

Научная статья

УДК 581.192

DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-25-32

Изучение фитохимического состава органов растения *Heracleum sibiricum*, произрастающего на территории Кузбасса

В.А. Люц^{*1}, О.В. Козлова¹, Н.С. Величкович¹, Е.С. Миллер¹, Е.В. Остапова^{2,1}¹Кемеровский государственный университет, Россия, Кемерово²ФИЦ угля и углехимии Сибирского отделения РАН, Россия, Кемерово

*veronichkalutz@mail.ru

Аннотация. Исследовали количественный фитохимический состав надземных и подземных органов борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum*), произрастающего на территории Кемеровской области, с целью использования инвазивного вида в качестве новых источников биологически активных веществ с иммуномодулирующим действием. Объектами изучения стали листовая часть, корни, соцветия растения, собранные в вегетационный период 2023 года. Количественное определение токоферолов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием. Анализ содержания флавоноидов, антоцианинов и бетацианинов осуществляли на хроматографе с диодно-матричным и флуориметрическим детекторами. При выделении фитомеланинов использовали методику Л.А. Ивановой и соавт. при помощи щелочной экстракции. Анализ содержания микро- и макроэлементного состава проводили в условиях атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. В соцветиях, собранных в июле, зафиксировано наибольшее содержание токоферолов – 55,6 мг/100 г. Листья, собранные в то же время, отличаются высоким количеством флавоноидов – 2,3 г/100 г. Анализ пигментного состава показал, что антоцианы в преимуществе содержатся в соцветиях, абетацианины – в листьях. Максимальное содержание водорастворимых фитомеланинов так же зафиксировано в соцветиях. Исследование макро- и микроэлементного состава выявило наибольшее количество макроэлементов (Ca, Mg, Na, P и S) и микроэлементов (Al, B, Ba, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Si, Sr, Ti, Zn) в листьях, собранных в июне. В стеблях, собранных в июле, зафиксировано наибольшее количество K и Ba, Be, Cr. В соцветиях, собранных в тот же период, обнаружен Ni. Доказано, что выбор органа растения и времени его сбора зависит от конкретного биологически активного вещества и дальнейшего применения.

Ключевые слова: биотехнология; *Heracleum sibiricum*; метаболиты; токоферолы; флавоноиды; антоцианины и бетацианины; фитомеланины; минеральные вещества

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта № 23-16-00113 Российского научного фонда

Original article

Phytochemical composition of *Heracleum sibiricum* plant organs growing on the territory of Kuzbass

Veronika A. Lyuts^{*1}, Oksana V. Kozlova¹, Natalya S. Velichkovich¹, Ekaterina S. Miller¹, Elena V. Ostapova^{2,1}¹Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, *veronichkalutz@mail.ru²Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the RAS, Kemerovo, Russia

Abstract. The quantitative phytochemical composition of the aboveground and underground organs of a plant growing in the Kemerovo region, Siberian hogweed (*Heracleum sibiricum*), was studied in order to use the invasive species as new sources of biologically active substances with an immunomodulatory effect. The objects of the study were the foliage, roots, and inflorescences of *Heracleum sibiricum* harvested during the growing season of 2023. Quantitative determination of tocopherols was carried out by HPLC with fluorimetric detection. Analysis of the content of flavonoids, anthocyanins, and betacyanins was carried out on a chromatograph with a diode array detector and a fluorometric detector. Phytomelanins were isolated according to the method of L.A. Ivanova et al. using alkaline extraction. Analysis of the content of micro- and macroelement composition was carried out under conditions of atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma. The highest content of tocopherols was recorded in the inflorescences collected in July – 55.6 mg/100 g. Leaves collected in July 2023 have a high content of flavonoids – 2.3 g/100 g. Analysis of the pigment composition showed that anthocyanins are mainly contained in inflorescences, and betacyanins – in leaves. The maximum content of water-soluble phytomelanins was also observed in inflorescences. According to the results of the study of macro- and microelement composition, the highest amount of macroelements (Ca, Mg, Na, P and S) is observed in the leaves collected in June. The highest amount of potassium was recorded in the stems collected in July. Leaves collected in June have the highest content of microelements, such as Al, B, Ba, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Si, Sr, Ti, and Zn. The highest amount

of Ba, Be, Cr was recorded in the stems collected in July. Nickel was found in the inflorescences collected during the same period. Thus, the choice of plant organ and time of its collection depends on the specific biologically active substance and its further application.

Keywords: biotechnology; *Heracleum sibiricum*; metabolites; tocopherols; flavonoids; anthocyanins and betacyanins; phytomelanins; mineral elements

Financial Support. The work was supported by the grant no. 23-16-00113 of the Russian Science Foundation

Введение

Растительное сырье является важным источником таких полезных веществ, как минеральные вещества и витамины, органические кислоты, флавоноиды и полифенольные соединения, необходимые для стимуляции роста, повышения усвояемости кормов, эффективной борьбы с микробами, усиления противовоспалительного действия [1, 2]. В настоящее время поиск новых растений с высоким содержанием веществ, обладающих биоактивными свойствами и иммуномодулирующим действием, набирает все большую популярность, поскольку высокое содержание биологически активных веществ (БАВ) и понимание состава этих элементов в растительном сырье является потенциально ценными для использования в качестве кормовых добавок [3, 4].

В последние десятилетия наблюдается практически повсеместное распространение растений рода *Heracleum* L. [5]. Такие виды, как борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) и борщевик Мантегацци (*Heracleum mantegazzianu*) достаточно хорошо изучены учеными. Однако, в данном исследовании рассматривается борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum*), произрастающий на территории Кузбасса. Это крупное многолетнее травянистое растение из семейства зонтичных или сельдерейных высотой более метра [1, 4], используемое в традиционной медицине в качестве антисептического, противовоспалительного и успокаивающего средства [5].

В клинических испытаниях *Heracleum* успешно применяется для лечения псориаза, витилиго, а также оказывает ветрогонное, желудочное, обезболивающее и противосудорожное действие за счет содержания в нем кумариновых и фуранокумариновых соединений [7], которые подробно описаны в научной литературе [1, 7–9]. В своей работе Dragoljub L. Miladinovic и соавт. изучили химический состав эфирного масла из надземной части растения, где было идентифицировано 46 соединений, что составило 95,12% от общего количества масла [10].

Борщевик сибирский распространен повсеместно и является опасным инвазивным растением, подвергающимся уничтожению [11]. Однако борьба с ним затруднена из-за содержания токсических веществ – алкалоидов, тритерпеновых сапонинов, фуранокумаринов [12]. В то же время, несмотря на опасные свойства, растение перспективно для использования в разных отраслях промышленности за счет высокой скорости размножения, обильной биомассы, способности к адаптации. Поскольку *Heracleum sibiricum* недостаточно изучен [11], целесообразно исследовать его потенциал как источника биологически активных веществ в интересах развития сельского хозяйства [1, 11] прежде, чем переходить к тотальному уничтожению.

В контексте поиска новых источников БАВ с иммуномодулирующим действием изучение борщевика сибирского представляет особый интерес, поскольку он содержит большое количество полисахаридов, флавоноидов, терпеноидов и других компонентов, способствующих здоровью животных и человека [13, 14]. Исследование состава и свойств БАВ *Heracleum sibiricum* на территории Кемеровской области, характеризующейся уникальными климатическими и почвенными условиями, позволит расширить данные о его потенциале и разрабатывать новые эффективные кормовые добавки.

Несмотря на то, что борщевик сибирский распространен не только на территории Кузбасса, количественный анализ содержания биологически активных веществ в растении до сих пор проведен не был. В научной литературе рассмотрены способы борьбы с борщевиком, химический состав масла, неполный химический состав после экстракции борщевика, но данные о количественном содержании биоактивных компонентов в разных органах растения отсутствуют. В связи с этим изучение фитохимического состава борщевика сибирского, его БАВ, имеет научный и практический интерес.

Цель данного исследования – количественно определить фитохимический состав органов растения *Heracleum sibiricum*, произрастающего на территории Кемеровской области. Для этого решались следующие задачи:

- количественно определить содержание токоферолов;
- количественно определить содержание флавоноидов, антоцианинов и бетацианинов;
- определить массу остатка растворимого при рН 1,0, а также количественное содержание водорастворимых меланинов;
- определить микро- и макроэлементный состав борщевика сибирского и его количество.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступили листовая часть, корни, соцветия *Heracleum sibiricum*, собранные в вегетационный период 2023 года в Топкинском муниципальном округе, д. Пугачи, д. Журавли Кемеровской области. Сбор, заготовка, переработка и хранение органов борщевика осуществлялись согласно решению Совета Евразийской экономической комиссии от 26 января 2018 года.

Анализ содержания токоферолов проводили согласно ГОСТ EN 12822-2014 Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и в соответствии с руководством по методам контроля качества и безопасности БАД к пище Р-4.1.1672-03.

Анализ содержания флавоноидов, антоцианинов и бетацианинов осуществляли в соответствии с руководством по методам контроля качества и безопасности БАД к пище Р-4.1.1672-03.

Разделение веществ проводили на хроматографе LC-20 Prominence Shimadzu с диодно-матричным детектором Shimadzu SPD20МА и флюорометрическим детектором RF-20АХS (Shimadzu, Япония). Опорная длина волны 254 нм. Использовали хроматографическую колонку 5 мкм С18, 110 А, 250×4,6 мм (Gemini, США), объем инъекции 20 мкл. Температура колонки 40°С.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерной программы Microsoft® Excel с диапазоном погрешности ±0,5%. Количественное содержание токоферолов определяли методом абсолютной градуировки с использованием стандарта α -токоферола; количественное содержание флавоноидов – методом абсолютной градуировки с использованием стандарта рутин (Sigma-Aldrich); количественное содержание антоцианидинов и бетацианинов – методом абсолютной градуировки с использованием стандарта дельфинидина и бетанина.

Выделение фитомеланинов осуществляли по методике Ивановой Л.А. и соавт. Для этого точную навеску растительного образца массой 2,0 г обрабатывали 0,25М раствором натрия гидроксида, выдерживая суспензию при температуре (120 ±1)°С в течение 1 ч. Полученный экстракт подкисляли раствором хлористоводородной кислоты до рН 1,0, помещали в холодильную камеру при 4°С на 30 мин, образовавшийся осадок отделяли центрифугированием при 7000 об./мин в течение 10 мин, полученный осадок нейтрализовали и сушили при 105°С до остаточной влажности 6%. Надосадочную жидкость образцов нейтрализовали и сушили до постоянной массы остаточной влажности 6% [15].

Анализ содержания микро- и макроэлементного состава проводили в условиях атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с применением атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой ISP-AES 9820 (Shimadzu, Япония). Перед проведением анализа образцы подвергались пробоподготовке в условиях микроволновой станции минерализации TOPEX+ (PreeKem Ltd., Китай) в соответствии с МУ 4.1.1482-03, ОФС.1.5.3.0009.15.

Точную навеску массой 0,2 г образца помещали в полимерную емкость из тетрафторэтилена (PTFE) для минерализации, затем добавляли 4 мл 68%-й HNO₃. Процедуру минерализации проводили в два этапа:

- 1) при температуре 150°С и давлении 1,82 МПа с нагревом в течение 4 мин, экспозицией 5 мин;
- 2) при температуре 180°С и давлении 2,2 МПа с нагревом в течение 1 мин и экспозицией 4 мин.

Охлажденные образцы фильтровали через фильтр «желтая лента» в полиэтиленовую пробирку объемом 10 мл и разбавляли водой деионизированной (1:10) в пластиковой пробирке перед дальнейшим анализом. Спектры регистрировались на приборе ISP-AES 9820 (Shimadzu, Япония) в условиях ОФС 1.2.1.1.0017. Регистрация пламени – аксиальная.

Результаты и их обсуждения

В результате проведенного исследования, представленного на рисунке 1, установлено, что содержание токоферолов варьируется в зависимости от времени сбора и части растения.

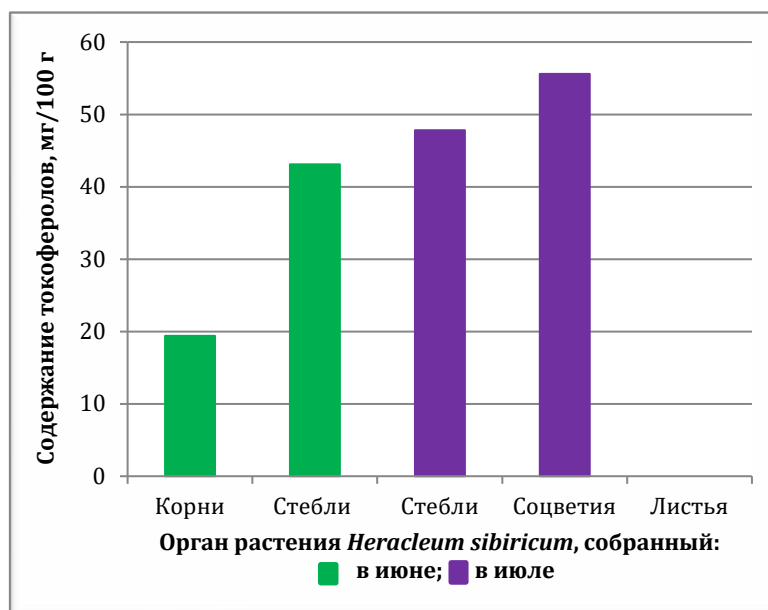


Рисунок 1 – Содержание токоферолов в органах борщевика сибирского
Figure 1. Tocopherols content in organs of Siberian hogweed

Максимальная концентрация токоферолов составляет $55,6 \pm 0,7$ мг/100 г, что соответствует содержанию токоферола в соцветиях, собранных в июле. Количественное содержание витамина Е в стеблях, собранных в июле, выше, чем в стеблях, сбор которых осуществлялся в июне 2023. В корнях, собранных в июне, содержание токоферолов составило $19,4 \pm 0,5$ мг/100 г. В листьях борщевика, собранных в то же время, витамин Е обнаружен не был.

Так, содержание токоферолов, собранных в июле, выше на 4,7 мг/100 г, чем в стеблях, сбор которых осуществлялся в июне, так как накопление токоферолов происходит в течение всего периода цветения–созревание семян.

Результаты содержания суммарного количества флавоноидов в соцветиях, стеблях и листьях борщевика сибирского представлены на рисунке 2.

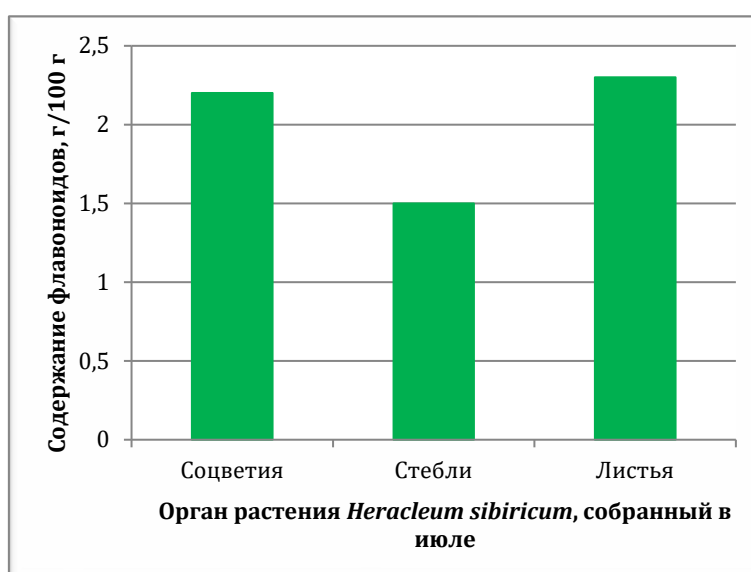


Рисунок 2 – Содержание суммарного количества флавоноидов в органах борщевика сибирского
Figure 2. Content of total flavonoids in organs of Siberian hogweed

Наибольшее содержание суммарного количества флавоноидов обнаружено в листьях борщевика сибирского и составило $2,30 \pm 0,07$ г/100 г.; в соцветиях и стеблях – $2,20 \pm 0,06$ и $1,50 \pm 0,04$ г/100 г соответственно. Сбор всех образцов проводили в июле 2023 года.

Исходя из результатов анализа содержания антоцианов и бетацианинов в *Heracleum sibiricum*, собранном в июле (рисунок 3), наибольшее количество антоцианидинов выявлено в соцветиях и составляет $0,0442 \pm 0,0023$ мг/г; наибольшая масса бетацианинов – $0,201 \pm 0,006$ мг/г обнаружена в листьях растения; в стеблях содержание пигментов оказалось самым низким.

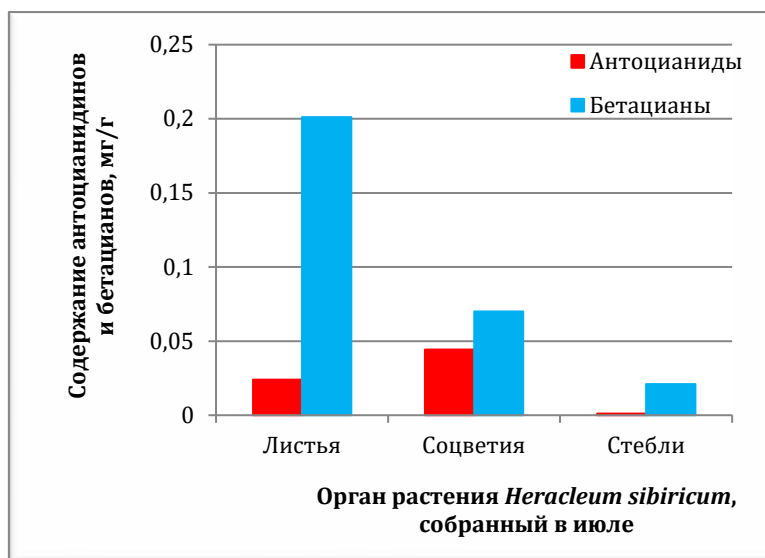


Рисунок 3 – Содержание антоцианов и бетацианинов в борщевике сибирском
 Figure 3. Contents of anthocyanins and betacyanins in Siberian hogweed

Для анализа фитомеланинов использовались листья, соцветия и стебли борщевика сибирского, заготовленные в июле 2023 года. Масса остатка растворимого при pH 1,0, а также количественное содержание водорастворимых меланинов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа фитомеланинов
 Table 1. Results of phytomelanin analysis

Наименование органа растения	Масса фитомеланина, г	Масса остатка растворимого при pH 1,0
листья	$0,0496 \pm 0,0014$	0,625
соцветия	$0,0587 \pm 0,0017$	0,193
стебли	$0,0312 \pm 0,0014$	0,341

В соцветиях растения установлен максимальный выход водорастворимых фитомеланинов, составляющий $0,0587 \pm 0,0017$ г.; в листьях содержится $0,0496 \pm 0,0014$ г меланинов; в стеблях обнаружен минимальный выход данного вещества, который составил $0,0312 \pm 0,0014$ г.

По результатам анализа элементного состава, определяемого в условиях атомно-эмиссионной спектроскопии, выявлено содержание микро- и макроэлементов в образцах борщевика сибирского, погрешность которых не превышает 4% (таблица 2 и 3).

Таблица 2. Содержание макроэлементов в образцах борщевика сибирского
 Table 2. Content of macronutrients in samples of Siberian hogweed

Элемент, мг/100 г	Борщевик сибирский, собранный				
	в июне			в июле	
	корни	листья	стебли	соцветия	
Ca	2	6,4	0,93	8,3	3,5
K	6,01	26	4,6	33	6,8
Mg	1,9	15	0,56	3,8	6,8
Na	0,58	5,58	0,212	1,9	1,1
P	0,584	6,61	0,173	2,6	1,5
S	0,67	8,2	0,23	2,8	2,8

Таблица 3. Содержание микроэлементов в образцах борщевика сибирского
Table 3. Content of micronutrients in samples of Siberian hogweed

Элемент, мкг / 100г	Борщевик сибирский, собранный				
	в июне			в июле	
	корни	листья	стебли	соцветия	
Al	–	240	–	–	–
B	7,0	34	3,0	22	16
Ba	5,8	7,0	0,92	12	3,7
Be	–	–	–	0,80	0,79
Cr	12	–	–	14	13
Cu	–	90	–	–	27
Fe	1200	5077	205	1300	250
Li	0,73	1,2	0,56	0,66	4,4
Mn	7,1	140	2,3	39	66
Mo	–	97	–	–	–
Ni	–	–	–	14	27
Si	67	410	14	52	63
Sn	120	–	56	–	–
Sr	3,7	8,7	1,3	7,8	2,0
Ti	2,5	6,3	1,6	3,8	2,4
Zn	17	160	5,4	41	21

В составе корней борщевика, собранных июне, содержатся макроэлементы Ca, K, Mg, Na, P и S, а также микроэлементы B, Ba, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Si, Sn, Sr, Ti, Zn. Микроэлементы Al, Be, Co, Mo и Th отсутствуют.

В составе стеблей борщевика, собранных июне, содержатся макроэлементы Ca, K, Mg, Na, P, S и микроэлементы B, Ba, Fe, Li, Mn, Si, Sn, Sr, Ti, Zn. Количественное содержание всех минеральных веществ минимально в сравнении с другими образцами; микроэлементы Al, Be, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Th отсутствуют.

В составе листьев борщевика, собранных июне, содержатся макроэлементы Ca, K, Mg, Na, P и S, а также микроэлементы Al, B, Ba, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Si, Sr, Ti, Zn. Количественное содержание всех минеральных веществ (кроме макроэлементов Ca, K и микроэлемента Li) достигает максимума в сравнении с другими образцами. Отсутствуют микроэлементы Be, Co, Cr, Ni, Th и Sn.

В составе соцветий борщевика, собранных июле, содержатся макроэлементы Ca, K, Mg, Na, P, S и микроэлементы B, Ba, Be, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Si, Sr, Ti, Zn. В данном образце обнаружено максимальное содержание Li – 4,4 ± 0,1 мкг/100г и отсутствие микроэлементов Al, Co, Mo, Th и Sn.

В составе стеблей борщевика, собранных в июле, содержатся макроэлементы Ca, K, Mg, Na, P, S и микроэлементы B, Ba, Be, Cr, Fe, Li, Mn, Ni, Si, Sr, Ti, Zn. В данном образце отмечено наибольшее количество макроэлементов Ca и K, составляющих 8300 мкг/100 г и 33000 мкг/100 г соответственно. Отсутствуют микроэлементы Al, Co, Cu, Mo, Th и Sn. По сравнению со стеблями, собранными в июне, минеральный состав данных образцов увеличивается в несколько раз, так как макро- и микроэлементы, накапливаются у растения в течение всего вегетационного периода в зависимости от роста и созревания.

Микроэлементы Co и Th не были обнаружены ни в одном из образцов.

Заключение

Результаты исследований показывают важность изучения инвазивных растений как потенциальных источников ценных биологически активных веществ для различных отраслей промышленности, включая животноводство. Несмотря на то, что борщевик сибирский содержит фуранокумарины около 2,45% в пересчете на абсолютно сухое сырье, он обладает уникальными свойствами, которые могут стать перспективными разработками в различных отраслях:

- в фармацевтической отрасли в качестве сырья для получения фотосенсибилизаторов, которые используют в лечении различных заболеваний, включая новообразования;
- в животноводстве и пищевой промышленности в качестве сырья для производства кормовой добавки, употребление которой требует тщательной регламентации и контроля дозировки для минимизации рисков, связанных с токсичностью растения.

Так, содержание токоферолов в *Heracleum sibiricum* превышает суточную потребность взрослого человека, соответствующую 15 мг, согласно рекомендациям Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Несмотря на высокое содержание витамина Е борщевик может обеспечить лишь 1/12 суточной потребности крупного рогатого скота (КРС) в этом витамине. Исходя из результатов исследования, растение содержит 2300 мг флавоноидов на 100 г, что согласно МР 2.3.1.2432-08, значительно превышает рекомендуемый суточный уровень потребления (250 мг/сут) для человека. Соответственно можно сделать вывод, что борщевик сибирский обладает значительным потенциалом в качестве источника флавоноидов для использования в пищевой промышленности. Растение содержит низкое количество антоцианов (0,0442 мг) при рекомендуемом потреблении для человека 200 мг/сут, следовательно, данный вид растения не является значимым источником антоцианов. Показатели потребности в бетацианинах и фитомеланинах пока не установлены, поэтому оценить значение борщевика в качестве источника этих веществ невозможно. Несмотря на то, что борщевик содержит некоторые макроэлементы, важные для сельскохозяйственных животных, их содержание значительно ниже рекомендованных норм. Например, в 100 г борщевика содержится 8,3 мг кальция, в то время как для КРС массой 400 кг рекомендуемая суточная норма составляет 16 г. Такая же ситуация наблюдается и с другими макроэлементами. Кроме того, в растении установлено низкое содержание марганца, хрома, меди, железа, лития, молибдена; не обнаружено превышение максимально допустимого уровня микроэлементов Ni и Sr. Содержание алюминия, бора, бериллия, кремния, олова и титана в кормах для крупного рогатого скота не регламентируется.

Исследование фитохимического состава различных органов борщевика сибирского, собранных в вегетационный период на территории Кузбасса, выявило значительные различия в содержании БАВ. Что связано с функциональной специализацией органов растения, а также перераспределением биосинтетических процессов в зависимости от онтогенеза и условий окружающей среды.

Так, в зависимости от конкретного биологически активного вещества и дальнейшего применения следует выбирать орган растения и время его сбора. Например, для максимального выхода токоферолов целесообразно использовать соцветия, собранные в июле, в то время как листья, собранные в июне, будут богаты микро- и макроэлементами. Представление о биохимических особенностях борщевика сибирского позволяет оптимизировать заготовку сырья с учетом его потенциального применения в качестве источника ценных биологически активных веществ.

Литература

1. Люц В.А. Качественное и количественное определение кумаринов в листовой части Борщевика Сибирского (*Heracleum Sibiricum* L.) // Кузбасс: образование, наука, инновации: сб. тр. Кемерово: КемГУ, 2024. С. 143–146.
2. Меднова В.В., Ляшук А.Р., Буяров В.С. Использование фитобиотиков в животноводстве (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 1. С. 11–16.
3. Васфилова Е.С., Воробьева Т.А. Лекарственные растения – перспективные источники сырья для препаратов иммуномодулирующего действия // Фармация и общественное здоровье: сб. тр. Екатеринбург: Изд-во Уральской гос. мед. акад., 2011. С. 69–70.
4. Попович С.О., Гринец Л.В. Борщевик Сибирский // Молодежь и наука. 2023. № 5. С. 58–63.
5. Куренкова Е.М., Стародубцева А.М. Растения рода *Heracleum* L. на сенокосах и пастбищах лесной зоны европейской части России // Кормопроизводство. 2018. № 5. С. 15–26. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.13026
6. Замятина Н. Мой друг Борщевик // Наука и жизнь. 2009. № 7.
7. Hosseinzadeh Z., Ramazani A., Razzaghi-Asl N. Plants of the genus *Heracleum* as a source of coumarin and furanocoumarin. *Journal of Chemical Reviews*. 2019, V. 1, no. 2, pp. 78–98. DOI: 10.33945/SAMI/JCR.2019.1.7898
8. Печёнкина А.Л. Химико-аналитическое определение биологически активных веществ плодов Борщевика сибирского // Молодежь и наука: сб. тр. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014.
9. Bogucka-Kocka A., Krzaczek T. The furanocoumarins in the roots of *Heracleum sibiricum* L. *Acta Pol Pharm*. 2003, V. 60, no. 5, pp. 391–393.
10. Miladinović D.L., Ilić B.S., Mihajlov-Krstev T.M., Nikolić D.M., Cvetković O.G., Marković M.S., Miladinović L.C. Antibacterial activity of the essential oil of *Heracleum sibiricum*. *Nat Prod Commun*. 2013, V. 8, no. 9, pp. 1309–1311. DOI: 10.1177/1934578X1300800931
11. Люц В.А., Величкович Н.С. Исследования биологически активных веществ экстракта из листовой части Борщевика Сибирского (*Heracleum sibiricum* L.) // Пищевые здоровьесберегающие технологии: сб. тез. Кемерово: КемГУ, 2023. С. 80–82.
12. Орлин Н.А. Об извлечении кумаринов из Борщевика // Успехи современного естествознания. 2010. № 3. С. 13–14.

13. Попова Г.М., Нуржанов Б.С., Дускаев Г.К. О возможностях использования фитобиотических добавок в рационах сельскохозяйственных животных // Животноводство и кормопроизводство. 2023. № 2. С. 152–175. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-152
14. Луговкин М.А., Дымнич Т.М. Быть или не быть «Борщелэнду» // Юный ученый. 2018. № 3. С. 99–103.
15. Иванова Л.А., Фоменко И.А., Сергеева Д.А., Чурмасова Л.А., Кабаржан Ж.К. Разработка технологии получения фитомеланинов из отходов масличного // Health, Food & Biotechnology. 2019. № 2. С. 136–146. DOI: 10.36107/hfb.2019.i2.s245

References

1. Lutz V.A. Qualitative and quantitative determination of coumarins in the leaf part of siberian hogweed (*Heracleum sibiricum* L.). Kuzbass: obrazovanie, nauka, innovatsii. *Collection of Works*. Kemerovo, Kemerovo State University Publ., 2024. pp. 143–146. (In Russian)
2. Mednova V.V., Lyashuk A.R., Buyarov V.S. The use of phytobiotics in livestock (review). *Biology in Agriculture*. 2021, no. 1, pp. 11–16. (In Russian)
3. Vasilova E.S., Vorobyova T.A. Medicinal plants – a promising source of drugs with immunomodulatory action. Pharmacy and public health. *Collection of Works*. Ekaterinburg, Ural State Medical Academy Publ., 2011. pp. 69–70. (In Russian)
4. Popovich S.O., Grinets L.V. Usage Siberian Hogweed. *Molodezh' i Nauka*. 2023, no. 5, pp. 58–63. (In Russian)
5. Kurenkova E.M., Starodubtseva A.M. *Heracleum* L. species in hayfields and pastures of the forest zone in European Russia. *Kormoproizvodstvo*. 2018, no. 5, pp. 15–26. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.13026. (In Russian)
6. Zamyatina N. My friend Borshchevik. *Nauka i Zhizn'*. 2009, no. 7. (In Russian)
7. Hosseinzadeh Z., Ramazani A., Razzaghi-Asl N. Plants of the genus *Heracleum* as a source of coumarin and furanocoumarin. *Journal of Chemical Reviews*. 2019, V. 1, no. 2, pp. 78–98. DOI: 10.33945/SAMI/JCR.2019.1.7898
8. Pechenkina, A. L. Chemical-analytical determination of biologically active substances of the fruits of *Heracleum sibiricum*. *Youth and Science. Collection of Works*. Krasnoyarsk, Siberian Federal University Publ., 2014. (In Russian)
9. Bogucka-Kocka A., Krzaczek T. The furanocoumarins in the roots of *Heracleum sibiricum* L. *Acta Pol Pharm*. 2003, V. 60, no. 5, pp. 391–393.
10. Miladinović D.L., Ilić B.S., Mihajilov-Krstev T.M., Nikolić D.M., Cvetković O.G., Marković M.S., Miladinović L.C. Antibacterial activity of the essential oil of *Heracleum sibiricum*. *Nat Prod Commun*. 2013, V. 8, no. 9, pp. 1309–1311. DOI: 10.1177/1934578X1300800931
11. Lutz V.A., Velichkovich N.S. Studies of biologically active substances of extract from the leaf part of Siberian hogweed (*Heracleum sibiricum* L.). Food health-saving technologies. *Collection of Works*. Kemerovo, Kemerovo State University Publ., 2023. pp. 80–82. (In Russian)
12. Orlin N.A. On the extraction of coumarins from Hogweed. *Advances in Modern Natural Science*. 2010. no. 3, pp. 13–14. (In Russian)
13. Popova G.M., Nurzhanov B.S., Duskaev G.K. Features of the possibility of using phytobiotic recommendations in the diets of farm animals. *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023. no. 2, pp. 152–175. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-152. (In Russian)
14. Lugovkin M.A., Dymnich T.M. To be or not to be "Borscheland". *Young Scientist*. 2018. no. 3, pp. 99–103. (In Russian)
15. Ivanova L.A., Fomenko I.A., Sergeeva D.A., Churmasova L.A., Kabarzhan J.K. Development of technology for producing phytomelanins on waste oil production. *Health, Food & Biotechnology*. 2019. no. 2, pp. 136–146. DOI: 10.36107/hfb.2019.i2.s245. (In Russian)

Информация об авторах

Вероника Андреевна Люц – магистрант Технологического института пищевой промышленности
Оксана Васильевна Козлова – д-р техн. наук, доцент, профессор Технологического института пищевой промышленности
Наталья Сергеевна Величкович – канд. техн. наук, доцент, доцент Технологического института пищевой промышленности
Екатерина Сергеевна Миллер – канд. техн. наук, доцент Технологического института пищевой промышленности
Елена Владимировна Остапова – д-р хим. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института углехимии и химического материаловедения

Information about the authors

Veronika A. Lyuts, Undergraduate Student of the Institute of Food Technology
Oksana V. Kozlova, D. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Institute of Food Technology
Natalya S. Velichkovich, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Food Technology
Ekaterina S. Miller, Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Institute of Food Technology
Elena V. Ostapova, D. Sci. (Chem.), Professor, Leading Researcher of the Institute of Coal Chemistry and Material Science

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 30.08.2024
Одобрена после рецензирования 12.11.2024
Принята к публикации 14.11.2024

The article was submitted 30.08.2024
Approved after reviewing 12.11.2024
Accepted for publication 14.11.2024