

УДК 581.547

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В СЫРЬЕ *PETASITES JAPONICUS* (SIEBOLD&ZUCC.) MAXIM.

© О.Г. Зорикова^{1,2*}, С.В. Журавлева³, Т.М. Бойцова^{2,3}, А.Ю. Маняхин^{1,2}

¹Горнотаежная станция им. В.Л. Комарова ДВО РАН, ул. Солнечная, 26,
пос. Горнотаежное, Приморский край, 692533 (Россия), e-mail: dvogtslmp@mail.ru

²Научно-образовательный центр экологии, Владивостокский
государственный университет экономики и сервиса, ул. Гоголя, 41,
Владивосток, 690014 (Россия)

³Дальневосточный федеральный университет, ул. Суханова, 8,
Владивосток, 690950 (Россия)

Полисахариды являются одним из важнейших классов биополимеров наряду с нуклеиновыми кислотами и белками. Полисахариды, или углеводсодержащие биополимеры, играют разнообразную роль в природе и в живом организме, составляя основную массу органического вещества биосферы. Для водорастворимых полисахаридов характерен широкий спектр биологической активности: гепатопротекторное, антигипоксическое, сорбционное, иммуномодулирующее, гипополипидемическое, противовоспалительное действия, выявлены противоопухолевые свойства, доказан их пребиотический эффект.

Одним из перспективных видов с точки зрения получения биологически активных веществ, в частности водорастворимых полисахаридов, является *Petasites japonicus* (Siebold&Zucc.) Maxim (*Asteraceae*), растение, характеризующееся быстрым ростом и большой биомассой. В Японии *P. japonicus* издавна активно употребляется в пищу.

В статье приведены результаты исследования динамики накопления водорастворимых полисахаридов в различных органах *Petasites japonicus* (Siebold&Zucc.) Maxim, заготовленного в Холмском районе Сахалинской области в различные фазы вегетации. Показано, что сырье *P. japonicus*, произрастающего на о. Сахалин, содержит значимое количество водорастворимых полисахаридов. Установлено, что основными органами накопления водорастворимых полисахаридов являются корни и листья. Максимальное содержание водорастворимых полисахаридов в сырье *Petasites japonicus* для корней приходится на август (17,4%), для листьев – май (5,4%), для черешков – июль (4,4%).

Ключевые слова: водорастворимые полисахариды, *Petasites japonicus*.

Введение

Сложный комплекс химических соединений, содержащихся в растениях, как правило, проявляет широкий спектр биологической активности, оказывая многостороннее действие на организм человека. В частности, для водорастворимых полисахаридов установлены гепатопротекторные, антигипоксические, сорбционные свойства, упомянутые соединения проявляют также иммуномодулирующие, гипополипидемические, противовоспалительные свойства, оказывают противоопухолевое действие, доказано их пребиотическое действие [1–3]. Полисахариды нетоксичны, обладают выраженной биологической активностью и могут быть использованы при изготовлении продуктов функционального питания.

Постоянно возрастающая потребность общества в биологически активных веществах, широко ис-

Зорикова Ольга Геннадиевна – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: dvogtslmp@mail.ru

Журавлева Светлана Валериевна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: zhursvet@mail.ru

Бойцова Татьяна Марьяновна – директор центра, доктор технических наук, профессор, e-mail: tatyana.boytsova@vvsu.ru

Маняхин Артем Юрьевич – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: mau84@mail.ru

пользуемых в медицине, фармакологической и пищевой отраслях обуславливает поиск новых источников их получения.

Одним из перспективных видов с точки зрения получения биологически активных веществ, в частности водорастворимых полисахаридов, является *Petasites japonicus* (Siebold&Zucc.) Maxim (*Asteraceae*) (syn. *Nardosmia japonica* Siebold&Zucc., *N. japonica* Sieb ex Sieb ex Zucco., *N. japonica* subsp.

* Автор, с которым следует вести переписку.

japonica, *P. albus* A.Gray, *P. japonicus* var. *japonicus*, *P. japonicus* subsp. *japonicus*, *P. liukiensis* Kitam., *P. spurius* Miq., *Tussilago petasites* Thunb.) [4].

Интерес к роду *Petasites* возник после выделения из корневищ *P. hybridus* L. (syn. *P. hybridus* subsp. *georgicus* (Manden) Toman) петасина, изопетасина относящихся к сесквитерпеновым углеводородам, и двух петазоловых эфиров [5].

P. japonicus – многолетнее травянистое корневищное двудомное растение из рода *Petasites* Mill., сем. *Asteraceae*. Род *Petasites* содержит около 20 видов, которые широко распространены во всей Европе, северной части Азии и Северной Америке. Природный ареал *P. japonicus* занимает территории п-ова Корея, Северного Китая, Японии. В России Белокопытник японский произрастает на Курильских островах и острове Сахалин. Места обитания приурочены к влажным лесам, зарослям и землям вдоль ручьев, часто встречается вдоль дорог и троп, на пастбищах [3].

Для растений этого вида характерны самые крупные листья не только среди рода *Petasites*, но и среди всех растений семейства *Asteraceae*: листья черешковые, длина черешка может достигать 200 см, поперечник – 5 см. Черешки ребристые, опушенные. Ширина листовой пластинки может доходить в поперечнике до 150 см, листья почковидные или сердцевидные, голые и темно-зеленые сверху, опушенные снизу. Край листа выемчато-зубчатый или выемчато-слегка зубчатый. Корневище достигает 1–2,5 см в диаметре. Бледно-желтые шаровидные соцветия появляются раньше крупных тарелковидных листьев – в начале мая.

В Японии *P. japonicus* активно употребляется в пищу. При этом используют как дикорастущие популяции, так специально культивируемые растения. Районами возделывания этого растения в Японии являются префектуры Осака и Айти, где выращивают *P. japonicus*. Растение отличается быстрым ростом и высокой урожайностью. Современные технологии возделывания позволяют собирать урожай данной культуры с октября по май. Дикорастущие растения собирают, как правило, ранней весной. В пищу используют черешки, которые несколько минут бланшируют в кипящей воде и затем быстро охлаждают, что позволяет смягчить черешок и удалить эпидермис, после чего они используются как полуфабрикат при производстве соленой и маринованной продукции, варений, цукатов, консервов, блюд общественного питания.

P. japonicus стал первым видом среди рода *Petasites*, для которого были доказаны противовоспалительные и противоаллергические свойства его отдельных компонентов. В настоящее время вид активно изучается представителями мирового научного сообщества [6, 7], но исследований сырья популяций российского ареала этого вида нами в доступной литературе не обнаружено.

Целью настоящей работы является изучение динамики накопления водорастворимых полисахаридов в органах *P. japonicus* в течение вегетационного цикла.

Экспериментальная часть

Объектом исследования является воздушно-сухое сырье *P. japonicus*, заготовленное в Холмском районе Сахалинской области в различные фазы вегетации растения. Пробы сырья различных органов (лист, черешок, корень) отбирали во второй декаде месяца в период с мая по сентябрь 2014 г. Сушку сырья проводили воздушно-теневым методом с последующим досушиванием до 12% влажности с помощью конвективной электросушки при 40 °С.

Для получения комплекса водорастворимых полисахаридов (ВРПС) использовали воздушно-сухой шрот сырья после предварительной экстракции полифенольных соединений. Для выделения фенольных соединений использовали сухое растительное сырье, измельченное в порошок с частицами не более 1 мм. Извлечение суммы фенольных соединений проводили 70% этанолом при соотношении сырье – экстрагент 1 : 20. Экстрагирование вели при 75 °С с обратным холодильником в течение 3 ч. Навеску из 5 г воздушно-сухого шрота экстрагировали 100 мл воды при температуре 95 °С в течение 1 ч при постоянном перемешивании. Исчерпывающее извлечение полисахаридов проводили дважды. Предварительные работы показали, что при дальнейшем наращивании кратности извлечений содержание ВРПС в экстракте не превышало 1%, отчего на данном этапе исследования показатели не были приняты во внимание.

Растительный материал отделяли центрифугированием, а объединенные экстракты упаривали на водяной бане при 80 °С до $\frac{1}{5}$ первоначального объема. Полисахариды осаждали трехкратным (по отношению к извлечению) объемом 96% этилового спирта при комнатной температуре. Осадок отделяли вакуумной фильтрацией через предварительно высушенный и взвешенный беззольный бумажный фильтр, промывали этиловым спиртом и ацетоном. Далее фильтр с осадком высушивали на воздухе, а затем при температуре от 100 до 105 °С до постоянной массы [8].

Обсуждение результатов

Анализ динамики накопления ВРПС в сырье *P. japonicus* в течение вегетационного периода представлен на рисунке.

В начале вегетационного периода отмечается максимум содержания соединений в сырье листьев – 5,41%, сравнительно низкий уровень накопления в сырье черешков (1,71%) и корней (3,03%). В начальный период развития растений идет активное нарастание пластинки листа, и метаболиты, в том числе в значительной мере полисахариды, не экспортируются, а используются в строительстве листовых структур. Предположительно, этим объясняется наблюдаемое соотношение содержания ВРПС в органах.

В течение дальнейшей вегетации наблюдалось снижение уровня ВРПС в листьях до минимума – 1,1% в июле, видимо, в этот период, после формирования фотосинтезирующих органов, идет интенсивный транспорт ассимилятов из листьев к потребляющим структурам, что, возможно, объясняет максимальное (4,38%) содержание ВРПС в органах, обеспечивающих проводящие функции.

Далее по сезону накопление ВРПС в листьях и черешках отличается разнонаправленностью: к октябрю количество полисахаридов в листьях плавно возрастает до 4,76%, в черешках снижается до 0,2% в августе и к концу вегетационного сезона достигает уровня 0,1%.

Содержание ВРПС в сырье корней *P. japonicus* имеет более сложную динамику: первый небольшой максимум в июне – 4,38%, что, возможно, объясняется активным ростом корневых структур после достаточного прогрева почвы, и второй значительный максимум накопления – 17,43% в августе, с некоторым (до 9,7%) снижением к сентябрю. Запасание ВРПС в зимующих органах к концу вегетации и снижение уровня в отмирающих отмечается для многих растений [9, 10], аналогичное явление наблюдается и для *P. japonicus*.

Проведенные исследования позволили установить периоды наибольшего содержания ВРПС в сырье различных органов *P. japonicus*, произрастающего на территории РФ, при этом можно отметить, что максимум полисахаридов в сырье корня более чем в 3 раза превосходит аналогичный показатель в сырье листьев и практически в 4 раза (3,97) – в сырье черешков.

Полученные результаты позволяют установить научно обоснованные сроки заготовки сырья.

Выводы

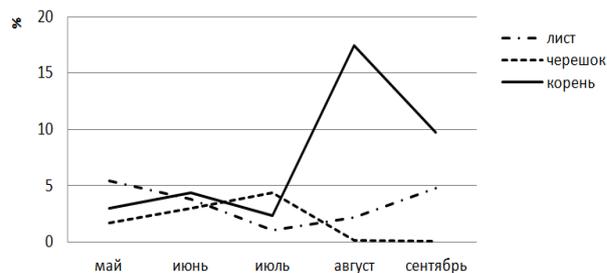
Изучена сезонная динамика содержания ВРПС в органах *Petasites japonicus* в различные фазы вегетации.

Накопление ВРПС в органах *Petasites japonicus* является динамическим процессом. Выявленные сезонные изменения количественного содержания предположительно зависят от функций, выполняемых исследуемой группой соединений.

Установлено, что максимальное количество ВРПС содержится в листьях *Petasites japonicus*, произрастающего на о. Сахалин, в мае; в черешках – в июле; в корне – в августе.

Список литературы

1. Лысенко Т.А., Ивашев М.Н., Сепп А.Н., Зацепина Е.Е. Биологическая активность комплекса водорастворимых полисахаридов из наземной части гибискуса тройчатого // Международный журнал экспериментального образования. 2012. №12-1. С. 103–104.
2. Сафонова Е.А., Лопатина К.А., Федорова Е.П. Водорастворимые полисахариды мать-и-мачехи обыкновенной и айры болотного как корректоры гематотоксического эффекта паклитаксела // Сибирский онкологический журнал. 2009. Приложение № 1. С. 172–173.
3. Iwamoto Y. Breeding of *Japanese butterbur* (*Petasites japonicus*) by using flowerhead culture // Plant biotechnology. 2009. Vol. 26. Pp. 189–196.
4. The plant list A working list of all plant species (2012). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/gcc-121974>
5. Grossman W., Schmidramsl H. An extract of *Petasites hybridus* is effective in the prophylaxis of migraine // Altern Med Rev. 2001. Vol. 6. Pp. 303–310.
6. Chemical Information Review Document for Butterbur (*Petasites hybridus*, ext.) [CAS No. 90082-63-6] Supporting Nomination for Toxicological Evaluation by the National Toxicology Program, 2009. 33 p.



Динамика содержания водорастворимых полисахаридов в различных частях *P. japonicus* (ордината – ВРПС в суховоздушном сырье, %; абсцисса – период отбора проб)

7. James V. Gruber, Fiona Lam, Lisa Bouldin, Jing Qi, Robert Holtz, McKinney. *Petasites japonicus* Extract – Phytotherapy for Sensitive Skin. A Natural Anti-Histamine/Anti-Leukotriene Plant Extract // *Cosmetic Science Technology*. 2008. Pp. 63–68.
8. Оводова Р.Г., Головченко В.В., Попов С.В. и др. Выделение и предварительное исследование строения и физиологической активности водорастворимых полисахаридов из шрота ягод калины обыкновенной *Viburnum opulus* // *Биоорганическая химия*, 2000. Т. 26. №1. С. 61–67.
9. Губанова Т.А. Особенности углеводного обмена видов рода *Sedum* L. в связи с низкотемпературной устойчивостью // *Бюллетень Никитского ботанического сада*, 2008. Вып. 96. С. 68–71.
10. Дроздова И.Л., Лупилина Т.И. Сезонная динамика содержания водорастворимых полисахаридов в траве икотника серого // *Фармация и фармакология*. 2014. №6(7). С. 8–10.

Поступило в редакцию 17 августа 2015 г.

После переработки 27 октября 2015 г.

Zorikova O.G.^{1,2*}, Zhuravleva S.V.³, Boytsova T.M.^{2,3}, Manyakhin A.Yu.^{1,2} DYNAMIC OF ACCUMULATION OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES IN *PETASITES JAPONICUS* (SIEBOLD&ZUCC.) MAXIM

¹Mountain-Taiga Station Far East Branch Russian Academy of Sciences, Solnechnaya st., 26, Gornotaezhnoe, Primorsky Krai, 692533 (Russia), e-mail: dvogtslmp@mail.ru

²Scientific-educational center of ecology, Vladivostok state University of Economics and service, ul. Gogolya, 41, Vladivostok, 690014 (Russia)

³Far East Federal University, Sukhanova st., 8, Vladivostok, 690950 (Russia)

Polysaccharides are one of the most important classes of biopolymers, along with nucleic acids and proteins. Polysaccharide or carbohydrate biopolymers play a varied role in nature and in vivo, forming the bulk of the organic matter of the biosphere. For water-soluble polysaccharides characterized by a wide spectrum of biological activity: hepatoprotective, antihypoxia, sorption, immunomodulatory, hypolipidemic, anti-inflammatory, anti-tumor properties are revealed, proved their prebiotic effect.

One of the most promising species in terms of production of biologically active substances, in particular water-soluble polysaccharides is *Petasites japonicus* (Siebold & Zucc.) Maxim (Asteraceae), the plant is characterized by rapid growth and high biomass. In Japan, *P. japonicus* has long been actively used for food.

The results of the study of the dynamics of accumulation of water-soluble polysaccharides in various organs of *Petasites japonicus* (Siebold & Zucc.) Maxim, harvested in Kholmsk district, Sakhalin Island in the different phases of growth. It is shown that the raw material *P. japonicus*, which grows on the island. Sakhalin, contains significant amounts of water-soluble polysaccharides. It found that the major organs of accumulation of water-soluble polysaccharides are the roots and leaves. The maximum content of water-soluble polysaccharides in raw *Petasites japonicus* for the roots is in August (17,4%), leaf – May (5,4%), for the petiole – July (4,4%).

Keywords: water-soluble polysaccharides, *Petasites japonicus*

References

1. Lysenko T.A., Ivashev M.N., Sepp A.N., Zacepina E.E. *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija*, 2012, no. 12-1, pp. 103–104. (in Russ.).
2. Safonova E.A., Lopatina K.A., Fedorova E.P. *Sibirskij onkologicheskij zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 172–173. (in Russ.).
3. Iwamoto Y. *Plant biotechnology*, 2009, vol. 26, pp. 189–196.
4. *The plant list A working list of all plant species (2012)*. URL: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/gcc-121974>
5. Grossman W., Schmidramsl H. *Altern Med Rev*. 2001, vol. 6, pp. 303–310.
6. Chemical Information Review Document for Butterbur (*Petasites hybridus*, ext.) [CAS No. 90082-63-6] Supporting Nomination for Toxicological Evaluation by the National Toxicology Program, 2009. 33 p.
7. James V. Gruber, Fiona Lam, Lisa Bouldin, Jing Qi, Robert Holtz, McKinney. *Cosmetic Science Technology*, 2008, pp. 63–68.
8. Ovodova R.G., Golovchenko V.V., Popov S.V. et al. *Bioorganicheskaja himija*, 2000, vol. 26, no. 1, pp. 61–67. (in Russ.).
9. Gubanova T.A. *Bjulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2008, no. 96, pp. 68–71. (in Russ.).
10. Drozdova I.L., Lupulina T.I. *Farmacija i farmakologija*, 2014, no. 6(7), pp. 8–10. (in Russ.).

Received August 17, 2015

Revised October 27, 2015

* Corresponding author.