

УДК 581.5
AGRIS Q04

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/10>

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ОРЕХА ГРЕЦКОГО (*Juglans regia* L.) (ЮЖНЫЙ КЫРГЫЗСТАН)

©*Бечелова А. Т.*, ORCID: 0000-0003-3765-5927, SPIN-код: 8415-9427,
Жалал-Абадский государственный университет,
г. Джалал-Абад, Кыргызстан, bechelova1977@mail.ru

MACRO AND MICRONUTRIENTS CONTENTS IN WALNUT LEAVES (*Juglans regia* L.) (SOUTHERN KYRGYZSTAN)

©*Bechelova A.*, ORCID: 0000-0003-3765-5927, SPIN-code: 8415-9427, *Jalal-Abad State
University Kyrgyzstan, Jalal-Abad, Kyrgyzstan, bechelova1977@mail.ru*

Аннотация. В данной работе предметом исследования является изучения элементного состава листьев ореха грецкого (*Juglans regia* L.). Проведены исследования с целью изучения содержания микро- и макроэлементов в листьях ореха грецкого (*Juglans regia* L.), сравнения с литературными данными и изучения особенностей их элементного состава для возможности использования в производстве. Выявлены незначительные различия в содержании микро- и макроэлементов в растениях, произрастающих в одних и тех же геохимических условиях, листья ореха грецкого (*Juglans regia* L.) имеют высокое содержание некоторых изучаемых элементов. Для сравнения полученных результатов исследований содержания микро- и макроэлементов использованы данные А. Кабата-Пендиас, В. Ф. Самусенко и кларки в растениях по акад. А. П. Виноградова. В результате исследований установлено сравнительно высокое значение Sr (108 мг/кг сухого вещества) в средней зоне в листьях ореха грецкого орехово-плодового леса Кара-Алма, что до 4 раза выше по сравнению с растениями из верхней зоны орехово-плодового леса Арсланбоб. Содержание никеля (Ni) в исследованных зонах варьирует незначительно, отмечалось наименьшее количество — 0,2 мг/кг сухого вещества. По содержанию меди (Cu) в листьях низкий уровень был отмечен на нижней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб. По нашим исследованием содержание железа (Fe) в виде соединений в листьях ореха грецкого колебалась от 0,7 до 3,6 г/кг (3600 мг/кг). Наибольшее количество обнаружено на участке в средней зоне орехово-плодового леса Кара-Алма. Впервые проведено исследование содержания микро- и макроэлементов с помощью метода эмиссионного спектрального анализа, изучено содержание микро- и макроэлементов в листьях ореха грецкого (*Juglans regia* L.) в период вегетации в естественных условиях. Данные исследований могут использоваться при оценке качества плодов ореха грецкого, а также при заготовке лекарственного сырья. В заключении даются рекомендации по изучению сезонной изменчивости элементного состава листьев ореха грецкого (*Juglans regia* L.).

Abstract. In this work, the subject of research is the study of the elemental composition of walnut leaves (*Juglans regia* L.). Studies have been carried out to determine the content of micro- and macroelements in walnut leaves (*Juglans regia* L.), compare with literature data and to study the features of its elemental composition for the possibility of using it in production. There were revealed the no significant differences in the content of micro- and macro elements in plants growing under the same geochemical conditions, the walnut leaves (*Juglans regia* L.) have a high content of some micro and macro elements. To compare the results of studies of the content of micro- and

macroelements, the data of A. Kabata-Pendias, V. F. Samusenko and Clark in plants according to Acad. A. P. Vinogradova. As a result of the research, a relatively high value of Sr (108 mg/kg of dry matter) was found in the middle zone of the leaves of the walnut-fruit forest Kara-Alma, which is up to 4 times higher than in the upper zone of the walnut-fruit forest of Arslanbob. The content of nickel (Ni) basic in the studied areas varies slightly, the smallest amount was noted — 0.2 mg/kg of dry matter. According to the content of copper (Cu) in the leaves, a low level was noted in the lower zone of the Arslanbob walnut-fruit forest. According to our studies, the content of iron (Fe) in the form of compounds in walnut leaves ranged from 0.7 to 3.6 g/kg (3600 mg/kg). The largest number was found in the area in the middle lane of the Kara-Alma walnut-fruit forest. For the first time, the content of micro- and macroelements was studied by the method of emission spectral analysis and the content of micro- and macroelements in the leaves of walnut (*Juglans regia* L.) during the growing season under natural conditions. Research data can be used in assessing the quality of walnut fruits, as well as in the preparation of medicinal raw materials. Finally, recommendations are given for studying the seasonal variability of the elemental composition of walnut leaves (*Juglans regia* L.).

Ключевые слова: грецкие орехи, орех грецкий, листья, вегетационный период, микроэлементы, состав.

Keywords: walnuts, *Juglans regia*, leaves, vegetative period, trace elements, composition.

Одной из важнейших проблем геохимической экологии является исследование элементного состава растений в условиях биогеохимических провинций [1, 11].

И. В. Мичурин называл грецкий орех деревом-комбинатом, т. к. абсолютно все его части используются человеком: спелые и незрелые плоды, скорлупа и перегородки, зеленый околоплодник и листья, кора, древесина, корни [2].

Орех грецкий (*Juglans regia* L.) относится к семейству ореховые (Juglandaceae). Известно, что на территории Кыргызстана располагаются уникальные леса грецкого ореха. По своему хозяйственному значению они не имеют равных себе в мире. Орехово-плодовые леса с давних пор называют «жемчужиной» мирового значения, они выполняют, прежде всего, огромную почвозащитную и водорегулирующую функции [3].

Химический состав растений зависит от их наследственной природы и возраста, а также определяется почвенно-климатическими условиями, временем года и фазой развития [4, 11, 12]. Немаловажно при этом влияние увлажнения, которое закономерно возрастает с высотой местности и существенно изменяется в течение года. А. И. Перельман (1990) полагает, что в основном состав золы и соотношение в ней химических элементов определяются биологическими особенностями растения [5].

Изучение химического состава растений ореха грецкого в разных местообитаниях позволит глубже познать природу и экологию этой древесной породы [6].

Исследователями наибольшее внимание уделено химическому составу листьев, как наиболее энергично растущей части растения, в которой осуществляется активный приток питательных веществ, обуславливающий высокую их концентрацию. Кроме того, листья являются индикаторным органом и по их химическому составу можно судить об обеспеченности растений элементами питания. Понимание важности некоторых микроэлементов для нормального роста и развития растений сложилось только в этом столетии.

Микро- и макроэлементы, жизненно важные для растений - это такие, которые не могут быть заменены другими элементами в их специфической биохимической роли и имеют прямое

влияние на организм, т.е. без них он не может ни расти, ни завершить некоторые метаболические циклы [7].

Накопление микро- и макроэлементов в растениях зависит от сроков сбора [8]. Очень важно, чтобы собранные листья развивались в условиях полного освещения. Известно, что химический состав листьев, изменяясь в процессе роста и развития, наиболее динамичен в течение вегетационного периода. Для исследования возможности применения этого сырья необходимо было изучить особенности его элементного состава. Для оценки экологической опасности загрязнения компонентов ландшафтов используют эталон сравнения: предельно допустимые концентрации — ПДК и кларки химических элементов. Последние в континентальной земной коре широко используются в качестве эталона для сравнения геохимических систем и оценки степени концентрации, вовлекаемых в процесс техногенеза химических элементов [9].

Цель исследований: изучить химический состав листьев ореха грецкого (*Juglans regia* L.) и сравнивать литературными данными.

Материалы и методы исследования

Сбор растительных проб проведен в 2020–2022 гг., в Кара-Алминском и Арсланбобском орехово-плодовых лесах. Листья ореха грецкого для анализа собирали в мае–июне, характеризующихся произрастанием его в нижней (до 1400 м н. у. м.), средней (1400–1700 м н. у. м.) и верхней (выше 1750 м н. у. м.) зонах (лесорастительных поясах).

Сбор образцов проводили согласно методическим рекомендациям Б. М. Дженбаева, разработанными в Институте биологии НАН КР. Для анализов были собраны образцы по 10 листьев с 5 разных деревьев, по каждому лесорастительным зонам. Собранные образцы высушивали естественным способом до воздушно-сухого состояния по общепринятой методике. Содержание элементов в золе растений определялось эмиссионными спектральными методами анализа в Центральной лаборатории при государственном агентстве по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве Киргизской Республики.

Содержание количеств микро- и макроэлементов в растениях сравнивали по А. Кабата-Пендиас [10] и с кларками в растениях по акад. А. П. Виноградову [7].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования элементного состава в листьях ореха грецкого (*Juglans regia* L.) на исследуемых участках приведено в Таблице.

По нашим исследованиям содержание марганца (Mn) в листьях ореха грецкого составляет от 35 (верхняя зона, Арсланбобский орехово-плодовый лес) до 93 мг/кг (верхняя зона, Кара-Алминский орехово-плодовый лес). Большинство растений испытывает вредное воздействие марганца при его содержании около 500 мг/кг сухой массы, так как содержится в пределах нормы.

Содержание никеля (Ni) в листьях ореха грецкого колебалось в пределах 0,2–0,3 мг/кг. Токсичный уровень Ni для большинства растительных видов изменяется от 10 до 100 мг/кг. По содержанию элемента очень низкий уровень был отмечен на всех исследуемых участках.

Согласно нашим результатам титан (Ti) содержится в листьях ореха грецкого от 20 до 200 мг/кг. По известным данным уровни содержания Ti в растениях изменяются от 0,15 до 80 мг/кг сухой массы. Наибольшее содержание отмечено в нижней зоне — 100 мг/кг и в средней зоне — 200 мг/кг в Кара-Алминских орехово-плодовых лесах.

Согласно нашим исследованиям, содержание хрома (Cr) менялось от 0,6 до 1,2 мг/кг, известно, что в растениях значения по данному элементу составляют 0,02–0,20 мг/кг сухой массы, так как до 6 раз выше по сравнению с другими растениями.

Таблица

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ЛИСТЬЕВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО (*Juglans regia* L.), мг/кг, г/кг

Mn*	Ni*	Ti*	Cr*	Mo*	Cu*	Pb*	P*	Sr*	Ba*	SiO ^{**2}	Al ₂ O ^{**3}	MgO ^{**}	Fe ₂ O ₃ ^{**}	CaO ^{**}	Na ₂ O ^{**}	K ₂ O ^{**}
<i>Нижняя зона 1200-1400 м</i>																
Арсланбоб																
73	0,2	20	0,7	1	2,4	0,3	550	30	12	9	1,2	>7	0,7	>18,3	7	>7
Кара-Алма																
63	0,3	100	0,8	0,4	3,5	0,8	630	63	14	14	2	8,4	2,1	>21	>8,4	>8,4
<i>Средняя зона 1400-1700 м</i>																
Арсланбоб																
38	0,3	20	1,2	0,9	4	0,5	690	40	15	23,1	2,3	>9	1,2	>23,1	>9,2	>9
Кара-Алма																
50	0,2	200	0,9	0,5	3,6	2	500	108	14	21,6	1,4	6,5	3,6	>21,6	8,6	>8,6
<i>Верхняя зона выше 1700 м</i>																
Арсланбоб																
35	0,2	30	0,6	0,4	3	0,8	450	25	10	7,5	0,5	>6	1	>15	>6	>6
Кара-Алма																
93	0,2	20	1	2	3	0,3	560	31	12	7,4	0,7	7,4	0,9	>18,6	5,6	>7,4

* – мг/кг; ** – г/кг

Содержание молибдена (Mo) колебалось в пределах 0,4-2 мг/кг. Нормальные уровни содержания молибдена в тканях листьев обычно составляют 1 мг/кг сухой массы или менее. Наибольшие значения отмечены на участке в верхней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб.

Содержание меди (Cu) в листьях ореха грецкого варьировали от 2,4 до 4 мг/кг. По имеющимся данным в золе разнообразных растений Cu содержится 5-1500 мг/кг. По содержанию элемента низкий уровень был отмечен на нижней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб.

Концентрации свинца (Pb) составляет от 0,3 до 2 мг/кг. Естественные уровни содержания Pb в растениях из незагрязненных и безрудных областей постоянны и лежат в пределах 0,1-10,0 мг/кг сухой массы (в среднем 2 мг/кг), так как содержание свинца имеется в пределах нормы.

Содержание фосфора (P) в листьях ореха грецкого составляет от 450 до 690 мг/кг. По данным Самусенко значительные количества фосфора в листьях ореха отмечаются лишь в мае (0,22–0,33%) или 2200-3300 мг/кг.

Согласно полученным результатам содержание стронция (Sr) варьировали от 25мг/кг до 108 мг/кг. Самый высокий показатель Sr (108 мг/кг) определен в средней зоне орехово-плодового леса Кара-Алма, а самый низкий (25 мг/кг) — в верхней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб. Концентрация Sr в растениях очень изменчива, по известным данным в литературе до 15 000 мг/кг золы. Токсичный уровень Sr для растений составляет 30 мг/кг.

Барий (Ba) содержится в листьях от 10 до 15 мг/кг. Количество Ba может быть в пределах 1–198 мг/кг сухой массы, о токсичных концентрациях Ba в растениях немного данных, так как содержание бария имеется в пределах нормы. Содержание кремния (Si) в виде соединений варьировали в листьях ореха грецкого от 7,4 до 23,1 мг/кг. Известно, что растения содержат Si до 10% сухой массы в шелухе и до 15% (на массу золы) в листьях.

Алюминий содержится в виде соединений в листьях ореха грецкого от 0,5 до 2,3 г/кг (2300 мг/кг). По имеющимся сведениям его значения в высших растениях могут быть около 200 мг/кг сухой массы. Однако содержание этого элемента в растениях широко варьируется в зависимости от почвенных и растительных факторов. Некоторые виды, накапливающие Al, могут содержать его более 0,1% (на сухую массу). По имеющимся данным значения этого элемента в листьях ореха грецкого достигают 0,08-0,11% (800-1100 мг/кг).

Содержание железа (Fe) в виде соединений в листьях ореха грецкого колебалась от 0,7 до 3,6 г/кг (3600 мг/кг). Наибольшее количество обнаружено на участке в средней зоне орехово-плодового леса Кара-Алма.

В золе различных растений содержание железа изменяется в пределах 220-1200 мг/кг [9], по данным Самусенко 0,11-0,15% (1100-1500 мг/кг). Содержание магния (Mg) в виде соединений варьировали в листьях ореха грецкого от 6 до 9 г/кг (9000 мг/кг), известны значения от 0,18 до 0,41% (1800-4100 мг/кг). Наибольшие значения отмечены на участке в средней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб.

Содержание кальция (Ca) в виде соединений составляли в листьях ореха грецкого от 15 до 23,1 г/кг (23100 мг/кг) по всем зонам. В листьях ореха, произрастающего в верхней части лесного пояса, относительно меньше содержится кальция и магния, так как орех растет здесь на выщелоченных от карбонатов почвах, 1,23-2,62% (12300-26200 мг/кг), так как содержание кальция имеется в пределах нормы.

Содержание натрия (Na) в листьях ореха грецкого от 5,6 до >9,2 г/кг (9200 мг/кг). По имеющимся сведениям его в листьях ореха грецкого 0,22-0,30 % (2200-3000 мг/кг) [6].

Наибольшие значения отмечены на участке в средних зонах обеих орехово-плодовых лесах (Арсланбоб и Кара-Алма). Калий (K) в виде оксида содержится от 6 до 9 г/кг (9000 мг/кг) по всей зоне. По данным Самусенко в начале вегетации в листьях накапливается максимальное количество калия и содержится 1,44-2,10% (14400-21000 мг/кг) [6].

Содержание количеств некоторых элементов (K, Na, Mg, Ca, Fe, Al) мы сравнивали с кларками в других растениях по акад. А. П. Виноградову, как показано в Таблице 2.

Таблица 2

СРАВНИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ЛИСТЯХ ОРЕХА ГРЕЦКОГО (*Juglans regia* L.) С КЛАРКОМ, мг/кг (среднее за 2020-2022 гг.)

Элемент	Среднее содержание элементов в листьях	Кларк по А. П. Виноградову [1962]
Калий K	9000	25000
Натрий Na	9200	25000
Магний Mg	9000	18700
Кальций Ca	23100	29600
Железо Fe	3600	46500
Алюминий Al	2300	80500

Сравнение кларком и некоторых элементов с другими растениями по акад. А. П. Виноградову, превышения кларка не отмечались на всех участках орехово-плодовых лесах, но по сравнению с фонами немного выше в отдельных участках. Химический состав листа ореха грецкого зависит в основном от места произрастания, от почвенного покрова и от

загрязненности окружающей среды обитания. А разное содержание количество элементов на прямую связана от почвенных факторов и видового состава растительного покрова (Рисунок).

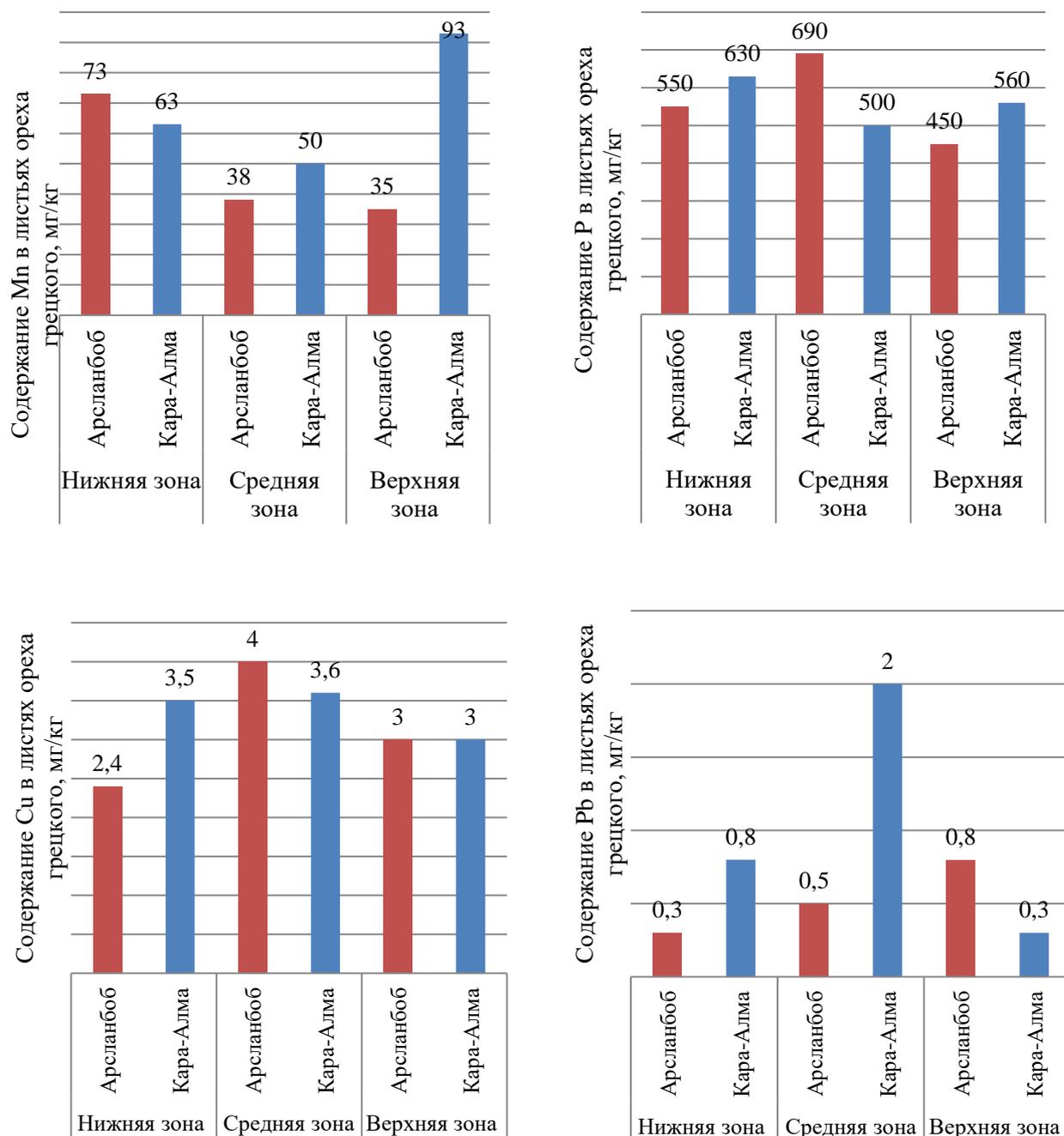


Рисунок. Среднее содержание элементов (Mn, Cu, Pb, P) в листьях ореха грецкого (*Juglans regia* L.) по зонам произрастания

Количество микроэлементов, поступающее в растение, неодинаково. Оно зависит от почвенных, климатических условий, а также, территорий используемых для рекреационных целей. Как видно из Рисунка, листья ореха грецкого (*Juglans regia* L.) естественно произрастающих орехово-плодовых лесах Кара-Алма содержат марганца (Mn) на 20 мг/кг больше, чем орехово-плодовых лесах Арсланбоб, количество меди (Cu) на 0,23 мг/кг больше в орехово-плодовых лесах Арсланбоб, количество свинца (Pb) на 0,50 мг/кг больше в орехово-

плодовых лесах Кара-Алма по сравнению листьями ореха грецкого собранные на территории Арсланбоб. Среднее количество содержания фосфора (P) равны в обоих орехово-плодовых лесах.

Выводы

Полученные результаты наших исследований показывают высокое значение Sr (108 мг/кг) в средней зоне орехово-плодового леса Кара-Алма и сравнительно низкое (25 мг/кг) в верхней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб. В средней зоне Арсланбоб до 3,5 раза выше токсичной концентрации. Содержание никеля (Ni) в различных исследуемых зонах варьирует незначительно, отмечалось наименьшее количество (0,2 мг/кг).

Хром (Cr) в листьях на разных участках отмечен от 0,6 до 1,2 мг/кг, что до 6 раз выше по сравнению с другими растениями. Наибольшее количество обнаружено молибдена (Mo) в верхней зоне орехово-плодового леса Арсланбоб по сравнению с другими изученными участками в 2 раза больше, чем в растениях. Наибольшее содержание титана (Ti) отмечено в нижнем — 100 мг/кг и в среднем поясе — 200 мг/кг в Кара-Алминских орехово-плодовых лесах, что в 1,5–2,5 раза выше по сравнению с другими растениями.

Максимальное количество железа (Fe) обнаружено в средней зоне орехово-плодового леса Кара-Алма, что в 3 раза выше по сравнению со средней пробой растительного покрова других зон и литературными данными.

В целом данные исследований могут использоваться при оценке качества плодов ореха грецкого, а также при заготовке лекарственного сырья.

Таким образом, анализируя вышеуказанные данные, даются рекомендации по изучению сезонной изменчивости элементного состава листьев ореха грецкого (*Juglans regia L.*).

Список литературы:

1. Иматали кызы К. Содержание микроэлементов в растениях ртутной провинции Айдаркен (Хайдаркан, Кыргызстан) // Проблемы современной науки и образования. 2016. №40. С. 17-21.
2. Державина Н. А. Целительный грецкий орех. СПб.: Респекс, 2000. 64 с.
3. Бечелова А. Т., Дженбаев Б. М. Орехово-плодовые леса Кыргызстана // Исследование живой природы Кыргызстана. 2020. №1. С. 4-7.
4. Ковальский В. В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 345 с.
5. Перельман А. И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
6. Самусенко В. Ф., Головина Р. Д., Узолин А. И., Иванченко Л. И. Биологический круговорот веществ в орехово-плодовых лесах юго-западного Тянь-Шаня. Бишкек, 2005. 97 с.
7. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
8. Красина И. Б., Сквиря М. В., Кожина А. С. Особенности химического состава листьев грецкого ореха // Научные труды КубГТУ. 2014. №1. С. 88-95.
9. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. 2015. №2. С. 7-17.
10. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439с.
11. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2012. 404 с.
12. Дженбаев Б. М., Алексеенко В. А. Эколого-биогеохимические особенности растительности г. Бишкек // Известия НАН КР. 2014. №3-4. С. 11-17.

References:

1. Imatali kyzy, K. (2016). Soderzhanie mikroelementov v rasteniyakh rtutnoi provintsii Aidarken (Khaidarkan, Kyrgyzstan). *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya*, (40), 17-21. (in Russian).
2. Derzhavina, N. A. (2000). Tselitel'nyi gretskii orekh. SPb.: Respeks, 64 s. (in Russian).
3. Bechelova, A. T., & Dzhenbaev, B. M. (2020). Orekhovo-plodovye lesa Kyrgyzstana. *Issledovanie zhivoi prirody Kyrgyzstana*, (1), 4-7. (in Russian).
4. Koval'skii V. V. (1974). Geokhimicheskaya ekologiya. Moscow. (in Russian).
5. Perel'man, A. I. (1989). Geokhimiya. Moscow. (in Russian).
6. Samusenko, V. F., Golovina, R. D., Uzolin, A. I., & Ivanchenko, L. I. (2005). Biologicheskii krugovorot veshchestv v orekhovo-plodovykh lesakh yugo-zapadnogo Tyan'-Shanya. Bishkek. (in Kyrgyz).
7. Vinogradov, A. P. (1957). Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh. Moscow. (in Russian).
8. Krasina, I. B., Skvirya, M. V., & Kozhina, A. S. (2014). Osobennosti khimicheskogo sostava list'ev gretskogo orekha. *Nauchnye trudy KubGTU*, (1), 88-95. (in Russian).
9. Kasimov, N. S., & Vlasov, D. V. (2015). Klarki khimicheskikh elementov kak etalony sravneniya v ekogeokhimi. *Vestnik Moskovskogo universiteta*, (2), 7-17. (in Russian).
10. Kabata-Pendias, A., & Pendias, Kh. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. Moscow. (in Russian).
11. Dzhenbaev, B. M., & Mursaliev, A. M. (2012). Biogeokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh ekosistem Kyrgyzstana. Bishkek. (in Kyrgyz).
12. Dzhenbaev, B. M., Alekseenko, V. A. (2014). Ekologo-biogeokhimicheskie osobennosti rastitel'nosti g.Bishkek. *Izvestiya NAN KR*, (3-4), 11-17. (in Kyrgyz).

*Работа поступила
в редакцию 27.11.2022 г.*

*Принята к публикации
08.12.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Бечелова А. Т. Содержание макро- и микроэлементов в листьях ореха грецкого (*Juglans regia* L.) (Южный Кыргызстан) // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №1. С. 81-88. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/10>

Cite as (APA):

Bechelova, A. (2023). Macro and Micronutrients Contents in Walnut Leaves (*Juglans regia* L.) (Southern Kyrgyzstan). *Bulletin of Science and Practice*, 9(1), 81-88. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/10>