

УДК 504.53:631.47:631.445

О БИОМИКРОЭЛЕМЕНТНОМ СОСТАВЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ

¹Холдаров Д.М., ²Собиров А.О.

¹Ферганский государственный университет, Фергана;

²Ферганский политехнический институт, Фергана, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru

Эффективное использование орошаемых земель для обеспечения населения достаточным количеством сельскохозяйственной продукции – одна из актуальных проблем. Для этого важно изучить физико-механические, агрохимические и биогеохимические свойства этих почв на территориях с разной степенью засоления. Наличие достаточного количества белка, крахмала, жира, углеводов и витаминов в сельскохозяйственных продуктах, выращиваемых на засоленных почвах, а также способность удовлетворять потребности человека зависят от содержания биомикроэлементов в почвах. Среднегодовое количество осадков в землях Центральной Ферганы, где мы проводили исследование, составляет 80–100 мм, испарение – 1200–1500 мм. Относительная влажность воздуха около 20–25 %, максимальный уровень минерализации грунтовых вод 350–400 г/л. Максимальное количество водорастворимых солей в почве составляет 20–25 %, а основные аккумулятивные соли – Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 . Осадочные породы, минералы и их состав играют важную роль в засолении многих территорий, в том числе Центральной Ферганы. В течение мезоцена эти области находились под морем, которое оставило большое количество солей во время последующей регрессии отступления, что привело к образованию солевых отложений в периоды мела, палеогена и неогена, осадочных пород.

Ключевые слова: засоленные почвы, биомикроэлементы, миграционные процессы, плодородие почв, таблица Менделеева, норма, ферменты, хлоропласт, кларк, аккумуляция, провинция

ON THE BIOMICROELEMENT COMPOSITION OF SALTED SOIL AND PLANTS

¹Kholdarov D.M., ²Sobirov A.O.

¹Fergana State University, Fergana;

²Fergana Polytechnic Institute, Fergana, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru

The efficient use of irrigated land to provide the population with a sufficient amount of agricultural products is one of the urgent problems. For this, it is important to study the physicochemical, agrochemical and biogeochemical properties of these soils in areas with various degrees of salinity. The presence of a sufficient amount of protein, starch, fat, carbohydrates and vitamins in agricultural products grown on saline soils, as well as the potential to meet human needs, depend on the composition of biomicroelements in the soil. As mentioned above, the average annual precipitation in the lands of Central Fergana, where we conducted the study, is 80–100 mm. evaporation 1200–1500 mm. Relative air humidity is about 20–25 %, the maximum level of groundwater salinity is 350–400 g/l. The maximum amount of water-soluble salts in the soil is 20–25 %, and the main accumulative salts are Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 . Sedimentary rocks, minerals and their composition play an important role in the salinization of many territories, including Central Fergana. During the Mesocene, these areas were under the sea, leaving a large amount of salt during the subsequent retreat regression, which led to the formation of salt deposits during the Cretaceous, Paleogene and Neogene, sedimentary rocks.

Keywords: saline soils, biomicroelements, migration processes, soil fertility, periodic table, norm, enzymes, chloroplast, clarke, accumulation, province

Полноценное питание населения Земли во многом обусловлено химическим составом потребляемой пищи. Следовательно, нормальное развитие и функционирование человека зависят от полноценного поступления питательных веществ, необходимых для правильного обмена веществ в организме, укрепления здоровья, предотвращения болезней, замедления процесса старения и продления жизни человека. Актуальность этих проблем заключается в знании содержания биомикроэлементов в почвах и растениях.

Цель исследования: изучение биомикроэлементного состава засоленных почв и растений Центральной Ферганы, а также их миграционной цепи.

Материалы и методы исследования

Полевые почвенные исследования проводились на основе морфологического ме-

тода Докучаева, сравнительно-географического метода исследования. Использование системный геохимический подход А.И. Перельмана (1975) и М.А. Глазовской (1976). Анализы выполнялись по общепринятым методам, описанным в руководствах СоюзНИХИ (1973), Е.В. Аринушкиной (1971). Использованы компьютерная техника последней версии электронных таблиц, графиков и программа EXCEL.

Результаты исследования и их обсуждение

В последние годы учеными Г. Юлдашевой, В.Ю. Исаковой, Д.М. Холдаровой, У.Б. Мирзаевой, Ш.Я. Эшпулатовой, М.Т. Исагалиевой, С.Х. Закировой, А.Т. Турдалиевой, Ш.С. Мансуровой были исследованы генезис, география, водно-физические, физико-химические, агрохимические, биогеохимические и другие свойства

почв, даны их характеристики, а также изучены мелиоративные и экологические условия почв Центральной Ферганы.

Пустыни Центральной Ферганы издавна служили местом сбора ряда рек, ручьев и паводков, стекающих со склонов гор. В результате накопление отложений длилось много веков. Механический состав отложений менялся в зависимости от скорости потока и периодов паводка. Глинистые породы, песок и водорастворимые соли накапливались из-за того, что вода, которая не могла вытекать с территории, почти испарялась из-за высокой температуры, а территория служила базой эрозии.

Уровень засоления указывает на общее количество легкорастворимых солей в токсичной воде почвы. Во многом необходимость мелиорации плохих земель в стране обусловлена засолением почв. Засоление почв происходит тогда, когда минерализованные грунтовые воды не имеют возможности просачиваться на поверхность или существует слабый сток.

Накопление солей в почвах Ферганской области обусловлено наличием Na_2SO_4 и гипса (CaSO_4). Чем суше климат, тем быстрее в почве накапливаются соли. По мере приближения грунтовых вод к поверхности накопление солей также увеличивается в областях с высокими испаряющими свойствами (особенно в пустынных регионах). В Центральной Фергане 1000–1500 мм над землей в год. В результате испарения слабominерализованной воды образуется 1–1,5 т/га солей (около 0,5 г/л). Соль накапливается, т.е. остается в почве.

Засоление почвы резко снижает урожайность сельскохозяйственных культур. На сильно засоленных почвах растения совсем не растут и погибают. В результате нарушения метаболизма и обмена энергией между растениями и почвой минеральные трансплантаты оказывают большое влияние на передачу питательных веществ к растительным клеткам.

Количество гумуса колеблется в пределах от 0,461% до 0,154% в песках равнин, от 0,721% до 0,241% в засоленных песках впадин и от 0,510% до 0,317% в солончаках [1].

Почвообразовательный процесс в них протекает по-разному в зависимости от механического состава и степени влияния антропогенных и других факторов почвообразования. Пески и пустынно-песчаные почвы Ферганской долины Узбекистана обладают слабощелочной и нейтральной реакцией, $\text{pH} = 7,5\text{--}8,0$.

Содержание карбонатов кальция и магния в современных переветренных песках

колеблется в интервале 0,3–1% в верхних горизонтах. Вниз по профилю содержание карбонатов в песчаных горизонтах выше, чем в верхних слоях, и составляет 1–3%. В единичных случаях в погребенных карбонатных горизонтах содержание карбонатов достигает 10% и более [2].

В исследованиях, проведенных в 1983–2020 гг. в условиях пустынной зоны Центральной Ферганы с использованием каскадных ландшафтно-геохимических методов закрытого типа, исследованы миграция микроэлементов меди, цинка, марганца, молибдена, бора в почвах и растениях, определена высокая чувствительность почвенного покрова к антропогенному воздействию. В связи с этим химический состав микроэлементов почв можно рассматривать как индикатор техногенного давления на ландшафт. При этом различные содержания метаболитов микроэлементов могут характеризовать интенсивность техногенного процесса. В большинстве пустынных ландшафтов наблюдается процесс соленакопления в разных блоках геохимического ландшафта.

Диетологи всего мира рекомендуют, чтобы фрукты и овощи составляли не менее 50% пищи, которую потребляет человек. Эти продукты очень богаты полезными микронутриентами, и в древности Ибн Сина использовал фрукты и овощи для лечения различных заболеваний, потому что в те времена не было химических препаратов, пациенты лечились натуральными средствами. В первую очередь это овощи, фрукты, различные травы и растения.

В современных условиях необходимо изменить отношение людей к почве и растительному миру. Это связано с тем, что вещества, которые полезны или вредны для здоровья человека, проникают в растения через почву и мигрируют по цепочке: почва → растение → еда → человеческий организм.

В.И. Вернадский подчеркнул необходимость учета наиболее важных свойств земной коры при классификации элементов. Следует принимать во внимание такие параметры, как подвижность, минералообразование, радиоактивность [3].

А.А. Кист в своих работах разделил элементы на конституционные, незаменимые, малоизученные, неизученные. В этом случае незаменимыми микроэлементами считаются В, F, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Mo, J.

Конечно, в почве, фауне, воде, атмосфере и растениях находится много элементов, содержащихся в периодической таблице Менделеева.

Бор (В) – незаменимый элемент для жизни и деятельности растений, животных

го мира. Хотя микроэлемент бор не входит в состав ферментов, он улучшает их активность, избыток которой увеличивает скорость метаболизма. При избытке его соединения токсичны. При отравлении бором выделяется большое количество фосфора.

Общее количество бора в почве составляет 2×10^{-3} – $1.6 \times 10^{-3}\%$, его подвижное содержание составляет 1.9×10^{-5} – $1.1 \times 10^{-4}\%$ [4]. Биогеохимические свойства бора описаны в работах А.Е. Ферсмана и В.И. Вернадского. В почве содержится ряд минералов, таких как турмалин, датолит, бура, ашарит, и бор в форме борной кислоты.

Количество молибдена (Mo) в почве также невелико, около $3 \times 10^{-4}\%$. В почвах, богатых органическими веществами, часть Mo^{+6} переходит в Mo^{+2} , что приводит к переходу в слабо подвижную группу. Mo^{+6} относительно подвижен в почвах с нейтральной и слабощелочной средой и пригоден для усвоения растениями. Избыток Mn способствует дефициту молибдена, и наоборот (они вытесняют друг друга).

Mo особенно хорошо влияет на рост цветной капусты, сахарной свеклы, хлопка и бобовых, также он вызывает токсикоз животных. Токсичностью он обладает в соединении MoO_4^{2-} , содержащемся в больших количествах в щелочных, известковых почвах. В здоровых растения Mo содержится 3–4 мг/кг, у больных – 33–38 мг/кг.

Марганец (Mn). По данным В.И. Вернадского, количество Mn в почвах составляет $8.5 \times 10^{-2}\%$ [3]. Мобильное количество этого элемента составляет 1–10% от общего количества. Поскольку в результате слабощелочной реакции образуется $\text{Mn}(\text{OH})_2$, он почти не усваивается растениями. Симптомы дефицита у растений возникают из-за превращения Mn в MnO_2 в слабощелочных и нейтральных средах.

Mn входит в состав ряда ферментов, при отсутствии которых листья растений поражаются некрозом, затем они погибают, а на злаках появляются серые зерна. Это явление наблюдается и в изученных нами засоленных почвах Центральной Ферганы. Хлороз встречается у фруктовых деревьев [5].

Медь (Cu). Общее количество в почве составляет $2 \times 10^{-3}\%$, и только 1% находится в подвижном состоянии. Cu является важным элементом для жизни растений и входит в состав фермента полифенолоксидазы. Фотосинтез связан с количеством меди через хлоропласты. М.А. Панковым доказана плохая усвояемость растениями в карбонатных почвах. Недостаток Cu в организмах вызывает энзоотическую атаксию,

а ее избыток отмечается при таких заболеваниях, как анемия, гепатит.

Цинк (Zn). Среднее содержание этого элемента в почве составляет $5 \times 10^{-3}\%$, в подвижных условиях только 1%, а в растениях – около $3 \times 10^{-4}\%$. Цинк является частью ряда ферментов, и этот элемент требуется многим растениям, включая хлопок, кукурузу, яблоки, виноград и др.

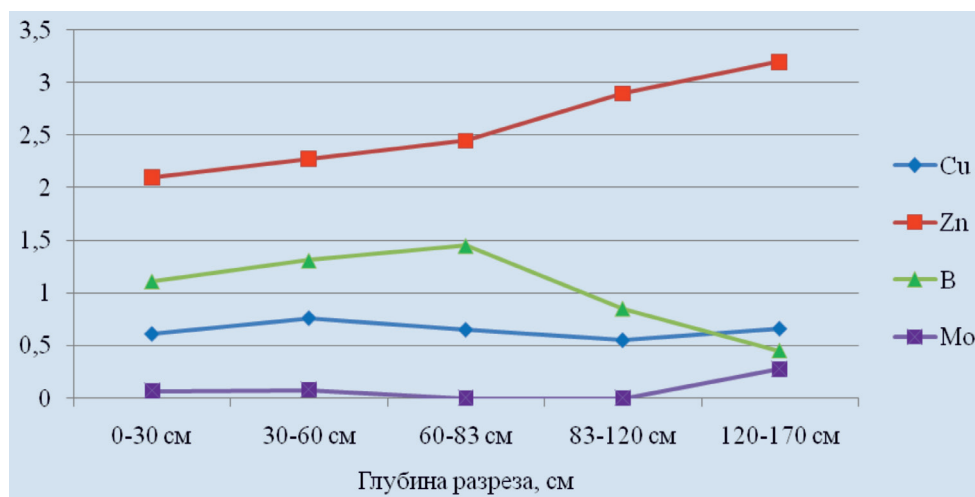
Вышеперечисленные микроэлементы широко используются в хлопководстве. Один из способов эффективного применения этих элементов основан на изучении их валовых и подвижных количеств в почве и цепочки их миграции.

Биомикроэлементный состав засоленных почв Центральной Ферганы, территории нашего исследования, представлен на рисунке. Содержание Cu, Zn, Mn, B, Mo распределяется по определенным законам в соответствии со свойствами элементов и свойствами почвы. Известно, что Cu свободно распространяется в природе в виде свободных Cu^0 и Cu^+ , Cu^{+2} . В нашем примере это приводит к 120–170 (180) см. слоев. Концентрация Cu обусловлена его осадителями: CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_2 [6, 7].

Cu^{+2} также слабо сорбируется гумусом и коллоидами, они ограничивают его движение. Cu содержится в 198 соединениях. Наиболее распространены карбонатные, сульфатные, силикатные и фосфатные соединения.

Другой элемент халькофила – это цинк (Zn), который также используется в сельском хозяйстве в качестве микроэлемента. Кларк цинка $8.3 \times 10^{-3}\%$. По мнению А.И. Перельмана, слюда замещает Fe и Mn в амфиболах [8]. Цинк содержится в 66 минералах и трудно усваивается всеми растениями в почвах со слабощелочной средой. К таким почвам относятся карбонатные, т.е. засоленные, почвы Центральной Ферганы, которые мы исследовали. В связи с этим многие растения Центральной Ферганы постоянно нуждаются в цинке.

Mn – еще один микроэлемент, который важен для фруктовых деревьев, а также при выращивании хлопка. 2-, 3-, 4-валентные соединения марганца широко распространены в земной коре. Это свойство, т.е. переменная валентность, отличает процесс движения. Следовательно, Mn участвует в окислительно-восстановительных процессах, в окислительных, испаряющих процессах с разной активностью, т.е. накапливается в разных формах и количествах. Mn^{++} более подвижен, чем другие катионы, его чистота составляет $1 \times 10^{-1}\%$, он содержится в 120 соединениях. Этот элемент в основном накапливается в камышах.



Содержание биомикроэлементов в засоленных почвах, мг/кг

Степень обеспеченности растений микроэлементами, (мг/кг)

Обеспеченность	Cu	Zn	Mn	B	Mo ^x
Недостаточно	<0,4	<1,5	<80,0	<0,8	<0,15
Норма	0,4–0,8	1,5–2,5	80–100	0,8–1,8	0,15–0,3
Высокая	0,8–1,0	>2,5	101–150	1,2–3,0	0,3–0,5
Насыщенная провинция	>1,0	–	>150	>3,0	>0,5

Mo^x – По А.С. Фатрянова, Л.М. Войкина, В.П. Маданова (1972).

В почвах Центральной Ферганы, являющейся объектом наших исследований, Mn является одним из самых слабых движущихся элементов, и плодовые растения часто испытывают потребность в этом элементе.

Одним из анионогенных литофильных элементов является бор (В). Этот элемент также важен для фруктовых деревьев, овощей и дынь. В⁺³ не проявляет металлических свойств, является одним из важнейших микроэлементов в неметаллах. Окисленное соединение этого элемента является обычным. Бораты кальция и магния нерастворимы в воде. Бор накапливается в испарительных барьерах в виде ВО₃⁻³.

В почвах Центральной Ферганы основным препятствием на пути боратов является Са. Таким образом, хотя общее количество бора в этой области велико, существует значительная потребность в нем для роста и развития растений.

Элемент Мо, как и В, накапливается в почвах Центральной Ферганы, а также может находиться в анионном и катионном состояниях. По мере увеличения степени окультуренности почвы количество Мо уменьшается.

Подвижные количества этих элементов рассчитывались Е.К. Кругловой, М. Алиевой. Данные представлены в таблице.

По этим показателям состав почвенного и подпочвенного слоев исследованных нами почв Центральной Ферганы следующий: Cu, Zn, Mn, В – относительно нормальное количество, Мо – недостаточное количество.

Количество биомикроэлементов в почвах определяется их допустимыми концентрациями в почве. Если опираться на таблицу, то мы увидим следующую ситуацию. Нормальное количество микроэлементов Cu, Zn, В, Мо, Mn в почвах: 2–50, 10–300, 10–500, 1–5 мг/кг соответственно, поэтому подвижные количества этих микроэлементов в почвах Центральной Ферганы, где мы проводили наши исследования, намного ниже этих норм.

Однако на пастбищах Центральной Ферганы содержание Cu высокое, Zn, Mn, В, Мо высокое и насыщение микроэлементами – на областном уровне [9]. Если мы рассмотрим выпас скота на пастбищах, то нам нужно заранее знать, что болезни, связанные с этими микронутриентами на этих территориях, будут проявляться у некоторых животных. В дальнейшем вместе с мясом, молоком и молочными продуктами животноводства эти микроэлементы попадают в организм человека и могут вызвать некоторые заболевания.

Анализ химических элементов в рационе человека показывает, что количество кальция в зимне-весенний период составляет 78,5% у мужчин, 75,4% у женщин, 65,6% и 62,4% летом и осенью соответственно. Содержание остальных микроэлементов выглядит так: фосфор 70,9–70,2% и 66,9–65,4%; магний 88,6–86,3% и 77,8–79,2%; железо 68,0–65,0% и 74,0–73,0% соответственно летом и осенью [10].

В заключение следует отметить: в результате изучения движения и накопления химических элементов в почве → растениях → фауне → продуктах питания → человеческой цепи и других миграционных процессах мы сможем обеспечить население экологически чистой пищей и предотвратить развитие некоторых эндемических заболеваний.

Список литературы

1. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б., Юсупова М.А. Особенности характеристики почв песчаных массивов Ферганской долины // Научное обозрение. 2020. № 1. С. 15–19.
2. Закирова С.Х. Научные основы генезиса, агрофизических и агрохимических свойств, повышения производительности способности песков Центральной Ферганы: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Ташкент, 2017. 120 с.
3. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1963. 415 с.
4. Виноградов А.П. Микроэлементы и задачи науки // Агрохимия. 1965. № 8. С. 20–25.
5. Холдаров Д.М., Шодиев Д.А., Райимбердиева Г.Г. Геохимия микроэлементов в элементарных ландшафтах пустынной зоны // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 3 (100). С. 77–81.
6. Холдаров Д.М., Исагалиев М.Т., Холдарова М.М., Турдалиев А.А., Сотиболдиева Г. Агрогеохимия бария в почвах пустынь // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 13–15.
7. Холдаров Д.М., Собиров А.О. Коэффициент биологической поглощаемости растений в засоленных почвах и солончаках // Universum: Химия и Биология. 2021. Часть 1. № 1 (79). С. 23–25.
8. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 419 с.
9. Юлдашев Г., Исагалиев М.Т., Холдарова М.М., Турдалиев А.А., Сотиболдиева Г. Агрохимические свойства трудномелиорируемых почв // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 16–17.
10. Камалбаева Б.С., Отажонов И.О. Гигиенический анализ питательных веществ в пищевом рационе пожилых людей // Вестник Ассоциации врачей Узбекистана. 2016. № 3. С. 53–55.