

УДК 615.322:615.074

НАКОПЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЯХ ЛАПЧАТКИ БЕЛОЙ (*POTENTILLA ALBA* L.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ*

© В.М. Косман**, Н.М. Фаустова, О.Н. Пожарицкая, А.Н. Шиков, В.Г. Макаров

Санкт-Петербургский институт фармации, Пискаревский пр., 47/5,
Санкт-Петербург, 195067 (Россия), e-mail: spbpharm@mail.ru

Корневища с корнями лапчатки белой (*Potentilla alba* L., сем. Розоцветные – Rosaceae) перспективны для использования в лечении различных заболеваний, связанных с нарушениями функции щитовидной железы.

Изучены состав и накопление биологически активных веществ в подземных частях лапчатки белой в зависимости от срока культивирования с использованием натурального органического удобрения «Биогумус». Установлено накопление в сырье значительного количества полифенольных соединений, проантоцианидинов, дубильных веществ. Для получения качественной биомассы достаточно трех лет возделывания.

По данным макро- и микроэлементного анализа сырья растение активно накапливает магний, кальций, калий, фосфор, железо и марганец, а также содержит незначительное количество йода.

Ключевые слова: лапчатка белая, корневища с корнями, биологически активные вещества, состав, накопление, срок культивирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия малому предпринимательству (Россия), проект № 96-85.

Введение

Лапчатка белая (*Potentilla alba* L., сем. Розоцветные – Rosaceae) – многолетнее растение с толстым маловетвистым, длинным (до 50 см и более) черно-бурым корневищем, светлым на срезе, укороченными многолетними вегетативными и однолетними генеративными побегами, образующими прикорневую розетку. По виду лапчатка белая похожа на земляничный куст, а народное название «пятипал» обусловлено внешней

схожестью листьев с ладонью с пальцами.

Лапчатка белая растет в освещенных местах в широколиственно-еловых и сосновых лесах, иногда среди кустарников, преимущественно на свежих плодородных супесчаных и суглинистых почвах. Ареал ее произрастания на территории России очень ограничен: распространена в центральных районах европейской части России (в Черноземной зоне, к северу – реже), на Кавказе, в Средней и Восточной Европе, на Балканах, в Белоруссии, в Украинском Полесье. Повсюду встречается довольно редко, рассеянно, часто отдельными экземплярами. Как редкий вид лапчатка белая внесена в Красную книгу Владимирской, Ивановской, Московской, Рязанской, Липецкой и других областей.

Косман Вера Михайловна – руководитель группы химико-аналитических исследований, кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник, тел/факс: (812) 322-56-05, e-mail: kosmanvm@mail.ru, spbpharm@mail.ru

Фаустова Наталья Михайловна – кандидат химических наук, научный сотрудник, тел/факс: (812) 322-56-05, e-mail: faustova-78@mail.ru

Пожарицкая Ольга Николаевна – ведущий научный сотрудник, руководитель отдела новых технологий и стандартизации, заместитель генерального директора, кандидат фармацевтических наук, тел/факс: (812) 322-56-05, e-mail: olgarpozhar@mail.ru

Шиков Александр Николаевич – доктор фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник, заместитель генерального директора, тел/факс: (812) 322-56-05, e-mail: alexs79@mail.ru

Макаров Валерий Геннадиевич – доктор медицинских наук, профессор, тел/факс: 322-56-05, e-mail: spbpharm@mail.ru

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям журнала по адресу: http://www.chem.asu.ru/chemwood/volume17/2013_02/1301-139.pdf. DOI: 10.14258/jcprm.1302139s

** Автор, с которым следует вести переписку.

Об изучении фитохимического состава лапчатки белой в научной литературе имеется немного данных. Известно, что подземная часть растения (корневища с корнями) содержит углеводы (крахмал), иридоиды, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды (кверцетин), дубильные вещества (до 17% в фазу цветения). Надземная часть растения содержит иридоиды, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды (рутин), дубильные вещества (до 6%). В листьях обнаружены фенолкарбоновые кислоты и их производные (*п*-кумаровая, эллаговая кислоты), флавоноиды [1, 2].

Для лекарственных целей заготавливают траву в стадии цветения или все растение – траву с корневищами и корнями. В традиционной медицине России, Белоруссии и Украины лапчатку белую используют для лечения различных заболеваний, в частности, связанных с дисфункцией щитовидной железы [2]. Ряд исследований, преимущественно украинских эндокринологов, подтвердили эффективность корней и корневищ лапчатки белой в терапии тиреотоксикоза, гипертиреоза и других заболеваний щитовидной железы [3, 4]. В связи с этим интерес к данному растению в последние годы возрос.

Природная сырьевая база лапчатки белой крайне незначительна. Растет лапчатка медленно: от семени до взрослого растения с корневищем длиной 20–30 см проходит не менее 15–20 лет. Велика опасность уничтожения всех имеющихся запасов лапчатки белой в природе, если не позаботиться заранее об их восстановлении.

Крупных плантаций лапчатки белой пока не существует. Работа по детальному изучению приемов введения растения в культуру была начата в 1972 г. [5]. Целесообразно размножать лапчатку вегетативным путем. В условиях культуры растения пригодны для заготовки на второй-третий год. Объем биомассы культивируемой лапчатки белой превышает таковой в природных условиях за это же время в 4–5 раз уже на втором году жизни растения после посадки [5].

В задачу данного исследования входили фитохимическая характеристика подземных частей культивируемой по оригинальной технологии лапчатки белой и анализ накопления биологически активных веществ в зависимости от срока культивирования.

Материалы и методы

Объектами исследования служили образцы корневищ с корнями лапчатки белой, полученные от ООО «СХП «Женьшень»» (Брянская область, Россия), заготовленные от растений 3-го и 4-го годов культивирования с применением оригинальной агротехнологии с использованием натурального органического удобрения «Биогумус».

Схема фитохимического исследования представлена на рисунке 1. Сырье последовательно экстрагировали гексаном, этиловым спиртом нисходящей концентрации (95 и 40%), водой и раствором щелочи. Экстракцию гексаном проводили в аппарате Сокслета, этанольные экстракты получали трехкратной экстракцией в соотношении сырье – экстрагент 1 : 50, обработку водой и раствором щелочи вели по рекомендациям [6]. Полученные фракции анализировали на содержание основных групп биологически активных веществ.

Влажность, золу общую, содержание дубильных веществ (методом перманганатометрического титрования) определяли в соответствии с ГФ XI [7]. Содержание полисахаридов находили гравиметрическим методом после их осаждения 95% этанолом в соответствии с методикой [7, вып. 2. ст. 45 «Трава череды»].

Содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту устанавливали спектрофотометрическим методом по реакции с реактивом Фолина-Чокальтеу (Fluka, Германия), содержание фенольных кислот – титриметрически, в соответствии с рекомендациями [8].

Содержание мономерных проантоцианидинов в пересчете на катехин определяли спектрофотометрическим методом по ванилиновой пробе; содержание суммы полимерных проантоцианидинов в пересчете на лейкоантоцианидин – спектрофотометрическим методом по бутанол–солянокислой пробе [9].

Определение содержания флавоноидов выполнено методом дифференциальной УФ-спектрофотометрии по реакции с 10% раствором хлорида алюминия в 95% этаноле в соответствии с рекомендациями [10] в пересчете на рутин. Содержание аминокислот оценивали с использованием реакции дериватизации *о*-фталевым диальдегидом [11].

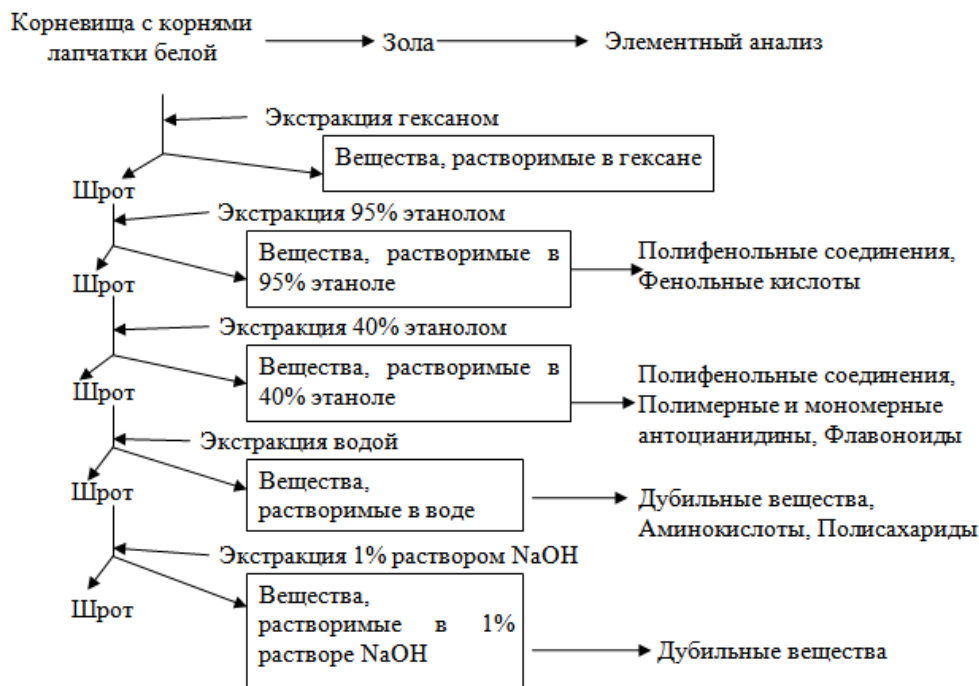


Рис. 1. Схема фитохимического исследования корневищ с корнями лапчатки белой

Анализ основных фенольных соединений в составе фракции веществ, растворимых в воде, выполнен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе высокого давления фирмы Shimadzu (Япония) с диодно-матричным детектором и колонкой Luna C₁₈ (2) 4,6×150 мм (размер частиц сорбента 5 мкм) (Phenomenex, США) с предколонкой длиной 3,0 мм, заполненной тем же сорбентом (Phenomenex, США). Использован режим градиентного элюирования смесью ацетонитрил – 0,03% раствор трифторуксусной кислоты с линейным изменением концентрации ацетонитрила от 10 до 100% в течение 90 мин. Скорость потока элюента – 1,0 мл/мин, дозируемый объем – 20 мкл. Детектирование – диодно-матричное сканирование в диапазоне 200–700 нм, обработка хроматограмм при 280 нм. Регистрация и обработка хроматограмм выполнены с помощью программного обеспечения LCsolution (Shimadzu, Япония). В работе использовали ацетонитрил (для ВЭЖХ, сорт 0, НПК «Криохром», СПб.), трифторуксусную кислоту (для спектроскопии, Sigma, Германия) и воду для ВЭЖХ, полученную на установке Simplicity UV (Millipore, США). Для идентификации и количественной оценки использован стандартный образец (+)-катехина (Sigma, Германия).

Регистрация УФ-спектров и определение оптических плотностей различных растворов выполнены на спектрофотометре UV-1700 (Shimadzu, Япония).

Элементный анализ сделан методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной аргонной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре ICAP 61E TRACE (Thermo Jarrell Ash, США). Определение йода и селена проводили на атомно-эмиссионном спектрометре Agilent 4500 (Agilent Technologies, США).

Все измерения проведены не менее чем в трехкратной повторности. Статистическая обработка результатов измерений выполнена с использованием программы Excel 2003. Все расчеты по содержанию различных биологически активных веществ приведены на абсолютно сухую массу.

Результаты и обсуждение

Изучение динамики накопления различных групп биологически активных веществ (БАВ) имеет как практическое, так и теоретическое значение. С теоретической точки зрения изучение динамики важно для выяснения биохимической роли отдельных БАВ в жизни растения [12]. С практической стороны, в целях рационального использования ресурсов лекарственного растения важно установить оптимальные сроки сбора сырья (период максимального накопления БАВ).

Для культивирования лапчатки белой коллектив сотрудников ООО «ССХП "Женьшень"» разработал оригинальную агротехнологию возделывания с использованием натурального органического удобрения «Биогумус». Особую ценность «Биогумусу» придают гуминовые кислоты (до 18%), играющие в биосфере очень важную роль, поскольку обладают хорошей аккумулятивной способностью. Таким образом, к 3–4-летнему возрасту подземная часть растения приобретает товарный вид (см. электронное приложение, рис. 1). Растения 4-го года культивирования закономерно имеют больший размер подземных органов, но и растения 3-го года культивирования также накапливают достаточное количество биомассы корневищ с корнями.

В результате последовательной экстракции сырья различными растворителями установлено, что сырье содержит незначительное количество липофильной фракции, экстрагируемой гексаном (0,21–0,25%), доминирующей является фракция, извлекаемая 40% этанолом (рис. 2).

В результате фитохимического анализа полученных фракций во фракции веществ, растворимых в 95% этаноле, обнаружены дубильные вещества (до 50%) и фенольные кислоты (около 1%). Содержание дубильных веществ для растений 3-го года культивирования было выше (около 50%), чем для растений 4-го года культивирования (около 30%).

Результаты фитохимического анализа фракций веществ, растворимых в 40% этаноле и воде, представлены на рисунке 3.

Во фракции веществ, растворимых в 40% этаноле, обнаружены дубильные вещества (около 4,5%), полимерные и мономерные антоцианидины (до 1%) и следовые количества флавоноидов (менее 0,2%) (рис. 3А). Содержание дубильных веществ и мономерных проантоцианидинов было выше в образце 4-го года культивирования.

Во фракции веществ, растворимых в воде (рис. 3Б), доминирующими оказались дубильные вещества (около 20%), аминокислоты (19 и 14%) и полисахариды (около 15%). Фракция, полученная от растений 3-го года культивирования, была богаче по содержанию большинства групп БАВ.

Таким образом, на основании полученных данных можно предположить, что трехлетний срок культивирования достаточен для получения необходимой биомассы корневищ с корнями лапчатки белой и накопления в них биологически активных веществ.

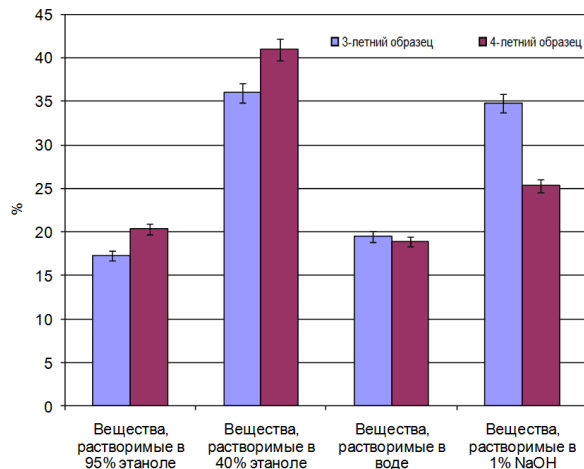


Рис. 2. Накопление основных групп биологически активных веществ в корнях и корневищах лапчатки белой после различных сроков интродукции

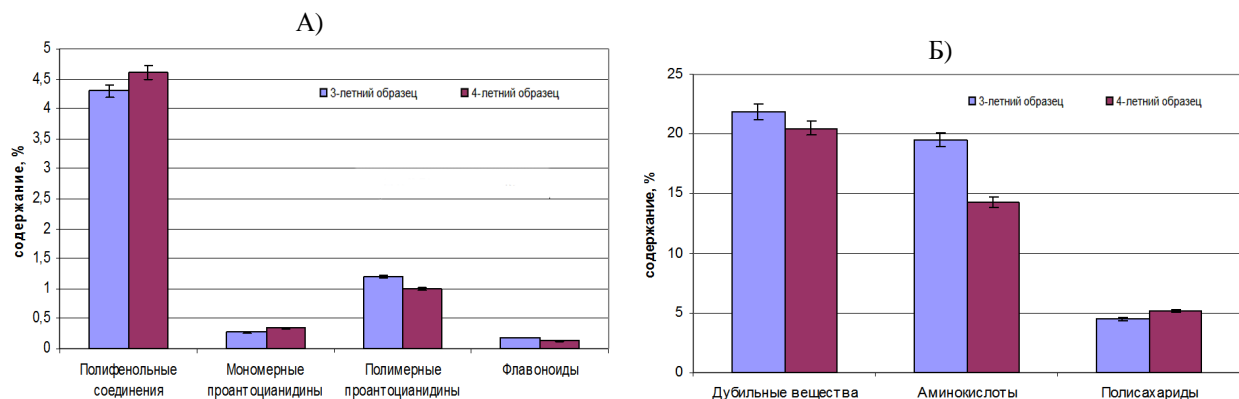


Рис. 3. Основные группы БАВ во фракциях веществ, растворимых в 40% этаноле (А), растворимых в воде (Б)

Полученные результаты свидетельствуют о существенной изменчивости химического состава подземной части лапчатки белой при культивировании на разных сроках интродукции. Распределение отдельных групп органических соединений имеет следующие особенности. При культивировании происходит незначительное увеличение содержания липофильных веществ. Подобная тенденция прослеживается и для водорастворимых веществ, что связано с уменьшением количества проводящих тканей во флоэме и повышением содержания запасующих клеток, накапливающих липиды и дубильные вещества. Содержание щелочерастворимых веществ, содержащих гемицеллюлозы и полифенольные соединения, значительно увеличивается в период роста, что, очевидно, также связано с накоплением в старых тканях запасующих веществ.

Дополнительный анализ состава фенольных соединений фракции веществ, растворимых в воде, методом ВЭЖХ показал наличие в образце большого числа близких по природе соединений и отсутствие среди них значимых доминирующих компонентов (см. электронное приложение, рис. 2А). Один из компонентов по совпадению абсолютных времен удерживания, диодно-матричных спектров и методом добавок был идентифицирован как (+)-катехин. В УФ-спектре раствора этого образца зарегистрирован выраженный максимум около 280 нм (см. электронное приложение, рис. 2Б), характерный для соединений фенольной природы. Суммарное содержание фенольных соединений в пересчете на (+)-катехин было определено двумя методами: ВЭЖХ (во внимание принимали сумму площадей всех зарегистрированных пиков) и УФ-спектроскопии. Были получены близкие результаты $61,4 \pm 1,8$ и $65,1 \pm 1,8\%$ соответственно. Данный параметр может быть в дальнейшем предложен для стандартизации сырья и фитопрепаратов на основе корневищ с корнями лапчатки белой. В данном случае использование метода УФ-спектроскопии оказывается целесообразнее анализа методом ВЭЖХ.

Наличие конденсированных танинов, производных катехина, согласуется с данными [13]. Известно, что фенольные соединения обладают выраженной антирадикальной и антиоксидантной активностью, которая коррелирует с их структурой и степенью полимеризации [14]. Таким образом, подземные части лапчатки белой являются потенциальным источником натуральных антиоксидантов, проявляющим различные активности, в том числе противораковую, противовирусную и пр. Наличие антиоксидантных и адаптогенных свойств для водорастворимых веществ из корневищ лапчатки белой установлено авторами [15, 16].

Характеристика накопления макро- и микроэлементов в лекарственном растительном сырье важна при оценке его качества. Известно, что присутствие и накопление элементов и минералов зависит от почв мест произрастания. Территория ООО «ССХП "Женьшень"», где культивировали лапчатку белую, расположена на северо-западе Брянской области. Для этого региона характерны дерново-подзолистые почвы, имеющие верхний гуминовый слой (горизонт), составляющий около 10–12 см. Натуральное органическое удобрение «Биогумус», которое было дополнительно использовано при культивировании лапчатки белой, содержит около 18% гуминовых кислот. Таким образом, применение данного удобрения позволяет увеличить наиболее питательный гуминовый слой в месте культивирования.

Наиболее простыми, интегральными параметрами, характеризующими накопление минеральных веществ в лекарственном растительном сырье, являются зола и зола, нерастворимая в 10% растворе соляной кислоты (рис. 4). По этим показателям образец 3-го года культивирования был богаче, чем 4-летний образец.

Оценка элементного состава показала, что корни и корневища лапчатки белой обогащены макро- и микроэлементами (табл.).

Согласно данным таблицы, шесть макроэлементов по их содержанию в подземной части лапчатки белой в порядке снижения составляют следующий ряд: $\text{Ca} \gg \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} \gg \text{Na}$. Среди микроэлементов в исследованных образцах подземных органов лапчатки белой в значимых количествах были обнаружены бор (16–17 мкг/г), кремний (11–34 мкг/г), алюминий (48–110 мкг/г). В целом полученные результаты по набору и уровню содержания основных элементов согласуются с данными [17]. Срок культивирования не оказывает значимого влияния на накопление микро- и макроэлементов.

Среди тяжелых металлов, для которых установлены предельно допустимые концентрации (ПДК), марганец, цинк и медь относятся к числу элементов, находящихся во всех без исключения живых организмах, и играют в них важную роль. Содержание марганца в подземных органах лапчатки белой варьировало в зависимости от сроков культивирования в пределах от 39 до 47 мг/кг. Такой уровень является достаточно низким для растений, например, растения сем. Вересковых могут накапливать до 2 г/кг марганца [18]. Содержание цинка составило около 20–35 мг/кг, что соответствует среднему уровню значений содержания цинка в растениях [18]. Содержание меди составило около 6 мг/кг. Значения, полученные для марганца,

цинка и меди, близки к уровням фоновых концентраций этих элементов в почвах [19] и значительно ниже ПДК, установленных [19, 20]. Концентрации наиболее токсичных элементов – свинца, кадмия и олова, обнаруженные в исследованных образцах лапчатки белой, были низкими и значительно ниже ПДК. Такие уровни характерны для растений, произрастающих на загрязненных территориях.

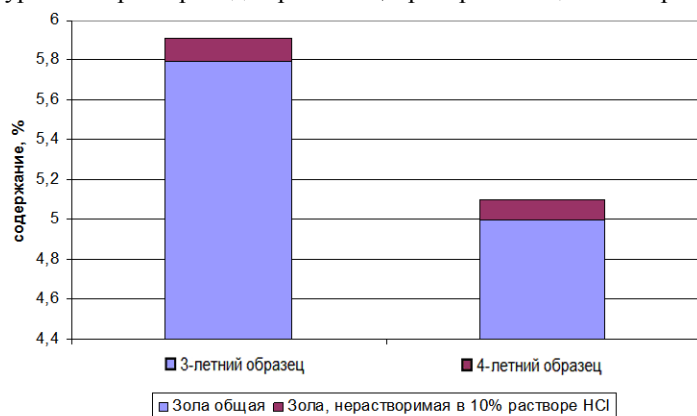


Рис. 4. Результаты определения зольности образцов корневищ с корнями лапчатки белой

Содержание макро- и микроэлементов в корнях и корневищах лапчатки белой в зависимости от сроков культивирования (мкг/г)

Элементы	3-летний образец	4-летний образец	ПДК [20]
Макроэлементы			
Калий	3400	4100	—*
Кальций	11500	13000	—
Магний	2300	1900	—
Фосфор	1200	1300	—
Натрий	29	27	—
Сера	1200	820	—
Микроэлементы			
Бор	17	16	—
Ванадий	0,6	0,6	—
Железо	91	60	—
Кобальт	0,085	0,035	—
Кремний	11	34	—
Литий	0,21	0,42	—
Молибден	0,61	1,4	—
Серебро	<0,5	<0,5	—
Хром	0,17	0,085	—
Селен	<0,034	<0,034	—
Алюминий	110	48	—
Йод	0,11	0,11	—
Барий	27	33	—
Бериллий	<0,005	<0,005	—
Никель	0,49	0,41	—
Сурьма	<0,5	<0,5	—
Титан	1,9	1,1	—
Теллур	<0,5	<0,5	—
Марганец	47	39	1500
Цинк	34	20	150
Медь	6,3	5,7	23
Свинец	<0,05	0,070	5,0
Мышьяк	0,42	0,43	3,0
Кадмий	0,12	0,08	1,0
Олово	12	17	—
Стронций	94	91	—

Примечание. * прочерк означает отсутствие норм ПДК.

Заключение

В результате фитохимической характеристики корневищ с корнями лапчатки белой, полученных от растений, культивируемых по оригинальной технологии с применением натурального органического удобрения «Биогумус», установлено присутствие значительного количества фенольных соединений: полифенолов, проантоцианидинов, дубильных веществ. Показано, что при более длительном культивировании происходит незначительное повышение содержания фракций веществ, растворимых в гексане и воде, а также увеличивается содержание фракции щелочерастворимых веществ, что может быть связано с уменьшением количества проводящих тканей во флоэме и повышением количества запасяющих клеток.

Для промышленного культивирования с целью получения качественной биомассы подземной части лапчатки белой достаточно 3-х лет возделывания.

На основании данных анализа макро- и микроэлементного состава подземной части лапчатки белой сделано заключение, что растение активно накапливает магний, кальций, калий, фосфор, железо и марганец, а также содержит незначительное количество йода.

Электронный дополнительный материал

В электронном приложении приведены дополнительные экспериментальные данные.

Список литературы

1. Гриценко О.М., Смык Г.К. Фітохімічне дослідження перстачу білого // Фармацевтичний журнал. 1977. №1. С. 88.
2. Лавренов В.К., Лавренова Г.В. Полная энциклопедия лекарственных растений. СПб.: М., 1999. Т. 1. 736 с.
3. Смык Г.К., Кривенко В.В. Перстач білий – ефективний засіб для лікування захворювань щитовидної залози // Фармацевтичний журнал. 1975. №2. С. 58–62.
4. Захария А.В. Исследования лапчатки белой как перспективного средства для лечения заболеваний щитовидной железы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Львов, 1997.
5. Смык Г.К., Меньшова В.А., Корпачев В.В. Опыт вегетативного размножения *Potentilla alba* L. // Растительные ресурсы. 1982. Вып. 9. С. 31–37.
6. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
7. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд. перераб. и доп., М., 1987. Вып. 1. 335 с.; М., 1989. Вып. 2. 398 с.
8. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М., 2004. 240 с.
9. Hagermann A.E. Tannin chemistry. 2002, 166 p. www.miohio.edu (цит. 30.10.2003).
10. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья / под. ред. К.Ф. Блиновой. СПб., 1998. 60 с.
11. Church F.C., Swaisgood H.E., Porter D.H., Catignani G.L. Spectrophotometric assay using o-phthalaldehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins // J. Dairy Sci. 1983. Vol. 66. Pp. 1219–1227.
12. Запрометов М.Н. Биосинтез фенольных соединений и его регуляция // Успехи современной биологии. 1971. Т. 72, вып. 2. С. 219–252.
13. Oszmianski J., Wojdylo A., Lamer-Zarawska E., Swiader K. Antioxidant tannins from Rosaceae plant roots // Food Chemistry. 2007. Vol. 100. Pp. 579–583.
14. Lu Y., Foo L.Y. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace // Food Chemistry. 2000. Vol. 68. Pp. 81–85.
15. Damien Dorman H.J., Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Hiltunen R. Antioxidant and pro-oxidant evaluation of a *Potentilla alba* L. rhizome extract // Chem. Biodivers. 2011. Vol. 8, N7. Pp. 1344–1356.
16. Shikov A.N., Lazukina M.A., Pozharitskaya O.N., Makarova M.N., Golubeva O.V., Makarov V.G., Djachuk G.I. Pharmacological evaluation of *Potentilla alba* L. in mice: adaptogenic and central nervous system effects // Pharm. Biology. 2011. Vol. 49, N10. Pp. 1023–1028.
17. Семенова Е.Ф., Преснякова Е.В. Химический состав лапчатки белой и применение ее с лечебной целью // Химия и компьютерное моделирование. 2001. №5.
18. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989. 439 с.
19. Аналитический обзор загрязнения природной среды тяжелыми металлами в фоновых районах стран-членов СЭВ (1982–1988). М., 1989. 87 с.
20. СанПин 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2002. 163 с.

Поступило в редакцию 29 мая 2012 г.

После переработки 26 июня 2012 г.

Kosman V.M.*, Faustova N.M., Pozharitskaya O.N., Shikov A.N., Makarov V.G. ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN UNDERGROUND PARTS OF COMPOSITION OF *POTENTILLA ALBA* L. AFTER VARIOUS CULTIVATION TERMS

Institute of Pharmacy of Saint-Petersburg, Piskarevskii pr., 47/5, Saint Petersburg, 195067 (Russia),
e-mail: spbpharm@mail.ru

Potentilla alba L. (Rosaceae) is perspective plant for different the treatment of different diseases especially thyroid gland.

Phytochemical study of *P. alba* rhizome 3-rd and 4-th years old plants cultivated under original technology with application of natural organic fertilizer «Biogumus» was done. Phytochemical evaluation of the samples by various analytical methods (AAC, HPLC, TLC, UV-VIS-spectroscopy, titrimetric and gravimetric) was performed.

Rhizomes of *P. alba* 3-rd and 4-th years plants contain lipophylic compounds (0,21 and 0,25% respectively), significant amounts of substances dissolved in 95% ethanol (20,4 and 17,3%), 40% ethanol (41,0 and 36,0%), hot water (18,9 and 19,5%) and 1% NaOH (25,3 and 34,8%). Polyphenols (50,0 and 33,0%) and phenolic acids (1,1 and 1,0%) were the main groups in 95% ethanol fraction. Polyphenols (4,3 and 4,6%), polymeric (1,2 and 1,0%) and monomeric (0,27 and 0,34%) antocyanidins and trace amounts of flavonoids (0,18 and 0,13%) were determined in 40% ethanol fraction. Tannins (21,9 and 20,5%), amino acids (19,5 and 14,3%) and polysaccharides (4,5 and 5,2%) were dominant groups in water fraction. Thus, three years of cultivation is enough for qualitative biomass reception and biologically active compound accumulation.

Results of macro- and microelement analysis of the samples show that the plant actively accumulates magnesium, calcium, potassium, phosphorus, iron and manganese and contains insignificant quantity of iodine.

Keywords: *Potentilla alba* L., rhizomes and radices, biologically active compounds, composition, accumulation, cultivation terms.

References

1. Grycenko O.M., Smyk G.K. *Farmaceutychnyj zhurnal*, 1977, no. 1, p. 88. (in Ukr.).
2. Lavrenov V.K., Lavrenova G.V. *Polnaia entsiklopediia lekarstvennykh rastenii*. [Complete Encyclopedia of Medicinal Plants]. Saint Petersburg; Moscow, 1999, vol. 1, 736 p. (in Russ.).
3. Smyk G.K., Krivenko V.V. *Farmaceutychnyj zhurnal*, 1975, no. 2, pp. 58–62. (in Ukr.).
4. Zakhariia A.V. *Issledovaniia lapchatki beloi, kak perspektivnogo sredstva dlia lecheniia zabolevanii shchitovidnoi zhelezy: avtoref. dis. ... kand. biolog. nauk*. [Research cinquefoil white as a promising agent for the treatment of diseases of the thyroid gland: the abstract dissertation Candidate of Biological Sciences]. L'vov, 1997. (in Russ.).
5. Smyk G.K., Men'shova V.A., Korpachev V.V. *Rastitel'nye resursy*, 1982, no. 9, pp. 31–37. (in Russ.).
6. Obolenskaia A.V., El'nitskaia Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tselliulozy*. [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
7. *Gosudarstvennaia Farmakopeia SSSR, izd. 11*. [State Pharmacopoeia of the USSR, 11th edition]. Moscow, 1987, no. 1, 335 p.; 1989, no. 2, 398 p. (in Russ.).
8. *Rukovodstvo po metodam kontroliia kachestva i bezopasnosti biologicheski aktivnykh dobavok k pishche*. [Guidance on how to control the quality and safety of dietary supplements]. Moscow, 2004, 240 p. (in Russ.).
9. Hagermann A.E. Tannin chemistry. 2002, 166 p. www.miohio.edu (цйт. 30.10.2003).
10. *Fitokhimicheskii analiz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ia*. Ed. K.F. Blinova. [Phytochemical analysis of medicinal plants. Ed. K.F. Blinova]. Saint Petersburg, 1998. 60 p. (in Russ.).
11. Church F.C., Swaisgood H.E., Porter D.H., Catignani G.L. *J. Dairy Sci.*, 1983, vol. 66, pp. 1219–1227.
12. Zaprometov M.N. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 1971, vol. 72, no. 2, pp. 219–252. (in Russ.).
13. Oszmianski J., Wojdylo A., Lamer-Zarawska E., Swiader K. *Food Chemistry*, 2007, vol. 100, pp. 579–583.
14. Lu Y., Foo L.Y. *Food Chemistry*, 2000, vol. 68, pp. 81–85.
15. Damien Dorman H.J., Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Hiltunen R. *Chem. Biodivers.*, 2011, vol. 8, no. 7, pp. 1344–1356.
16. Shikov A.N., Lazukina M.A., Pozharitskaya O.N., Makarova M.N., Golubeva O.V., Makarov V.G., Djachuk G.I. *Pharm. Biology*, 2011, vol. 49, no. 10, pp. 1023–1028.
17. Semenova E.F., Presniakova E.V. *Khimiia i komp'uternoe modelirovanie*, 2001, no. 5. (in Russ.).
18. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. *Mikroelementy v pochvakh i rasteniiakh*. [Trace elements in soils and plants]. Moscow, 1989, 439 p. (in Russ.).
19. *Analiticheskii obzor zagriazneniia prirodnoi sredy tiazhelymi metallami v fonovykh raionakh stran-chlenov SEV (1982–1988)*. [Analytical review of environmental pollution with heavy metals in the background regions of the CMEA countries (1982–1988)]. Moscow, 1989, 87 p. (in Russ.).
20. *SanPin 2.3.2.1078-01 Gigienicheskie trebovaniia bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov*. [Sanitary norms and rules 2.3.2.1078-01. Hygienic safety and nutritional value of foods.]. Moscow, 2002, 163 p. (in Russ.).

Received May 29, 2012

Revised June 26, 2012

* Corresponding author.