

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА НАКОПЛЕНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЯГОДАХ *VACCINIUM ULIGINOSUM*

С. М. ТИМОФЕЕВ, аспирант,
Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова
(677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58)

Ключевые слова: голубика, ягоды, макроэлементы, микроэлементы, влагообеспеченность, гидротермический коэффициент увлаженности, экстремальность, метеорологические условия, спектрометрия, элементный состав.

На рост, развитие и, следовательно, продуктивность растений оказывают влияние многие метеорологические факторы. В засушливых условиях Якутии существенное значение имеет обеспеченность влагой и теплом за вегетационный период голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*). Именно температура воздуха и атмосферные осадки имеют решающее значение для протекания многих биохимических процессов в растениях, в распределении их по климатическим зонам, поясам и провинциям. Важными функциями воды являются ее участие в фотосинтезе растений, перенос элементов питания, обеспечение терморегуляции. С учетом вышеприведенного нами изучено влияние осадков на макро- и микроэлементный состав голубики обыкновенной, произрастающей в условиях Центральной и Западной Якутии по гидротермическому коэффициенту увлажненности (ГТК). Приведенными исследованиями установлено, что в Центральной Якутии летние осадки выпадают относительно крайне редко и неравномерно, что отражается на урожайности и химическом составе голубики обыкновенной. Уровень макро- и микроэлементов зависит от гидротермического коэффициента, но сильного влияния не наблюдается, так как величина коэффициента корреляций была низкой. Наибольшее накопление макро- и микроэлементов установлено в годы, благоприятные по осадкам. Результаты исследования показывают, что более высокое содержание макро- и микроэлементов наблюдалось в Западной Якутии, а низкое – в Центральной Якутии. Таким образом, из приведенных данных видно, что большие колебания в содержании макро- и микроэлементов Центральной и Западной Якутии обуславливают существенные различия в обеспеченности организма макро- и микроэлементами. Полученные результаты подтверждают общепринятое мнение о высокой адаптивности растений в условиях криолитозоны. Было выяснено, что многие дикорастущие ягоды и растения Якутии отличаются более высокими пищевыми, лекарственно-техническими витаминными и лечебно-фармакологическими свойствами, чем произрастающие в южных зонах.

EFFECT OF ATMOSPHERIC DEPOSITS ON ACCUMULATION OF MACRO AND MICROELEMENTS IN *VACCINIUM ULIGINOSUM* BERRIES

S. M. TIMOFEEV, postgraduate student,
North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov
(58 Belinskogo Str., 677000, Yakutsk)

Keywords: blueberries, berries, macronutrients, microelements, moisture provision, hydrothermal moisture ratio, extremality, meteorological conditions, spectrometry, elemental composition.

Many meteorological factors influence the growth, development and, therefore, plant productivity. In the arid conditions of Yakutia, the provision of moisture and heat during the growing season of blueberry (*Vaccinium uliginosum*) is essential. It is air temperature and precipitation that are of decisive importance for the flow of many biochemical processes in plants, in their distribution by climatic zones, belts and provinces. Important functions of water are its participation in the photosynthesis of plants, the transfer of nutrients, and the provision of thermoregulation. Taking into account the above, we studied the effect of precipitation on the macro- and microelement composition of blueberry ordinary grown in the conditions of Central and Western Yakutia in terms of hydrothermal moisture coefficient (SCC). These studies have established that in Central Yakutia, summer precipitation falls relatively rarely and unevenly, which affects the yield and chemical composition of blueberry. The level of macro- and microelements depends on the hydrothermal coefficient, but a strong influence is not observed, since the value of the correlation coefficient was low. The greatest accumulation of macro and micronutrients is found in years favorable for precipitation. The results of the study show that a higher content of macro- and microelements was observed in Western Yakutia, and lower in Central Yakutia. Thus, it can be seen from the above data that large fluctuations in the content of macro- and microelements in Central and Western Yakutia cause significant differences in the availability of organism with macro- and microelements. The obtained results confirm the generally accepted opinion about the high adaptability of plants in cryolithozone conditions. It was found that many wild berries and plants of Yakutia have higher nutritional, medicinal and technical vitamin and therapeutic and pharmacological properties than those growing in the southern zones.

Введение

В настоящее время проблема изучения среды обитания человека в свете биогеохимии макро- и микроэлементов приобретает особую актуальность в северных регионах России. В этой связи содержание их в ягодах, в том числе в ягодах голубики, которые содержат в больших количествах макро- и микроэлементы.

Доказано, что соли макро- и микроэлементов в организме человека участвуют во всех обменных процессах в организме. Так, голубика является ценным пищевым и лекарственным сырьем Крайнего Севера, которое имеет очень широкий ареал распространения, который охватывает почти все Северное полушарие. В Якутии встречается во всех районах.

В последние годы возросло потребление голубики, что объясняется их признанной пользой для здоровья. Ягоды голубики Якутии кроме макро- и микроэлементов очень богаты антоцианами, которые связаны с улучшением зрения, предотвращением дегенерации желтого пятна, противораковой активностью, снижением риска сердечных заболеваний [1]. Таким образом, голубика обладает диетическими и лечебно-профилактическими свойствами, так как содержит комплекс жизненно необходимых биологически активных веществ.

Голубика обыкновенная характеризуется широким диапазоном внутривидовой изменчивости морфологических признаков вегетативных органов и биохимического состава ягод в зависимости от эколого-географических условий [2, 3]. При этом специальных исследований по изучению элементного состава, особенностей накопления химических элементов в ягодах и органах голубики в условиях Якутии ранее не проводилось.

Известно, что голубика – влаголюбивое растение, произрастает в сырых хвойных и лиственных лесах, редколесьях, ерниках, подгольцовых кустарниковых зарослях, в горных и равнинных тундрах. Первые зрелые ягоды появляются в середине июля, массовое же созревание ягод происходит в конце июля – начале августа[4].

В условиях Якутии рост, развитие растений и накопления питательных веществ в значительной мере зависят от солнечного света, тепла и влаги за вегетационный период. Следовательно, голубика также находится в тесной связи с природными (в том числе климатическими) условиями.

Таким образом, изучение влияния метеорологических факторов на накопление витаминов в ягодах голубики является актуальным, особенно в условиях Якутии, так как важное значение для жизни растений имеют условия переходных периодов, которые в Якутии быстротечны.

Цель и методика исследований

Целью настоящей работы является определение макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной в зависимости от температурно-влажностных условий произрастания в различных климато-пах Якутии.

Исследования проводились в условиях естественного увлажнения, с учетом выпавших осадков за вегетационный период май – июль. Для изучения динамики метеорологических факторов и их влияния на накопление макро- и микроэлементов в ягодах голубики были использованы метеорологические данные, опубликованные в СМИ, выпускаемых Якутским УГМС.

Для исследования динамики накопления макро- и микроэлементов пробы брались в июле и в августе в фазу полного созревания плодов.

Объектом исследования были ягоды голубики обыкновенной, произрастающей на территории Центральной и Западной Якутии.

С 2016 по 2018 год мы собрали пробы ягод голубики в Мирнинском, Сунтарском, Вилюйском, Намском, Хангаласском районах и пригороде Якутска. Пробы отбирали по ГОСТ 29187-91. Ягоды собирали руками в сухую погоду и только в полном зрелости, так как незрелые или перезревшие хранятся плохо. Укладывали их в корзины, картонные или фанерные ящики слоем не более 25–30 см. Собранные ягоды голубики для сохранения питательных веществ замораживали в морозильных камерах с температурой не выше –28 °С.

Элементный состав определяли с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии и методом ближней инфракрасной спектроскопии.

Гидротермический коэффициент увлажненности (ГТК) за май, июнь и июль определяли по формуле Селянинова:

$$K = \frac{R * 10}{\sum t}$$

где *R* представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10 °С, $\sum t$ определяет сумму температур в градусах Цельсия за то же время.

ГТК широко используется в агрономии для общей оценки климата и выделения зон различного уровня влагообеспеченности.

Для достижения правдоподобности полученные результаты исследования подвергались математической обработке с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и Snedecor по методу Стьюдента.

Результаты исследований

Нами определены температурно-влажностные условия произрастания голубики обыкновенной в

Таблица 1
Температурно-влажностные условия произрастания голубики в Центральной Якутии за 2016–2018 гг.

Table 1
Temperature and humidity conditions for the growth of blueberries in Central Yakutia for 2016–2018

Месяцы Months	г. Якутск Yakutsk			Хангаласский улус (Покровск) Khangalasskiy ulus (Pokrovsk)			Намский улус (Нам) Namskiy ulus (Nam)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Сумма температур воздуха, °С The sum of air temperatures, °C									
V	235,6	204,6	294,5	217	189,1	269,7	229,4	186	275,9
VI	480	564	519	459	510	465	489	549	519
VII	561	601,4	623,1	536,3	570,4	582,8	567,3	582,8	616,9
Сумма за V–VII The sum of t° for V–VII	1276,6	1370	1436,6	1212,3	1269,5	1317	1285,7	1317,8	1411,8
Осадки за месяц, мм Monthly precipitation, mm									
V	15	14	21	9,8	27	33	26	7,5	15
VI	33	23	29	28	20	23	20	26	21
VII	73	22	27	89	84	32	49	11	58
Сумма осадков за V–VII The sum of precipitation for V–VII	121	59	77	126,8	131	88	95	44,5	94
Гидротермический коэффициент Hydrothermal coefficient									
ГТК за V–VII Hydrothermal coefficient for V–VII	0,94	0,43	0,53	1,04	1,03	0,66	0,73	0,33	0,66

Таблица 2
Температурно-влажностные условия произрастания голубики в Западной Якутии за 2016–2018 гг.

Table 2
Temperature and humidity conditions of growing blueberries in Western Yakutia for 2016–2018

Месяцы Months	Вилуйский улус (Вилуйск) Vilyuiskiy ulus (Vilyuisk)			Сунтарский улус (Сунтар) Suntarskiy ulus (Suntar)			г. Мирный Mirnyy		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Сумма температур воздуха, °С The sum of air temperatures, °C									
V	170,5	124	223,2	155	161,2	241,8	68,2	80,6	151,9
VI	471	555	558	456	546	552	423	492	528
VII	567,3	539,4	567,3	533,2	536,3	517,7	533,2	520,8	492,9
Сумма t за V–VII The sum of t for V–VII	1208,8	1218,4	1348,5	1144,2	1243,5	1311,5	1024,4	1093,4	1172,8
Осадки за месяц, мм Monthly precipitation, mm									
V	22	46	16	35	47	38	42	44	63
VI	16	16	30	23	25	17	9,9	5,5	23
VII	52	15	129	101	54	108	12	95	131
Сумма осадков за V–VII The sum of precipitation for V–VII	90	77	175	159	126	163	63,9	144,5	217
Гидротермический коэффициент Hydrothermal coefficient									
ГТК за V–VII Hydrothermal coefficient for V–VII	0,74	0,63	1,29	1,38	1,01	1,24	0,62	1,32	1,85

различных климатах Якутии по гидротермическим коэффициентам увлажненности по формулам, предложенным Селяниновой. Метеорологические данные за период исследования приведены в таблице 1 и 2.

Из представленных многолетних данных (таблицы 1 и 2), судя по гидротермическому коэффициенту Селянинова, атмосферные осадки значительно колеблются по годам, Центральная Якутия беднее

атмосферными осадками, чем Западная Якутия: в среднем $K = 0,70$ и $1,12$ соответственно. Минимальные месячные суммы осадков наблюдаются в Центральной Якутии в мае, а Западной Якутии – в июне. Наибольшее количество осадков выпадает в июле. В среднем за период исследования максимальная сумма осадков июля равняется $87,66$ мм (Сунтар), минимальная – $39,33$ мм (Нам), а средняя – около 63 мм. Среднегодовыми по террито-

Таблица 3
 Годовые изменения накопления макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной Центральной Якутии в мг / 100 г

Table 3
 Annual changes in the accumulation of macro and microelements in the berries of blueberry ordinary in Central Yakutia in mg / 100g

Компонент Component	г. Якутск Yakutsk			Хангаласский улус (Покровск) Khangelassky ulus (Pokrovsk)			Намский улус (Нам) Namsky Ulus (Nam)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
ГТК Hydrothermal coefficient	0,94	0,43	0,53	1,04	1,03	0,66	0,73	0,33	0,66
K	64,33 ± 5,56	51,55 ± 1,97	50,46 ± 4,97	74,65 ± 2,48	72,42 ± 3,36	81,2 ± 4,64	66,35 ± 2,86	53,03 ± 4,65	62,63 ± 2,33
Ca	17,94 ± 1,58	15,13 ± 0,56	14,27 ± 1,42	20,89 ± 0,70	20,26 ± 0,95	17,05 ± 1,32	18,52 ± 0,81	11,86 ± 1,32	17,46 ± 0,66
Mg	9,56 ± 1,26	6,41 ± 0,45	6,62 ± 1,13	11,92 ± 0,57	11,41 ± 0,76	8,84 ± 1,05	10,02 ± 0,65	4,69 ± 1,06	9,17 ± 0,53
Na	9,17 ± 0,95	6,81 ± 0,34	6,96 ± 0,85	10,94 ± 0,42	10,55 ± 0,57	9,63 ± 0,79	9,52 ± 0,49	5,52 ± 0,79	8,88 ± 0,39
P	13,3 ± 1,67	9,16 ± 0,59	9,44 ± 1,48	16,39 ± 0,74	15,72 ± 1,00	12,36 ± 1,39	13,90 ± 0,86	6,91 ± 1,39	12,79 ± 0,69
Fe	19,12 ± 2,54	12,82 ± 0,90	13,24 ± 2,27	23,84 ± 1,13	22,82 ± 1,53	17,69 ± 2,12	20,04 ± 1,30	9,38 ± 2,12	18,35 ± 1,06
Co	0,031 ± 0,002	0,026 ± 0,0008	0,026 ± 0,002	0,032 ± 0,005	0,034 ± 0,001	0,030 ± 0,001	0,032 ± 0,001	0,023 ± 0,001	0,031 ± 0,0009
Mn	0,272 ± 0,016	0,231 ± 0,005	0,234 ± 0,015	0,303 ± 0,007	0,296 ± 0,009	0,263 ± 0,014	0,278 ± 0,008	0,208 ± 0,014	0,267 ± 0,006
Cu	0,340 ± 0,021	0,288 ± 0,007	0,332 ± 0,018	0,210 ± 0,009	0,209 ± 0,012	0,168 ± 0,017	0,187 ± 0,010	0,100 ± 0,017	0,173 ± 0,008
Zn	0,717 ± 0,095	0,681 ± 0,034	0,706 ± 0,085	0,694 ± 0,042	0,655 ± 0,057	0,463 ± 0,079	0,552 ± 0,049	0,152 ± 0,079	0,488 ± 0,039

рии Центральной Якутии сумма осадков с мая по июль колеблется от 85,66 мм (Якутск) до 115,26 мм (Покровск), а по территории Западной Якутии от 114 мм (Вилуйск) до 141,8 мм (Сунтар). Сумма положительных температур воздуха с мая по июль за период исследования на территории Центральной Якутии варьирует в пределах 1266,2–1361 °С, а Западной Якутии 1096,7–1258,5 °С. На изменения климата в Западной Якутии значительное влияние оказало создание Вилуйского водохранилища. За более чем 50 лет его существования произошли большие изменения в погодных условиях Западной Якутии, особенно по территории, прилегающей к долине р. Вилуй. Таким образом, климат Центральной Якутии отличается резкой континентальностью, малым количеством атмосферных осадков и высоким напряжением солнечной радиации.

На химический состав голубики обыкновенной в засушливых условиях Якутии из метеорологических факторов существенное влияние оказывает обеспеченность влагой и теплом. С учетом этого проведены исследования по влиянию атмосферных осадков на накопление макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной в различных климатопях Якутии.

Из представленных результатов исследований видно (таблицы 3 и 4), что существенное влияние на накопление макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной оказывают сумма осадков за май, июнь и июль в вегетационном периоде.

Годовые изменения накопления макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной показывают, что в условиях Хангаласского улуса, имеющего наибольший гидротермический коэффициент 1,04 за 2016 год (таблица 3), ягоды голубики накопили больше элементов, чем в 2018 году, когда гидротермический коэффициент составлял соответственно 0,66. В пригороде Якутска наибольший гидротермический коэффициент 0,94 наблюдался в 2016 году, содержание макро- и микроэлементов было также выше показателей 2017 и 2018 годов. В Намском улусе прослеживается такая же динамика накопления элементов в ягодах. Средний гидротермический коэффициент по Центральной Якутии в районах Якутска, Хангаласского и Намского улусов составляет 0,70. Отсюда следует, что макро- и микроэлементы в ягодах голубики обыкновенной в условиях Центральной Якутии при ГТК = 0,70 в среднем в 100 г воздушно-сухого вещества содержалось калия 67,06 мг, кальция – 15,93 мг, магния –

Таблица 4
Годовые изменения накопления макро- и микроэлементов в ягодах голубики обыкновенной Западной Якутии в мг / 100г

Table 4
Annual changes in the accumulation of macro and microelements in the berries of blueberry ordinary Western Yakutia in mg / 100g

Компонент Component	Вилуйский улус (Вилуйск) Vilyuiskiy ulus (Vilyuisk)			Сунтарский улус (Сунтар) Suntarskiy ulus (Suntar)			г. Мирный Mirnyy		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
ГТК Hydrothermal coefficient	0,74	0,63	1,29	1,38	1,01	1,24	0,62	1,32	1,85
K	64,22 ± 0,86	59,75 ± 1,10	69,39 ± 3,04	76,37 ± 3,11	71,76 ± 1,85	71,99 ± 2,81	65,50 ± 2,13	76,78 ± 1,07	81,86 ± 0,37
Ca	15,92 ± 0,24	14,64 ± 0,31	18,82 ± 0,86	19,38 ± 0,88	18,07 ± 0,52	18,14 ± 0,80	16,28 ± 0,60	19,50 ± 0,30	20,95 ± 0,10
Mg	11,53 ± 0,19	10,51 ± 0,25	13,86 ± 0,69	14,31 ± 0,71	13,26 ± 0,42	13,31 ± 0,64	11,83 ± 0,48	14,41 ± 0,24	15,56 ± 0,08
Na	6,15 ± 0,15	5,38 ± 0,18	7,89 ± 0,52	8,23 ± 0,53	7,44 ± 0,31	7,46 ± 0,48	6,37 ± 0,36	8,3 ± 0,18	9,17 ± 0,06
P	17,26 ± 0,25	18,92 ± 0,33	21,31 ± 0,90	21,91 ± 0,94	20,53 ± 0,55	20,6 ± 0,84	20,65 ± 0,64	22,53 ± 0,55	23,03 ± 0,32
Fe	21,08 ± 0,39	19,03 ± 0,50	25,72 ± 1,39	26,62 ± 1,42	24,52 ± 0,84	24,62 ± 1,28	21,66 ± 0,97	26,81 ± 0,48	29,13 ± 0,17
Co	0,031 ± 0,0003	0,029 ± 0,0004	0,048 ± 0,001	0,056 ± 0,001	0,047 ± 0,0007	0,054 ± 0,001	0,052 ± 0,0008	0,056 ± 0,0004	0,078 ± 0,0001
Mn	0,372 ± 0,002	0,359 ± 0,003	0,369 ± 0,020	0,508 ± 0,009	0,494 ± 0,005	0,495 ± 0,008	0,476 ± 0,006	0,510 ± 0,003	0,525 ± 0,001
Cu	0,279 ± 0,003	0,262 ± 0,004	0,417 ± 0,011	0,424 ± 0,011	0,407 ± 0,007	0,408 ± 0,010	0,384 ± 0,008	0,426 ± 0,003	0,445 ± 0,001
Zn	0,715 ± 0,015	0,638 ± 0,018	0,889 ± 0,052	1,023 ± 0,053	0,964 ± 0,031	0,948 ± 0,048	0,837 ± 0,036	1,030 ± 0,018	1,117 ± 0,006

8,73 мг, натрия – 8,66 мг, фосфора – 12,21 мг, железа – 17,47 мг, кобальта – 0,029 мг, марганца – 0,261 мг, меди – 0,165 мг, цинка – 0,455 мг. В Западной Якутии при среднем ГТК = 1,12 содержание элементов составляет в 100 г воздушно-сухого вещества калия 70,84 мг, кальция – 18,96 мг, магния – 11,17, натрия – 7,37 мг, фосфора – 20,74 мг, железа – 22,35 мг, кобальта – 0,050 мг, марганца – 0,289 мг, меди – 0,205 мг, цинка – 0,94 мг. Таким образом, в условиях при повышенной влагообеспеченности в Западной Якутии содержание макро- и микроэлементов было повышенным.

В ягодах голубики, произрастающей в условиях Западной Якутии, накопилось наибольшее количество макро- и микроэлементов. Из таблицы 4 видно, что максимальное содержание макро- и микроэлементов наблюдается в Мирнинском районе в 2018 году, где высокий гидротермический коэффициент составляет 1,85. Западная Якутия богата фосфором – 81,40 мг / 100 г. Положительное действие фосфора заключается в том, что он сокращает вегетационный период и ускоряет созревание растений. Фосфор играет важную роль в преодолении отрицательного влияния низких температур в начале вегетации. Вероятно, это связано с адаптивными механизмами организма растений к стрессовому фактору в результате создания Вилуйского водохранилища

более 50 лет назад. Работ, посвященных вопросам влияния Вилуйского водохранилища на биоту, недостаточно. В этом направлении наиболее плодотворным оказались фундаментальные и прикладные исследования Д. Д. Саввинова, А. Ф. Кириллова, Г. Н. Саввинова и М. М. Тяптиргянова [5–9]. Ими установлено влияние загрязнения на накопление тяжелых металлов в воде, почве, растениях, рыбах и в организме человека. Кроме того, А. Ф. Абрамовым [10] установлено, что изменения произошли не только в количестве осадков, но и в динамике температуры. Так, весна стала холоднее за счет позднего вскрытия водохранилища, и стали наблюдаться длительные весенние заморозки. Все это привело к позднему сроку начала вегетации растений.

Наибольшая аккумуляция цинка и марганца в ягодах голубики наблюдается при постоянном избыточном увлажнении почвы. Накопление этих элементов в растениях зависит от увлажненности. Так, Западная Якутия находится в условиях избыточного увлажнения и содержит в среднем цинка 0,455 и 0,289 мг / 100 г марганца. Поэтому на Западной Якутии в условиях избыточного увлажнения, где повышен окислительный потенциал, происходит аккумуляция марганца. Сравнение содержания железа в растениях Центральной и Западной Якутии показало, что в первом случае растения накапливают его

меньше 17,47 против 22,35 мг / 100 г. Значительная зависимость содержания железа установлена в благоприятные по осадкам годы.

Как известно, что микроэлементы играют важную роль при многих физиологических и биохимических процессах, протекающих в организме растений. Установлено, что растения, хорошо обеспеченные элементами минерального питания, обычно бывают богаче витаминным составом. Многие ученые биологи признают, что наиболее интенсивное образование витаминов происходит в процессе фотосинтеза, а для фотосинтеза необходима влага. Для синтеза аскорбиновой кислоты, как и других веществ, существует определенный температурный оптимум. Однако, как правило, аскорбиновой кислоты в естественных условиях произрастания растений накапливается более интенсивно при пониженных температурах. Имеются прямые наблюдения относительно того, что высокая температура воздуха и почвы отрицательно сказывается на образовании аскорбиновой кислоты в растительных тканях. Дальнейшие исследования по изучению антиоксидантов в зависимости от гидротермического коэффициента в различных климатопах Якутии будут отражены

в следующих публикациях в научных журналах. В отношении географических аспектов биосинтеза аскорбиновой кислоты существует мнение, согласно которому дикорастущие виды в северных районах и в горах бывают более витаминоносными, чем на юге и в низинах.

Выводы. Рекомендации

На основании результатов исследований можно сделать вывод, что уровень содержания макро- и микроэлементов зависит от гидротермического коэффициента: чем выше ГТК в период вегетации голубики обыкновенной, тем выше накопление макро- и микроэлементов. Этот вывод согласуется с ранее установленными закономерностями накопления элементов в растениях: так, по данным профессора А. Д. Егорова, наибольшее накопление макро- и микроэлементов установлено в растениях увлажненных лугах, аласов, поймы рек и прибрежных участков озер, а также в годы благоприятные по осадкам.

Таким образом, одним из лимитирующих факторов роста и развития растений, а также динамики накопления в них макро- и являются осадки и температура воздуха.

Литература

1. Brian M. Barth. Therapeutic Effect of Blueberry Extracts for Acute Myeloid Leukemia // International Journal of Biopharmaceutical Sciences. 2018. V. 1.1. P. 5
2. Попов А. И., Кравченко С. Н., Дементьев Ю. Н., Кожура А. Г. Химические элементы плодов голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) семейства вересковые (*Ericaceae* juss.) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 2-1 (58). С. 22–29.
3. Снакина Т. И., Кукушкина Т. А. Изменчивость химического состава голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) в условиях интродукции // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 107–114
4. Кривошапкина Л. Г., Кривошапкина В. С., Кривошапкин И. М. Иллюстрированный определитель лекарственных растений Якутии. – Тверь : ИПК Парето-Принт, 2018. – 640 с.
5. Саввинов Д. Д. Прикладная экология севера, избранные труды. – Новосибирск: Наука, 2016. – 560 с.
6. Тяптиргянов М. М. Влияние каскада Вилюйской ГЭС на популяции рыб бассейна реки Вилюй // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2015. № 4 (48). С. 27–34.
7. Тяптиргянов М. М., Тяптиргянова В. М. Качественная оценка водной среды и биоты Вилюйского региона // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 1543–1561.
8. Апсолихова О. Д., Кириллов А. Ф. К эпизоотической ситуации по триэнофорозу рыб в условиях вилюйского водохранилища // Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства. 2018. С. 14–16.
9. Данилов П. П., Саввинов Г. Н., Петров А. А., Боескоров В. С. Природно-антропогенные изменения почвенного покрова Мирнинского горнопромышленного района // Горный журнал. 2017. № 3. С. 75–80.
10. Абрамов А. Ф. Состояние окружающей среды и качество продуктов питания // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № S3. С. 83.

References

1. Brian M. Barth. Therapeutic Effect of Blueberry Extracts for Acute Myeloid Leukemia // International Journal of Biopharmaceutical Sciences. 2018. V. 1.1. P. 5.
2. Popov A. I., Kravchenko S. N., Dementiev Yu. N., Kozhura A. G. Chemical elements of blueberry fruits (*Vaccinium uliginosum* L.) of the heather family (*Ericaceae* juss.) // Bulletin of Kemerovo State University. 2014. No. 2-1 (58). Pp. 22–29.

3. Snakina T. I., Kukushkina T. A. The variability of the chemical composition of marsh blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) under the introduction conditions // Chemistry of Plant Raw Materials. 2018. No. 3. Pp. 107–114.
4. Krivoshapkina L. G., Krivoshapkina V. S., Krivoshapkin I. M. Illustrated determinant of medicinal plants of Yakutia. – Tver : IPK Pareto-Print, 2018. – 640 p.
5. Savvinov D. D. Applied ecology of the north, selected works. – Novosibirsk : Nauka, 2016. – 560 p.
6. Tyaptirgyanov M. M. Influence of the cascade of the Vilyui Hydroelectric Power Station on the fish populations of the Vilyui River basin // Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov. 2015. No. 4 (48). Pp. 27–34.
7. Tyaptirgyanov M. M., Tyaptirgyanova V. M. Qualitative assessment of the aquatic environment and biota of the Vilyui region // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 118. Pp. 1543–1561.
8. Apsolikhova O. D., Kirillov A. F. On the epizootic situation on trienophoresis of fish in the conditions of the Vilyuisk reservoir // Topical issues of fisheries, fish farming (aquaculture) and environmental monitoring of aquatic ecosystems: proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Azov Fisheries Research Institute. 2018. Pp. 14–16.
9. Danilov P. P., Savvinov G. N., Petrov A. A., Boeskorov V. S. Natural and anthropogenic changes in the soil cover of the Mirnyi mining region // Mining Journal. 2017. No. 3. Pp. 75–80.
10. Abramov A. F. State of the environment and food quality // Nutrition issues. 2015. T. 84. No. S3. P. 83.