оценке почв» (2004) [5].

Результаты исследований

Как видно из таблицы, на контроле до мелиорации и внесения МУ в черноземах присутствовала щелочность в 0–40 см слое. Она в среднем (по Зимовцу) составляла 1,40 мг-экв./100 г, то есть почвы характеризовались как среднешелочные.

Для ее устранения использовались компост из П.п. и Ф, а также УМС, в состав которых входили кислые компоненты – терриконовая порода (Т.п.) с $pH = 4,3$ и электролит травления стали (ЭТС) с $pH = 3,2$, способные нейтрализовать щелочность. Компост и все УМС, кроме УМС из П.п. + Т.п. + ЭТС в соотношении 2:1:1, в первый год последствия (сентябрь 2008 г.) полностью нейтрализовали щелочность. УМС из П.п. + Т.п. + ЭТС в соотношении 2:1:1 перевела чернозем из разряда среднешелочных в слабощелочные почвы. Видимо, в этом средстве недостаточно было кислой основы. В таком же средстве, но с соотношением П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2, где преобладал ЭТС, щелочность была устранена, и pH составил 7,5. Внесение МУ, в которых преобладали азотные и калийные формы, усиливало снижение щелочности. pH уменьшился по сравнению с вариантами без МУ в основном на 0,2–0,3 единицы.

Борьба с солонцеватостью почв – очень сложная задача, но необходимо отметить, что на варианте с компостом из фосфогипса в первый год последствия она уменьшилась почти вдвое. До мелиорации и на контроле содержание обменного натрия в 0–40 см слое составляло 11 % от суммы почвенного поглощающего комплекса (Σ ППК), на варианте с компостом – 5 %, а с УМС от 7 до 9 % от ППК. В наибольшей степени за первый год рассолонцевался 0–40 см слой чернозема при внесении УМС, приготовленной из П.п. + ЭТС + Сол. в соотношении 1:2:1. Это объясняется тем, что из всех компонентов доля электролита в этом средстве наибольшая, а электролит, как жидкий мелиорант, более быстро действующий, чем терриконовая порода. Действие средств с Т.п. активизируется в последующие годы.

Внесенные МУ оказали на снижение содержания обменного натрия в ППК такое же воздействие, как на щелочность, то есть уменьшили его количество на варианте с чистым внесением МУ по сравнению с контролем только на 9 %. Соответственно и на других вариантах сохранилась та же пропорция.

Наиболее быстродействующим мелиорантом являлся компост, приготовленный из птичьего помета и привезенного из Белореченска фосфогипса. Содержание обменного натрия уже в первый год воздействия снизилось на 55 %. Такие же результаты получены сотрудниками РосНИИПМ при изучении влияния фосфогипса в чистом виде и в сочетании с органическими и другими компонентами на свойства солонцеватых почв в условиях орошения [6].

Несмотря на значительное уменьшение Na в ППК при воздействии от 18 до 36 % УМС по сравнению с контролем, увеличение Ca в ППК значительно ниже – от 3 до 6 %. Изменений

в общем содержании токсичных солей за первый год последствия не произошло, так как черноземом незасолен.

Результаты второго года последствия УМС и УМС с МУ на физико-химические свойства чернозема обыкновенного деградированного представлены в таблице.

Они свидетельствуют о дальнейшем положительном воздействии УМС и УМС с МУ на свойства почв. Щелочность была устранена в первый год их воздействия на почвы и на 2-й год не проявилась. Это подтверждают результаты определения pH водной суспензии почв, которая составляла от 7,4 до 7,2 единиц, и щелочность, определяемая по Бобкову и Зимовцу [7, 8]. В чистом виде вносимые удобрения не снизили ее и во второй год воздействия, так как сохранилась солонцеватость почв (12 % от суммы ППК). Компост из П.п. и Ф за два года воздействия снизил солонцеватость на 64 %, а в первый год – на 55 %, то есть этот мелиорант срабатывает в полную меру уже в первый год. УМС в большей степени проявили себя во второй год, и за два года они снизили солонцеватость от 36 до 46 %, в то время как в первый год их влияние на снижение солонцеватости составляло всего 18–36 %.

В третий год последствия на варианте с компостом из фосфогипса рассолонцевание произошло на 73 %, одновременно усилили свою активность все варианты с УМС, где мелиорирующей основой являлись терриконовая порода и электролит травления стали, особенно оказались эффективными те средства, в которых ЭТС составлял 2 части по отношению к другим компонентам: это варианты 4–6 без минеральных удобрений и 10–12 с минеральными удобрениями. Солонцеватость к 3-му году последствия снизилась соответственно на 64 и 73 %. Минеральные удобрения способствовали снижению щелочности, с уменьшением доли натрия в ППК возрастала доля кальция. Изменений в содержании поглощенного магния практически не произошло.

По другим физико-химическим показателям можно отметить следующее:

– щелочность, которая была устранена еще в 1-й год последствия, к третьему году не восстановилась. Соответственно и pH водной суспензии осталась на уровне нейтральной;

– общее содержание солей, которое несколько возросло из-за внесения УМС, в результате промывки продуктов химических реакций снизилось, и почвы по классификации остались незасоленными.

Аналогичные результаты были получены по этим показателям и на четвертый год последствия УМС.

К пятому году последствия (2012) восстановление негативных свойств почв не происходило ни на одном из вариантов. Наоборот, медленнодействующие УМС, которые еще слабо проявили свое мелиорирующее действие даже после трех лет воздействия, к пятому году исследований проявились уже в полной мере. Натриевая солонцеватость была устранена и достигла 1 % обменного натрия в ППК, что характерно для обыкновенных черноземов. Кальций достиг 80 % от ППК, а обменный магний остался на уровне 20 %, то есть не оказывал отрицательного влияния на состояние почв. При содержании Mg более 20 % он способствует дальнейшему осолонцеванию почв, ухудшая водно-физические и другие свойства почв [5].

По сумме токсичных солей почвы остались незасоленными. Щелочность, определяемая как по Бобкову [7], так и по Зимовцу [8], на пятый год воздействия на всех вариантах не была восстановлена. Это подтвердили данные pH водной суспензии, которые характеризовали почвы как нейтральные (pH = 7,0–7,3). На контроле pH суспензии оставалось равным 8,0, а щелочность по Зимовцу составляла 1,4 мг-экв./100 г, то есть почвы без мелиорации остались среднещелочными. На контроле с МУ содержание обменного натрия снизилось до 90 % от ППК, или на 9 % по сравнению с исходными данными.

С улучшением физико-химических свойств чернозема возрастала и урожайность возделываемых культур. В первый год в наибольшей степени проявил себя компост из П.п. и Ф, так как он, по данным авторов, отнесен к быстродействующим мелиорантам. На вариантах с УМС урожайность картофеля была на 16–28 % ниже, чем на варианте с компостом.

С третьего года последствия стали проявлять себя в большей степени варианты с УМС как медленнодействующие мелиоранты. Разница в урожае люцерны на сено по всем мелиорируемым вариантам находилась в пределах наименьшей существенной разницы (НСР). Эта закономерность сохранилась и к пятому году исследований, так как восстановления негативных свойств почв, а именно щелочности и солонцеватости, не наблюдалось.

Влияние УМС на физико-химические свойства чернозема обыкновенного деградированного (слой 0–40 см) и урожайность культур

№ п/п	Вариант опыта	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	рН водной суспензии	Щелочность по Бюксову НСО ₃ > Са + Mg, мг-экв./100 г	Щелочность по Зимову (НСО ₃ – Са) + Na + Mg, мг-экв./100 г	ППК, мг-экв./100 г	% от суммы ППК			Снижение солонцеватости за 1-й год, %	Урожайность, т/га
								Са ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
<i>До мелiorации (2007)</i>												
	Контроль	0,131	0,060	8,1	0,86 > 0,77	1,4	29,4	71	18	11		
<i>Первый год последствие (2008)</i>												
1	Контроль	0,152	0,079	8,3	1,23 > 1,15	1,56	30,1	70	19	11		картофель
2	Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га	0,149	0,063	7,4	0,76 < 1,32	Са > НСО ₃	30,4	76	19	5	55	35,0
3	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га	0,158	0,059	7,6	0,78 < 1,12	0,97	31,7	73	18	9	18	33,0
4	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га	0,145	0,061	7,5	0,61 < 1,10	Са > НСО ₃	30,9	75	17	8	27	33,5
5	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га	0,137	0,074	7,5	0,71 < 1,32	Са > НСО ₃	32,4	74	19	7	36	32,7
6	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) 26 т/га	0,147	0,062	7,4	0,73 < 1,30	Са > НСО ₃	31,9	74	18	8	28	33,3
7	Контроль – N ₃₀ P ₈₄ K ₂₉₄	0,130	0,071	8,1	0,95 < 1,05	1,41	30,5	71	19	10	9	28,5
8	Компост (П.п. + Ф – 1:1) 19 т/га + N ₂₆ P ₂₃ K ₂₄₈	0,141	0,062	7,3	0,73 < 1,35	Са > НСО ₃	30,8	77	18	4	64	41,2
9	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) 33 т/га + N ₂₆ P ₄₆ K ₂₉₃	0,122	0,054	7,4	0,71 < 1,08	Са > НСО ₃	31,9	75	17	8	27	39,9
10	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) 22 т/га + N ₂₇ P ₆₃ K ₂₅₇	0,134	0,062	7,3	0,67 < 1,20	Са > НСО ₃	31,0	74	19	7	36	40,4
11	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) 26 т/га + N ₂₆ P ₅₉ K ₂₃₉	0,139	0,063	7,2	0,67 < 1,22	Са > НСО ₃	32,5	74	18	6	45	38,8
12	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га + N ₂₈ P ₅₉ K ₂₄₀	0,149	0,063	7,2	0,70 < 1,42	Са > НСО ₃	32,0	75	18	7	37	40,7
НСР _{0,05} , т/га												
Точность опыта, %												
<i>Второй год последствие (2009)</i>												
1	Контроль	0,142	0,075	8,2	1,20 > 1,12	1,6	30,5	69	19	12		озимая пшеница
2	Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га	0,137	0,060	7,4	0,78 < 1,34	Са > НСО ₃	31,1	77	19	4	64	3,29
3	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га	0,110	0,055	7,5	0,75 < 1,20	Са > НСО ₃	30,2	75	18	7	36	3,06
4	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га	0,120	0,059	7,4	0,60 < 1,20	Са > НСО ₃	31,5	74	20	6	45	3,13
5	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га	0,124	0,071	7,4	0,70 < 1,28	Са > НСО ₃	31,7	75	19	6	45	3,06

Продолжение таблицы

№ п/п	Вариант опыта	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	рН водной суспензии	Щелочность по Бюккову HCO_3^- Ca + Mg, мг-экв./100 г	Щелочность по Зимовцу (HCO_3^- Ca) + Na + Mg, мг-экв./100 г	ППК, мг-экв./100 г	% от суммы ППК			Снижение солонцеватости за 1-й год, %	Урожайность, т/га
6	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) 26 т/га	0,132	0,065	7,3	0,71 < 1,29	Ca > HCO_3^-	31,9	76	18	6	4	3,00
7	Контроль – $\text{N}_{185}\text{P}_{180}$	0,125	0,070	8,0	0,90 < 0,95	1,2	30,0	70	20	10	10	2,56
8	Компост (П.п. + Ф – 1:1) 19 т/га + $\text{N}_{178}\text{P}_{170}$	0,135	0,059	7,2	0,63 < 1,15	Ca > HCO_3^-	33,7	79	18	3	73	4,18
9	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) 33 т/га + $\text{N}_{175}\text{P}_{170}$	0,115	0,053	7,3	0,70 < 1,00	Ca > HCO_3^-	32,3	74	19	7	36	3,60
10	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) 22 т/га + $\text{N}_{177}\text{P}_{175}$	0,128	0,058	7,2	0,59 < 1,12	Ca > HCO_3^-	32,9	76	19	5	55	3,67
11	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) 26 т/га + $\text{N}_{175}\text{P}_{175}$	0,130	0,062	7,2	0,65 < 1,25	Ca > HCO_3^-	33,0	77	18	5	55	3,71
12	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га + $\text{N}_{178}\text{P}_{165}$	0,137	0,060	7,2	0,69 < 1,30	Ca > HCO_3^-	32,8	76	19	5	56	3,59
НСР ₀₅ , т/га												
Точность опыта, %												
7												
Третий год последовательности (2010)												
1	Контроль	0,135	0,070	8,0	1,22 > 1,15	1,3	29,6	70	20	10	9	5,1
2	Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га	0,130	0,055	7,3	0,76 < 1,30	Ca > HCO_3^-	32,5	77	20	3	73	7,5
3	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га	0,100	0,054	7,4	0,70 < 1,10	Ca > HCO_3^-	31,8	76	19	5	54	7,2
4	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га	0,113	0,068	7,3	0,62 < 1,10	Ca > HCO_3^-	32,2	76	20	4	64	7,4
5	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га	0,115	0,060	7,2	0,65 < 1,15	Ca > HCO_3^-	32,5	78	18	4	64	7,6
6	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) 26 т/га	0,120	0,067	7,1	0,67 < 1,17	Ca > HCO_3^-	32,9	79	17	4	64	7,7
7	Контроль – НРК	0,120	0,054	7,8	0,85 < 0,98	1,0	31,7	72	20	9	12	5,51
8	Компост (П.п. + Ф – 1:1) 19 т/га + НРК	0,131	0,050	7,0	0,53 < 1,10	Ca > HCO_3^-	33,9	80	18	2	82	8,9
9	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) 33 т/га + НРК	0,110	0,054	7,1	0,68 < 1,00	Ca > HCO_3^-	33,7	77	19	4	64	8,2
10	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) 22 т/га + НРК	0,113	0,056	7,2	0,55 < 1,10	Ca > HCO_3^-	33,9	77	20	3	73	8,7
11	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) 26 т/га + НРК	0,125	0,057	7,2	0,61 < 1,20	Ca > HCO_3^-	33,4	77	20	3	73	8,8
12	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га + НРК	0,126	0,055	7,2	0,67 < 1,25	Ca > HCO_3^-	33,2	78	19	3	73	9,0
НСР ₀₅ , т/га												
Точность опыта, %												
8												

Продолжение таблицы

№ п/п	Вариант опыта	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	рН водной суспензии	Щелочность по Бюбкову НСО ₃ > Са + Mg, мг-экв./100 г	Щелочность по Зимовцу (НСО ₃ – Са) + Na + Mg, мг-экв./100 г	ППК, мг-экв./100 г	% от суммы ППК			Снижение солонцеватости за 1-й год, %	Урожайность, т/га
								Са ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
<i>Четвертый год последствия (2011)</i>												
1	Контроль	0,137	0,072	8,3	1,24 > 1,13	1,4	29,8	71	19	10	9	6,2
2	Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га	0,131	0,054	7,2	0,77 < 1,28	Са > НСО ₃	32,5	78	19	3	73	8,7
3	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га	0,101	0,056	7,3	0,71 < 1,12	Са > НСО ₃	31,4	78	19	3	73	9,2
4	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га	0,112	0,072	7,4	0,64 < 1,10	Са > НСО ₃	32,4	79	18	3	73	8,9
5	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га	0,114	0,064	7,3	0,66 < 1,17	Са > НСО ₃	32,3	80	18	2	82	9,0
6	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) 26 т/га	0,119	0,065	7,1	0,69 < 1,17	Са > НСО ₃	33,1	79	19	2	82	8,8
7	Контроль – НПК	0,122	0,052	7,8	0,85 < 1,19	1,0	31,8	72	19	8	12	6,8
8	Компост (П.п. + Ф – 1:1) 19 т/га + НПК	0,129	0,054	7,0	0,53 < 1,10	Са > НСО ₃	34,0	82	17	1	90	10,8
9	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) 33 т/га + НПК	0,108	0,052	7,1	0,68 < 1,00	Са > НСО ₃	33,6	80	18	2	83	10,2
10	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) 22 т/га + НПК	0,111	0,058	7,2	0,55 < 1,10	Са > НСО ₃	33,7	80	19	1	90	11,4
11	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) 26 т/га + НПК	0,127	0,059	7,2	0,61 < 1,20	Са > НСО ₃	33,5	81	18	1	90	11,0
12	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га + НПК	0,128	0,057	7,2	0,67 < 1,25	Са > НСО ₃	33,3	80	19	1	90	11,2
НСР ₀₅ , т/га												0,29
Точность опыта, %												6

Окончание таблицы

№ п/п	Вариант опыта	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	рН водной суспензии	Щелочность по Бюбкову HCO_3^- , $\text{Ca} + \text{Mg}$, мг-экв./100 г	Щелочность по Зимову (HCO_3^- – $\text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$, мг-экв./100 г)	ППК, мг-экв./100 г	% от суммы ППК			Снижение солонцеватости за 1-й год, %	Урожайность, т/га
								Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	Контроль	0,135	0,070	8,0	1,22 > 1,15	1,4	29,6	70	20	10	9	1,6
2	Компост (П.п. + Ф – 1:1) – 19 т/га	0,132	0,053	7,3	0,76 < 1,30	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	32,6	81	18	1	91	2,32
3	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) – 33 т/га	0,104	0,057	7,4	0,70 < 1,10	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	31,7	80	18	2	82	2,27
4	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) – 22 т/га	0,111	0,069	7,3	0,62 < 1,10	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	32,4	80	19	1	90	2,37
5	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) – 26 т/га	0,113	0,062	7,2	0,65 < 1,15	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	32,4	81	18	1	90	2,35
6	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) 26 т/га	0,118	0,063	7,1	0,67 < 1,17	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	33,0	79	17	1	90	2,37
7	Контроль – НРК	0,122	0,052	7,8	0,85 < 0,98	1,0	31,8	72	19	8	12	1,82
8	Компост (П.п. + Ф – 1:1) 19 т/га + НРК	0,129	0,054	7,0	0,53 < 1,10	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	34,0	82	17	1	90	2,83
9	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 2:1:1) 33 т/га + НРК	0,108	0,052	7,1	0,68 < 1,00	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	33,6	80	18	2	83	2,61
10	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС – 1:1:2) 22 т/га + НРК	0,111	0,058	7,2	0,55 < 1,10	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	33,7	80	19	1	90	2,69
11	УМС (П.п. + ЭТС + Сол. – 1:2:1) 26 т/га + НРК	0,127	0,059	7,2	0,61 < 1,20	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	33,5	81	18	1	90	2,88
12	УМС (П.п. + Т.п. + ЭТС + Сол. – 1:1:2:1) – 26 т/га + НРК	0,128	0,057	7,2	0,67 < 1,25	$\text{Ca} > \text{HCO}_3^-$	33,3	80	19	1	90	2,93
НСР ₀₅ , т/га												
Точность опыта, %												
5												

Пятый год последствия (2012)

Ca > HCO₃ – почвы нещелочные.

Поскольку МУ не только усиливали эффект от мелиорации, но и улучшали плодородие почв, урожайность культур от их применения возрастала от 15 до 20 %.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Пятилетние исследования показали, что УМС, приготовленные на основе птичьего помета, терриконовой породы, электролита травления стали и соломы, по своему воздействию на физико-химические свойства солонцовых почв практически не уступают компосту, созданному на основе птичьего помета и привезенного фосфогипса.

2. Отличие состоит в том, что УМС являются мелиорантами замедленного действия и активность их в большей степени проявляется не в первый год, а с третьего года последствия. К пятому году исследований восстановления негативных свойств почв при поливах водой неблагоприятного состава пока не проявилось ни на одном варианте, кроме контрольного.

3. Урожайность возделываемых культур зависела от изменения физико-химических свойств почв. В первый год после мелиорации наибольший урожай картофеля был получен на варианте с компостом. К третьему и четвертому годам исследований урожайности возделываемых культур на вариантах с УМС находились в пределах наименьшей существенной разницы (НСР).

4. Минеральные удобрения во все годы исследований усиливали эффект химической мелиорации, оказывая положительное влияние на физико-химические свойства черноземов обыкновенных в пределах 9–10 %, а урожайность от их применения возрастала на 15–20 %.

Список литературы

1. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н.С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – 180 с.
2. Шалашова, О.Ю. Новые удобрительно-мелиорирующие средства для мелиорации деградированных почв / О.Ю. Шалашова // Сб. науч. тр. НГМА. – Новочеркасск, 2008. – С. 56–62.
3. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 70 с.
4. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н.С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 86 с.
5. Справочник по оценке почв / В.Ф. Вальков [и др.]. – Майкоп: Адыгея, 2004. – 235 с.
6. Докучаева, Л.М. Использование фосфогипса и фосфогипсосодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения / Л.М. Докучаева, Р.Ю. Юркова, О.Ю. Шалашова // Научн. Журн. Рос. НИИ проблем мелиорации: электрон. период. изд-е / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 3 (07). – 13 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=1&id=17>.
7. Бобков, В.П. Об устойчивости почв и грунтов к содовому засолению / В.П. Бобков // Почвоведение. – М., 1969. – № 8. – С. 65–73.
8. Зимовец, Б.А. Изменение щелочности почв при орошении в Нижнем Поволжье / Б.А. Зимовец // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 1975. – Вып. IX. – С. 28–56.

Шалашова Ольга Юрьевна, кандидат с.-х. наук, shalashova-o@mail.ru; **Иванова Нина Анисимовна**, доктор с.-х. наук. Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

References

1. Melioratsiya solontsovyih pochv v usloviyah oro-sheniya / N.S. Skuratov [i dr.]. – Novocherkassk, 2005. – 180 s.
2. Shalashova, O.Yu. Novyye udobritelno-melioriruyuschie sredstva dlya melioratsii degradirovannyih pochv / O.Yu. Shalashova // Sb. nauch. tr. / NGMA. – Novocherkassk, 2008. – S. 56–62.
3. Mineev, V.G. Praktikum po agrohimii / V.G. Mineev. – M.: Izd-vo MGU, 2001. – 70 s.
4. Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemyh zemel pri is-polzovanii / N.S. Skuratov [i dr.]. – Novocherkassk, 2000. – 86 s.
5. Spravochnik po otsenke pochv / V.F. Valkov [i dr.]. – Maykop: Adygeya, 2004. – 235 s.
6. Dokuchaeva, L.M. Ispolzovanie fosfogipsa i fosfogipsosoderzhaschih meliorantov dlya melioratsii solontsovyih pochv v usloviyah orosheniya / L.M. Dokuchaeva, R.Yu. Yurkova, O.Yu. Shalashova // Nauchn. zhurn. Rossiyskogo NII problem melioratsii: elektron. period. izd. / Ros. nauch.-issled. in-t problem melioratsii. – Elektron. zhurn. – Novocherkassk: RosNIIPM, 2012. – № 3 (07). – 13 s. – Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=1&id=17>.
7. Bobkov, V.P. Ob ustoychivosti pochv i gruntov k sodovomu zasoleniyu / V.P. Bobkov // Pochvovedenie. – M., 1969. – № 8. – S. 65–73.
8. Zimovets, B.A. Izmenenie schelochnosti pochv pri oroshenii v Nizhnem Zavolzhe / B.A. Zimovets // Byulleten pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – M., 1975. – Vyip. IH. – S. 28–56.

Shalashova Olga Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, shalashova-o@mail.ru; **Ivanova Nina Anisimovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Novocherkassk Engineering and Melioration Institute n.a. A.K. Kortunov of FSBEI HE Don State Agrarian University.

Статья поступила в редакцию 12 марта 2016 г.