

Влияние систем обработки засоленной почвы на содержание солей и урожайность травосмеси в условиях Северного Казахстана

Карпенко Нина Петровна¹, Сейтказиева Карлыгаш Адеубаевна²

¹*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия*

²*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, Тараз*

¹*npkarpenko@yandex.ru*

Аннотация. В статье приводятся результаты многолетних исследований по изучению влияния разных систем обработок засоленной почвы разного уровня плодородия на содержание солей и урожайность травосмеси в условиях Северного Казахстана.

Проблема и цель. На солонцах с высоким содержанием натрия необходимо проведение комплексных мероприятий по снижению, в первую очередь, содержания обменного натрия. Цель наших исследований изучение влияния систем обработки засоленной почвы на содержание солей и урожайность травосмеси при внесении удобрений и мелиоранта на основе гипса в условиях Северного Казахстана

Методология. Исследования проведены в ТОО «Мирас» Акмолинской области Северного Казахстана на солонцах разного уровня плодородия с разными способами обработки почвы. Использование почвы – пастбищное. Методика исследований традиционная.

Результаты. В статье приводится краткое описание профиля почвы опытного участка агрофирмы ТОО «Мирас» среднего уровня плодородия с содержанием в солончаковом горизонте 1-15% легкорастворимых солей. При проведении разных систем обработок почвы большие изменения установлены на участке №2. Содержание обменного натрия в почве при разных уровнях плодородия снизилось на всех участках: участках №2 до 1,8-3,3%, участках №3 – 5,2-6,0 и участках №4 – 3,2-4,8. И, наоборот концентрация обменного кальция возросла и была выше по сравнению с содержанием солей Mg. Плотность сложения элювиального горизонта находилась в диапазоне 1,44-1,46 т/м³, с глубиной увеличивалась до 1,50-1,55 т/м³. Большее влияние на плотность оказала безотвальная обработка с щелеванием (участки №4): уменьшение плотности с 1,48 до 1,30 т/м³. В ходе исследования были сформированы вариационные последовательности, представляющие собой

упорядоченные по возрастанию численные показатели остаточного содержания солей в почве после осуществления комплекса мероприятий.

Заключение. Оптимальным способом обработки почвы является безотвальная с щелеванием, при которой обменный натрий переходит в глубьлежащие слои почвы и тем самым улучшаются условия для роста и развития растений.

Ключевые слова: засоленные земли, системы обработки почвы, агрохимическая оценка, урожайность, солонцы

Original article

The influence of saline soil cultivation systems on salt content and yield of grass mixtures in Northern Kazakhstan

Karpenko Nina Petrovna¹, Seytkazieva Karlygash Adeubaevna²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation Named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

²Taraz State University Named after M.Kh. Dulati, Republic of Kazakhstan, Taraz

npkarpenko@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of long-term studies on the influence of different systems of cultivating saline soils of different fertility levels on salt content and yield of grass mixtures in conditions of Northern Kazakhstan.

Problem and purpose. On solonetz soils with a high sodium content, it is necessary to carry out complex measures to reduce, first of all, the content of exchangeable sodium. The purpose of our research was to study the influence of saline soil cultivating systems on salt content and yield of grass mixtures when applying fertilizers and gypsum-based ameliorants in conditions of Northern Kazakhstan.

Methodology. The research was conducted in Miras LLC, Akmola region, Northern Kazakhstan, on solonetz soils of different fertility levels with different methods of soil cultivation. The soil was used for pasture. The research methodology was traditional.

Results. The article provides a brief description of the soil profile of the experimental plot of Miras LLC agrofirma with an average fertility level and a content of 1-15% of easily soluble salts in the solonchak horizon. When using different soil cultivation systems, large changes were found on plot No. 2. The content of exchangeable sodium in the soil at different fertility levels decreased on all plots: plot No. 2 to 1.8-3.3%, plot No. 3 - 5.2-6.0% and plot No. 4 - 3.2-4.8%. And, conversely, the concentration of exchangeable calcium increased and was higher compared to the content of Mg salts. The bulk density of the eluvial horizon was in the range of 1.44-1.46 t/m³, increasing with depth to 1.50-1.55 t/m³. The density was greatly affected by moldboard-less cultivation with slitting (plot No. 4): the density decreased from 1.48 to 1.30 t/m³. During the study, variation sequences were formed, which are numerical

indicators of the residual salt content in the soil ordered in ascending order after the implementation of a set of measures.

Conclusion. *The optimal method of soil cultivation was moldboard-less cultivation with slitting, in which exchangeable sodium passes into the deeper soil layers, thereby improving conditions for plant growth and development.*

Key words: *saline lands, soil cultivation systems, agrochemical assessment, yield, solonetz*

Введение

Северный Казахстан включает четыре области и столицу Республики город Астану. Исследования проводились в хозяйстве Акмолинской области с солонцами - почвами, требующими восстановления плодородия. Мозаичность ухудшает общую картину из-за частой смены солонцов и засоленных почв [1]. Акмолинская область расположена недалеко от российских регионов и характеризуется примерно такими же резко-континентальными климатическими условиями, как Тюменская, Омская и др. Акмолинская область лежит между горами Улытау на юго-западе и Кокшетаускими высотами на севере. Административный центр г. Кокшетау. Почвенно-климатические условия неблагоприятны для возделывания культурных растений из-за зимних температур до -57°C и жаркого сухого лета. Акмолинская область является аграрно-промышленным регионом с развитым животноводством [1]. Большая площадь земель занята пастбищами с характерными уклонами и обилием сопок. На территории протекает р. Шагдалалы. Учитывая необходимость оптимизации структурной организации почвенного профиля и улучшения физико-механических свойств необходимо устранить излишнее уплотнение горизонтов; создать глубокий культивируемый слой; снизить содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе заменой на кальций; снизить высокую концентрацию солей в корнеобитаемом слое [4]. Достичь этого можно только проведением комплексных мероприятий. К ним относятся химическая мелиорация с использованием мелиоранта на основе гипса; глубинное рыхление, и агротехнические приемы [3]; отвальная вспашка на глубину 30...33 сантиметра и безотвальное рыхление почвенного субстрата [2]. Исследования проведены на экспериментальной территории крестьянского хозяйства ТОО «Мирас», в котором разводят овец, коров и лошадей. Цель исследований – изучение влияния систем обработки засоленной почвы на содержание солей и урожайность травосмеси в условиях Северного Казахстана.

Материалы и методы исследования

Ретроспектива экспериментального участка в крестьянском хозяйстве ТОО «Мирас». Площадь пастбищ 1580 га (рисунок 1). В начале исследований (2015г.) применялся поверхностный способ полива по бороздам, полосам и затоплением. Сейчас орошение не применяется.



Рисунок 1 – Пастбище ТОО «Мирас»

Были применены несколько вариантов обработки почвы в 4-х кратной повторности с участием в эксперименте солонцов с учетом уровня плодородия: Участок №1 – контроль, без обработки.

Участки №2а, №2б и №2в – соответственно высокий, средний и низкий уровень плодородия – отвальная глубокая вспашка + соблюдение научно-аргументированных схем севооборота; систематическое обогащение почвенного слоя органическими удобрениями посредством внесения 1 раз в 4 года навозной массы дозой 20; 30 и 50 т/га соответственно. Особенности вспашки: отвал отрезает пласт от стенки борозды, деформирует и сдвигает его, оборачивает верхним слоем вниз.

Участки №3а, №3б и №3в – соответственно средний и низкий уровень плодородия – трехярусная обработка почвы ПТН-40 на глубину 40 см + соблюдение научно-аргументированных схем севооборота; систематическое обогащение почвенного слоя органическими удобрениями посредством внесения 1 раз в 4 года навозной массы дозой 20; 30 и 50 т/га соответственно. Особенности вспашки: пахотный слой после оборачивания остаётся на поверхности, а подзолистый и иллювиальный горизонты меняются местами.

Участки №4а, №4б и №4в – соответственно средний и низкий уровень плодородия – безотвальная обработка с щелеванием + соблюдение научно-аргументированных схем севооборота; систематическое обогащение почвенного слоя органическими удобрениями посредством внесения 1 раз в 4 года навозной массы дозой 20; 30 и 50 т/га соответственно. Особенности

вспашки: исключает оборачивание пахотного слоя, при этом пожнивные остатки остаются на поверхности.

Площадь делянок 500 м², размещение рендомизированное.

Дерновый компонент изначально нарушался одно- либо двукратной дисковой обработкой с использованием специализированных борон. На всех участках вносился 1 раз в два года мелиорант на основе гипса для вытеснения поглощённого почвой натрия и замены его кальцием и снижения щелочной рН. Возделываемые культуры – травосмесь, адаптированная к местным условиям сорта люцерны (5-6 кг/га), эспарцета безостого (9-10 кг/га), житняка (7-8 кг/га) и овсяницы луговой (5-6 кг/га) [1].

Изучение почвенного профиля осуществлено посредством раскопки разведочного шурфа. Методика исследований выполнена по традиционным методикам. Урожайность зеленой массы учитывалась методом взвешивания в фазе цветения; урожайность сена – по пробному снопу с 1 м².

Статистическая обработка сформированной базы данных осуществлялась посредством специализированного программного обеспечения с применением вариационно-статистических алгоритмов вычисления.

Метеорологические параметры периода исследований характеризовались типичностью и соответствовали среднестатистическим климатическим показателям многолетних наблюдений.

Результаты исследований и их обсуждение



Рисунок 2 – Строение профиля почвы опытного участка агрофирмы ТОО «Мирас» среднего уровня плодородия

Изучение почвенного профиля (рисунок 2) показало наличие слабодифференцированных слоев:

горизонта Аг - гумусо-элювиального горизонта 15 см,

горизонта А - надсолонцового,

горизонта А₁ - элювиального 10 см,

горизонта А₂ – осолоделого,

горизонта В₁ - иллювиального 45 см,

горизонта В₂ - подсолонцового с присутствием ВСаСs.

Солончаковый горизонт содержит 1-15% легкорастворимых солей. При высыхании наблюдаются солевые выцветы на поверхности. рН щелочная. ППК насыщен основаниями (таблица 1). Содержание гумуса в слое 0-20 см почвы среднего уровня плодородия 2,4-2,6%. Вниз по профилю видно оглеение.

Наибольшие изменения свойств почвы выявлены при безотвальной обработке с щелеванием (таблица 1).

Анализ данных таблицы 1 показывает большие изменения при отвальной глубокой вспашке (участки №2): сумма обменных оснований снизилась в среднем на 6%, чуть меньший эффект дала безотвальная обработка с

щелчеванием - в среднем на 4%, при трехъярусной обработке почвы ПТН-40 на глубину 40 см изменения составили лишь 1,5%.

Таблица 1 – Сумма обменных оснований после проведения разных систем обработки почвы

Участки	Сумма обменных оснований, мг·экв/100 г	% от суммы обменных оснований			общий запас солей, т/га	остаток солей, т/га
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
участок 1 - контроль	36,0±3,1	43,4	49,4	7,2	182±8,5	204±8,8
участки 2а,	33,8±2,6	51,2	47,0	1,8	82±3,3	45±3,9
2б,	33,9±2,7	50,8	46,6	2,6	85±4,5	60±4,4
2в	34,0±2,7	49,8	48,9	3,3	106±7,7	88±6,4
участки 3а,	35,4±2,5	51,0	43,8	5,2	112±7,2	80±6,4
3б,	35,5±2,8	49,9	44,7	5,4	124±7,4	85±6,8
3в	35,8±3,0	48,0	46,0	6,0	157±7,6	114±8,0
участки 4а,	34,1±2,6	51,2	45,6	3,2	108±7,2	67±5,7
4б,	34,6±2,5	50,8	45,3	3,9	119±6,5	75±6,0
4в	34,9±2,7	49,9	45,3	4,8	145±7,9	103±7,5

Причем играет роль уровень плодородия. Так, на участке №2а после проведенных мероприятий содержание солей снизилось почти на 50%, а на участке №2в – лишь на 17%. Аналогичные изменения установлены и по другим участкам.

Содержание обменного натрия в почве при разных уровнях плодородия снизилось на всех участках: участках №2 до 1,8-3,3%, участках №3 – 5,2-6,0 и участках №4 – 3,2-4,8. И, наоборот концентрация обменного кальция возросла и была выше по сравнению с содержанием солей Mg.

Агрофизические свойства засоленной почвы определяет плотность (таблица 2). Плотность сложения элювиального горизонта находилась в диапазоне 1,44-1,46 т/м³, с глубиной увеличивалась до 1,50-1,55 т/м³. Плотность твёрдой фазы была в пределах 2,46–2,57 т/м³.

Таблица 2 - Агрофизические свойства засоленной почвы

Участки	Плотность почвы, т/м ³	Коэфф. вариации, %	Порозность, %	Содержание водопрочных агрегатов, %	Скорость фильтрации, м/сут	Водопроницаемость, мм за 30 мин. от начала впитывания
участок 1 - контроль	1,48±0,3	13	45±4,0	30,4±2,5	0,036±0,002	2±0,1

участки 2а, 2б, 2в	1,40±0,2	14	58±4,3	26,4±2,0	0,024±0,00 1	13±0,2
участки 3а, 3б, 3в	1,46±0,4	11	55±5,0	28,0±2,6	0,028±0,00 2	11±0,1
участки 4а, 4б, 4в	1,30±0,2	12	64±5,1	21,6±1,9	0,018±0,00 3	9±0,1

Большее влияние на плотность оказала безотвальная обработка с щелеванием (участки №4): уменьшение плотности с 1,48 до 1,30 т/м³. Проведение отвальной вспашки привело к достоверному снижению плотности сложения до 1,44 т/м³, на этот показатель уровень плодородия существенного влияния не оказал. Трехъярусная обработка почвы ПТН-40 на глубину 40 см дала эффект ниже, изменение показателя с 1,48 до 1,46.

Изменение плотности почвы оказало влияние на порозность, которая возросла на экспериментальных участках №2, №3 и №4 соответственно в среднем на 7,3; 5,6 и 8,7%% в слое почвы 0-20 см.

Вследствие миграции обменного кальция в верхние слои и проникновение обменного натрия в глубьлежащие горизонты, повышалась водопрочность структурных агрегатов на 4-9%, но водопроницаемость, несмотря на значительное повышение водопрочности структуры почвы, оставалась незначительной и только на участках №2 количество просочившейся воды за первые 30 мин. было выше на 4-11 мм.

Скорость фильтрации изменялась в зависимости от водопроницаемости и показала наилучший результат на участках №4.

Несмотря на улучшение водного режима почвы, на урожайность травосмеси большее значение сыграло снижение содержание обменного натрия. Так, урожайность трав на участках 2 была выше по сравнению с другими. На участке №2а она была максимальной и составила 1,20 т/га, что выше на 22% и 24% по сравнению с урожайностью на участках более низкого уровня плодородия №2б и №2в. На участках №3 и №4 в среднем получено около 0,98 и 1,0 т/га зеленой массы, то есть ниже на 0,22 и 0,20 т/га при НСР₀₅=0,09...0,12 т/га. Самая низкая урожайность отмечена на участке 3в – 0,77 т/га. Урожайность сухой массы составила на участке №2 в среднем 0,3 т/га, №3 – на 19% ниже и на варианте №4 – на 15% меньше.

Следует акцентировать внимание на вносимом на всех участка эксперимента мелиоранта на основе гипса.

Проведенный анализ вычислений степени экологических рисков продемонстрировал позитивную динамику в состоянии изучаемого почвенного покрова, характеризующуюся показателями критической опасности с коэффициентами варьирования от 0,63 до 0,80.

В первые два года освоения почвенного покрова наблюдалась критическая ситуация, обусловленная перемещением на поверхность глубинных слоев с повышенным содержанием натрия, однако последующие вегетационные периоды характеризовались улучшением показателей: снижение концентрации обменного натрия до 1,8-6,0%, что нашло отражение в уменьшении общего уровня засоленности [2].

В ходе исследования были сформированы вариационные последовательности, представляющие собой упорядоченные по возрастанию численные показатели остаточного содержания солей в почве после осуществления комплекса мероприятий (рисунок 3). Каждый элемент последовательности рассматривался как отдельная варианта, а дифференциация значений плотности интерпретировалась как вариация. Формирование вариационных рядов осуществлялось с целью получения интегральных характеристик исследуемой совокупности, позволяющих определить существенность вариабельности, ее случайный или закономерный характер, а также идентифицировать детерминирующие факторы.

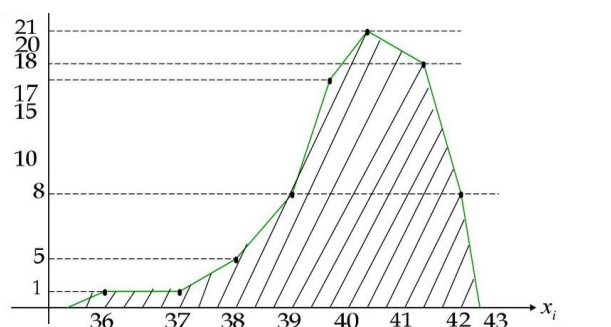


Рисунок 3 – Графическое изображение вариационных рядов

Проведенный статистический анализ продемонстрировал, что величина коэффициента вариации достигла значения 8,8%, что, согласно общепринятым критериям оценки вариабельности данных (при пороговом значении 10%), свидетельствует о несущественной изменчивости показателей вариационного ряда. Полученный результат указывает на высокую степень достоверности экспериментальных данных и минимальную погрешность проведенных измерений, что подтверждает надежность и репрезентативность всего массива зафиксированных значений в рамках выполненного исследования.

Заключение

Оптимальным способом обработки засоленной почвы разного уровня плодородия при внесении мелиоранта на основе гипса, удобрений, соблюдении севооборотов и возделывания солеустойчивых трав, как показали результаты наших многолетних исследований, является безотвальная обработка с щелеванием (участок 4). Этот способ обработки позволил максимально снизить в почве содержание обменного натрия с 6,2% до 1,8-3,3% и повысить концентрацию обменного кальция с 43,4% до 49,8-51,2%. На этих участках плотность почвы снизилась на 0,18 т/м³, хотя скорость фильтрации возросла незначительно. На этот показатель большее влияние оказала отвальная

глубокая вспашка. Улучшение свойств почвы, в первую очередь, снижение концентрации обменного натрия, способствовало росту урожайности. Максимальные величины установлены при безотвальной обработке с щелеванием.

Библиографический список

1. Ерофеева, Т.В. Эффективность совместного применения биопрепаратов и минеральных удобрений при выращивании свеклы столовой / Т.В. Ерофеева, Л.А. Антипкина, Ю.В. Однодушнова// Сетевой научный журнал РГАТУ, 2024. - №3(5). – С. 34-45 DOI 10.36508/journal.2024.63.85.005
2. Кузьминых, А. Н. Влияние систем обработки почвы и норм высева на урожайность овса посевного / А.Н. Кузьминых, Е. В. Михеев // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №1. – С. 20-29. DOI: 10.36508/journal.2023.57.52.003
3. Марс, А.М. Сохранение плодородия каштановых почв в сухой степи / А.М. Марс, Е.П. Денилов, А.П. Солодовников//Материалы докладов междунар. конф. – Саратов, 2009. – Ч.2. – С. 20-22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n=mevt4niylf27403905>
4. Seitkazieva K, Shilibek K., Seitkaziev A., Turekeldieva R., Karpenko N. Ecological and meliorative substantiation of saline soils of Zhambyl region. // Известия национальной академии наук республики Казахстан. – Известия национальной академии наук республики Казахстан. Серия геологии и технических наук: Алма-Ата, 2023. – Том 1. – номер 457. – С. 189-201. URL: <http://geolog-technical.kz/ru/archive/2023/20231.html>

References

1. Erofeeva, T.V. Effectiveness of joint application of biopreparates and mineral fertilizers when growing table beets / T.V. Erofeeva, L.A. Antipkina, Yu.V. Odnodushnova// Setevoy nauchnyy zhurnal RGATU, 2024. - №3(5). – S. 34-45 DOI 10.36508/journal.2024.63.85.005
2. Kuz'minyh, A. N. Vliyaniye sistem obrabotki pochvy i norm vyseva na urozhajnost' ovsa posevnogo / A.N. Kuz'minyh, E. V. Miheev // Setevoy nauchnyy zhurnal RGATU, 2023. - №1. – S. 20-29. DOI: 10.36508/journal.2023.57.52.003
3. Mars, A.M. Sohraneniye plodorodiya kashtanovykh pochv v suhoj stepi / A.M. Mars, E.P. Denilov, A.P. Solodovnikov // Materialy dokladov mezhdunar. konf. – Saratov, 2009. – Ch.2. – S. 20-22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n=mevt4niylf27403905>
4. Seitkazieva K, Shilibek K., Seitkaziev A., Turekeldieva R., Karpenko N. Ecological and meliorative substantiation of saline soils of Zhambyl region. // Izvestiya nacional'noj akademii nauk respubliky Kazakhstan. – Izvestiya nacional'noj akademii respubliky Kazakhstan. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk: Alma-Ata, 2023. – Tom 1. – nomer 457. – S. 189-201. URL: <http://geolog-technical.kz/ru/archive/2023/20231.html>