

7. Степанов С.С. Экспресс определение ртути иммобилизованным на полимерные материалы аналитическим реагентом. // Энциклопедия инженера-химика. - Санкт-Петербург, 2014. №9. -С.40-45
8. 8.Русаков А.П., Паписов И.М. Некоторые физико-химические характеристики ионообменных сорбентов на основе нитрона // Всероссийская конференция «Теория и практика хроматографии» -Самара, 2015. С. 142

УДК: 577.112.3:118

ЭЛЕМЕНТНЫЙ И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОГО САКСАУЛА (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin)

С.Г.Шеримбетов, Г.У.Кабиллов, Д.А.Мирзаева, Д.К.Максумова,
Н.П.Шарафутдинова, В.З.Нурмухамедова
(ИБОХ АН РУз, ТКТИ)

*В статье приводятся результаты анализа аминокислотного и элементного состава почвы произрастания, корня и наземной части растения *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, произрастающего на высохшем дне Аральского моря. В результате исследования впервые была определена концентрация рения в составе растений. Кроме того, впервые в Узбекистане был определен состав аминокислот в данном растении.*

*Мақолада Орол денгизининг қуриган тубида тарқалган *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin ўсимлигининг ўши тупроғи, илдизи, ер усти қисмларининг элемент ва аминокислоталар таркиби таҳлиллари келтирилган. Тадқиқотлар натижасида ўсимлик таркибида рений элементининг учраши илк бор аниқланилди. Шунинг билан бир қаторда, Ўзбекистонда илк бор мазкур ўсимлик таркибидаги аминокислоталар таркиби аниқланилди.*

*The article presents the results of analysis of amino acid and elemental composition of the soil of vegetation, root and ground parts of the plant *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, growing on the dry bed of the Aral Sea. As a result of the research for the first time the concentration of rhenium in plants was defined. In addition, for the first time in Uzbekistan amino acid composition of this plant was defined.*

Ключевые слова: *Аральское море, растения, корень, лист, побег, почва, адаптация, *Haloxylon aphyllum*, химические элементы, аминокислоты.*

Изучение химического состава разных частей (органов) растений дает возможность глубже понять фундаментальные биохимические механизмы, происходящие в живых клетках растений на естественном фоне.

Из литературных источников известно, что химический состав растений преимущественно состоит из органических веществ (99% общей массы). Основными химическими элементами являются углерод (примерно 50%), водород (около 6%), кислород (примерно 44%) и азот (до 0,25%). Основными компонентами древесины растений являются целлюлоза (между 42 и 51 %), гемицеллюлоза (между 24 и 40%), лигнин (от 18 до 30%), а также примеси, так называемые экстрактивные вещества, как, например, смола, терпентин, жир, воск и красящие вещества (от 1 до 10%), зола, то есть несгораемые компоненты, как, например, калий, натрий, магний, фосфор и оксид железа (от 0,2 до 0,8%).

В целях понимания своеобразных адаптационных признаков черного саксаула - *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Pjin (сем. *Chenopodiaceae*) в высохшем дне Аральского моря, нами были проведены анализы элементного и аминокислотного состава разных частей растения и ее почвы (на разной глубине).

В данной работе приведены данные по результатам анализа состава и содержания химических элементов подземной части (корень) и надземной части (листья и побеги), а также состав свободных аминокислот и их содержание.

Для анализа были использованы образцы *Haloxylon aphyllum* из южной части высохшего дна Аральского моря, которые были собраны во время экспедиции в апреле-мае, августе и в сентябре-октябре 2016 г. (рис. 1).

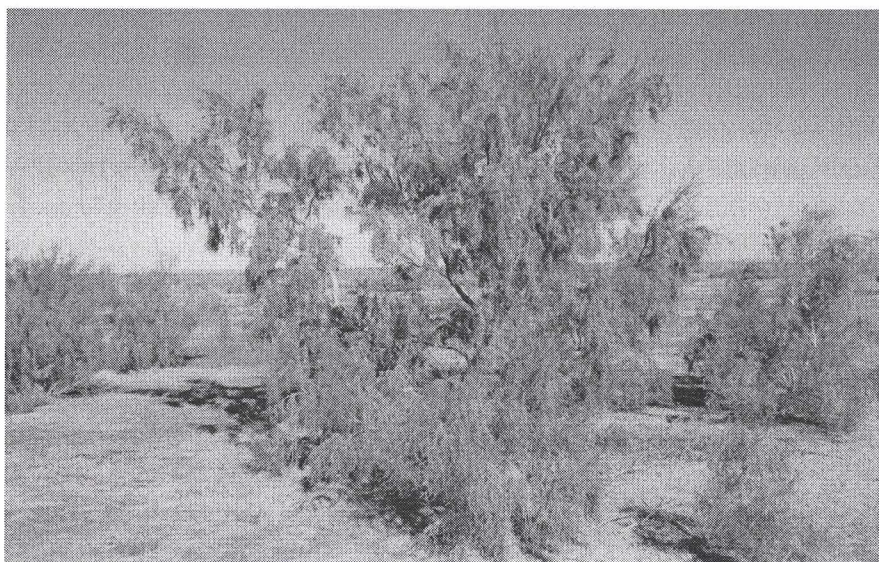


Рис.1. Популяция черного саксаула. Южный Аралкум, 2016 г.

Определение элементного состава проводились в лаборатории активационного анализа Института Ядерной физики АН РУз с использованием метода нейтронно-активационного анализа (НАА) в исследовательском реакторе ВВР-СМ (Россия, 1959 г., модернизация – в 1980 г.). Образцы были приготовлены поэтапно: 1) растения высушили в сушильном шкафу при температуре 60⁰С (до воздушно-сухого состояния); 2) образцы измельчили в ступке и по короткоживущим изотопам отобрали по 30-40 мг для анализа элементного состава, а для определения по средне- и долгоживущим изотопам отобрали по 100 мг. Взвешенные образцы герметично упаковывали в маркированные полиэтиленовые пакеты.

Анализ ВЭЖХ фенилтиокарбомаил (ФТК) - производных аминокислот был проведен в лаборатории химии пептидов и белков в Институте Биоорганической химии АН РУз. Синтез ФТК производных свободных аминокислот проведен по методу Steven, Cohen Daviel [1].

По результатам исследования почвы и подземной части *Haloxylon aphyllum* определены 37, а в надземной части 38 макро- и микроэлементов. Во всех образцах в почве, подземной и надземной частях обнаружено 38 элементов (табл. 1).

Таблица 1

Состав и содержание элементов в растении *Haloxylon aphyllum* и его почвы (мкг/г)

| Элементы | Образцы почвы и корневой части растения | | | | | | | | | | Над-земная часть |
|----------|---|--------|------------|---------------|--------|------------|---------------|--------|----------|------------|------------------|
| | Глубина 40 см | | | Глубина 50 см | | | Глубина 60 см | | | | |
| | Почва | Кожца | Сердцевина | Почва | Кожца | Сердцевина | Почва | Кожца | Подкорка | Сердцевина | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Серебро | <0.01 | 0,56 | 0,19 | <0.01 | 0,17 | 0,16 | <0.01 | 0,14 | 0,081 | 0,11 | <0.01 |
| Мишьяк | 5,5 | <0.1 | <0.1 | 5,3 | 0,4 | 0,081 | 1,7 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Золото | <0.001 | 0,004 | 0,0047 | 0,0015 | 0,0029 | 0,0036 | 0,0054 | 0,0039 | 0,00087 | 0,0012 | 0,013 |
| Барий | 620 | 5,1 | <1.0 | 530 | 50 | <1.0 | 550 | 9,4 | <1.0 | <1.0 | 6,0 |
| Бром | 5,0 | 7,4 | 2,8 | 2,8 | 4,3 | 2,5 | 2,8 | 4,3 | 1,3 | 1,2 | 15 |
| Кальций | 67100 | 8380 | 6430 | 53600 | 1100 | 6920 | 118000 | 4030 | 4540 | 4230 | 29500 |
| Церий | 22 | 0,68 | 0,071 | 17 | 2,8 | 0,1 | 32 | 0,26 | <0.1 | 0,16 | 0,39 |
| Хлор | 2200 | 9800 | 5840 | 5500 | 3780 | 4120 | 3900 | 7340 | 2030 | 1660 | 10800 |
| Кобальт | 6,0 | 0,27 | 0,075 | 4,5 | 2,1 | 0,091 | 7,8 | 0,019 | 0,046 | 0,051 | 0,12 |
| Хром | 30 | 1,5 | 0,48 | 34 | 4,1 | 0,68 | 41 | 0,85 | 0,25 | 0,98 | 0,62 |
| Цезий | 2,4 | 0,084 | 0,015 | 2,0 | 0,28 | 0,011 | 3,4 | 0,035 | <0.01 | 0,0065 | 0,039 |
| Медь | <1.0 | 47 | 24 | <1.0 | 18 | 21 | <1.0 | 36 | 24 | 6,2 | 2300 |
| Европий | 0,5 | 0,029 | 0,0048 | 0,41 | 0,052 | <0.001 | 0,68 | <0.001 | 0,0028 | <0.001 | 0,01 |
| Железо | 14400 | 480 | 74 | 11300 | 1800 | 56 | 17600 | 165 | 22 | 71 | 190 |
| Гафний | 1,8 | 0,053 | 0,015 | 2,0 | 0,25 | 0,014 | 3,1 | 0,021 | 0,0079 | 0,013 | 0,026 |
| Ртуть | - | <0.001 | <0.001 | - | 0,019 | 0,019 | - | 0,045 | <0.001 | <0.001 | 0,014 |
| Калий | 11000 | 14000 | 6170 | 9200 | 5300 | 4280 | 13000 | 14300 | 5360 | 3120 | 26700 |
| Лантан | 15 | 0,26 | <0.01 | 9,4 | 1,4 | 0,069 | 17 | 0,099 | 0,015 | 0,064 | 0,29 |
| Лютеций | 0,13 | 0,0039 | <0.001 | 0,093 | 0,014 | <0.001 | 0,16 | 0,0075 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Магний | 5600 | 5100 | 4040 | 5600 | 2490 | 2080 | 9300 | 3610 | 2860 | 1310 | 16500 |
| Марганец | 330 | 25 | 15 | 280 | 16 | 8,0 | 430 | 28 | 9,9 | 9,0 | 128 |
| Молибден | 0,65 | 1,7 | <0.1 | 1,0 | 0,96 | 0,24 | 0,99 | 0,7 | 0,36 | <0.1 | 0,94 |
| Натрий | 7050 | 14700 | 10300 | 7400 | 5500 | 6000 | 12000 | 8780 | 5120 | 3290 | 120000 |
| Неодим | 10 | 0,88 | <0.1 | 7,1 | 2,3 | <0.1 | 14 | 0,96 | <0.1 | <0.1 | <0.5 |
| Никель | 85 | 9,1 | <1.0 | <10 | 13 | 6,6 | 110 | 15 | 5,3 | 2,8 | 6,6 |
| Рубидий | 51 | 2,9 | 0,49 | 43 | 6,1 | 0,59 | 73 | 1,5 | 0,58 | 0,49 | 7,0 |
| Рений | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.88 |
| Сурьма | 0,56 | 0,46 | 0,34 | 0,44 | 0,40 | 0,14 | 0,68 | 0,24 | 0,26 | 0,23 | 0,27 |
| Скандий | 5,5 | 0,17 | 0,025 | 4,3 | 0,68 | 0,014 | 7,9 | 0,065 | 0,0046 | 0,021 | 0,067 |
| Селен | - | <0.01 | <0.01 | - | 0,095 | <0.01 | - | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0,37 |
| Самарий | 2,1 | <0.001 | 0,0088 | 1,3 | 0,2 | 0,012 | 3 | <0.001 | <0.001 | 0,01 | 0,037 |
| Стронций | 710 | 94 | 93 | 750 | 130 | 110 | 2400 | 35 | 47 | 41 | 360 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------|------|--------|--------|------|-------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| Тантал | 0,37 | <0.01 | <0.01 | 0,3 | 0,13 | <0.01 | 0,61 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| Тербий | 0,25 | 0,0069 | <0.001 | 0,2 | 0,033 | <0.001 | 0,38 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Титан | 1700 | - | - | 4,3 | - | - | 7,7 | - | - | - | - |
| Торий | 5,3 | 0,15 | 0,04 | 1400 | 0,76 | 0,039 | 3300 | 0,066 | <0.001 | 0,021 | 0,073 |
| Ванадий | 45 | - | - | 1,8 | - | - | 5,2 | - | - | - | - |
| Уран | 2,1 | 6,1 | <0.1 | 36 | 2,2 | <0.1 | 55 | 1,9 | <0.1 | <0.1 | <0.01 |
| Иттербий | 1,0 | 0,065 | <0.01 | 0,88 | 0,11 | <0.01 | 1,5 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.001 |
| Цинк | 32 | 14 | 6,3 | 30 | 21 | 12 | 46 | 18 | 9,9 | 7,8 | 9,4 |

Анализы показали, что концентрации элементов в изученных образцах различны. Определено наличие некоторых элементов только в определенных образцах. Например, тантал и ванадий только в образцах почв, ртуть и селен в корнях растений, определены составы образцов надземных участков.

В научных источниках приводятся данные о нахождении элемента рений в земной коре и его отсутствия в живых организмах. Нами впервые в данном исследовании приводятся концентрации рения в растении *Haloxylon aphyllum*. В результате проведения повторных анализов было показано, что данный тяжелый металл накапливается в определенной группе галофитных растений произрастающих на данной территории.

Определено, что некоторые элементы накапливаются в больших количествах в коже корней, другие элементы во внутренней части. Вышеуказанная таблица показывает, что имеется существенная разница концентрации элементов в подземных и надземных частях растений.

В целях понимания роли аминокислот в клетках растений в процессе биосинтеза, а также ответной реакции на неблагоприятные экологические факторы впервые был изучен состав свободных аминокислот в вегетативных органах *Haloxylon aphyllum* произрастающих на высохшем дне Аральского моря (табл. 2).

Таблица 2

Состав и содержание свободных аминокислот в надземной части растения
Haloxylon aphyllum (мг/г)

| Незаменимые аминокислоты | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------|----------|----------|
| Название | Валин | Лейцин | Изолейцин | Метионин | | |
| Содержание | 1,502814 | 5,066035 | 0 | 0 | | |
| Название | Фенилаланин | Триптофан | Треонин | Лизин HCl | | |
| Содержание | 4,330751 | 0,001752 | 1,319776 | 4,887083 | | |
| Заменимые аминокислоты | | | | | | |
| Название | Глицин+Аспарагин | Аланин | Цистеин | Тирозин | Пролин | Серин |
| Содержание | 12,43554 | 2,984757 | 4,691319 | 0,323905 | 0,261938 | 0,992632 |
| Название | Глутамин | Аспарагиновая кислота | Глутаминовая кислота | Гистидин | Аргинин | |
| Содержание | 3,440037 | 1,114471 | 1,751979 | 0 | 0,337127 | |
| ИТОГО | 45,44191 | | | | | |

Следуют особо отметить, что некоторые свободные аминокислоты играют важную роль в ответной реакции к неблагоприятным экологическим факторам т.е. при больших концентрациях солевых ионов в почве и воде, такие как пролин, фенилаланин, аланин, глутамин и другие.

По результатам сравнительного анализа элементного состава полученных нами результатов с данными Байсалова и др. [2] о составе *Haloxylon aphyllum* произрастающего в Казахстане, определены некоторые различия в концентрациях макро- и микроэлементов. Например, обнаружена большая концентрация Ag, Sb, U, Br, Mo в составе нами изученного образца *Haloxylon aphyllum*, а Fe, Cu, Ni по сравнению с образцами, которые были изучены казахскими учеными. В качестве жизненно необходимых элементов растений можно указать следующие элементы, в которых были определены наибольшее содержания: брома, кальция, церия, хлора, кобальта, хрома, меди, европия, железа, калия, лантана, магния, марганца, молибдена, натрия, цинка.

Следует подчеркнуть, что химическое и биохимическое исследование типичного представителя пустынных растений республики Узбекистан проведено впервые.

Литература

1. Steven A., Cohen Daviel J. Amino Acid Analysis Utilizing Fhenylisotiocyanata Derivatives // Analytic Biochemistry, 1988. –Vol. 17. – № 1. – Pp. 1-16.
2. Байсалова Г.Ж., Болысбекова С.М., Хамзина А.Х., Еркасов Р.Ш. Аминокислотный и минеральный состав корней Казахстанских видов *Haloxylon* // Химия природных соединений. Ташкент, 2014. – № 1. – С. 169-170.