

© Е.С. ВАСФИЛОВА, Н.П. ОЗОРНИНА, А.А. ГРЯЗЕВА,
О.Е. СУШЕНЦОВ

euvas@mail.ru, ozornina_np@rambler.ru, anytka1991@yandex.ru, olegsush@mail333.com

УДК 633.8 + 615.322

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ЦВЕТКАХ
ЛАБАЗНИКА ВЯЗОЛИСТНОГО *FILIPENDULA ULMARIA* (L.) MAXIM. ***

АННОТАЦИЯ. Лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., Rosaceae) широко используется в научной и народной медицине России. Изучено влияние различных факторов на накопление флавоноидов в цветках растений данного вида в природных популяциях на территории Среднего Урала, а также в условиях культуры в Ботаническом саду УрО РАН.

Выявлено высокое содержание флавоноидов в уральских популяциях лабазника. Не обнаружено различий между *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* (J. et C. Presl) Fritsch по содержанию флавоноидов. Межпопуляционная изменчивость содержания этих веществ достаточно высока. Не прослеживается взаимосвязь между накоплением флавоноидов в цветках и географическим расположением изученных популяций. Отмечено влияние условий вегетационного сезона на накопление флавоноидов в цветках *F. ulmaria*. В Ботаническом саду содержание флавоноидов оказалось ниже, чем в большинстве природных популяций; при этом в цветках растений, выращенных на увлажненном участке, содержится такое же количество флавоноидов, что и на более сухой почве.

SUMMARY. Meadowsweet (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., Rosaceae) is widely used in traditional and alternative medicine in Russia. The influence of various factors on the accumulation of flavonoids in the flowers of the plants of this species in natural populations in the Middle Ural as well as in the conditions of the Botanical Garden of Ural Branch of RAS was studied.

High content of flavonoids in the Ural populations of meadowsweet was revealed. No differences in the content of flavonoids between *F. ulmaria* s. str. and *F. denudata* (J. et C. Presl) Fritsch were detected. Interpopulation variability in the content of flavonoids is high enough. The relationship between the content of flavonoids in the flowers and the geographic location of the studied populations is not traced. The influence of the conditions of the vegetative season on the accumulation of flavonoids in the flowers of *F. ulmaria* was observed. The content of flavonoids in the Botanical garden was lower than in most natural populations. The flowers of the plants growing in wet soils contain the same amount of flavonoids as those in the drier soils.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Лабазник, *Filipendula ulmaria*, *Filipendula denudata*, содержание флавоноидов.

KEY WORDS. Meadowsweet, *Filipendula ulmaria*, *Filipendula denudata*, content of flavonoids.

* Работа выполнена при поддержке Уральского отделения РАН: проект № 12-С-4-1028 «Адаптационные механизмы в природных и интродукционных популяциях растений Сибири и Урала».

Лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) — крупное многолетнее травянистое растение, широко используемое в научной и народной медицине России и ряда европейских стран [1]. В нашей стране в качестве лекарственного сырья применяются цветки растений данного вида как противовоспалительное и ранозаживляющее средство [2]. В настоящее время установлено, что цветки *F. ulmaria* обладает разнообразными видами фармакологической активности — антикоагулянтной, гастропротекторной, противодиабетической, антиканцерогенной, иммуномодулирующей, антиоксидантной и т.д. [3], что определяет повышенный интерес к данному виду и сырью на его основе.

F. ulmaria представляет собой полиморфный вид со сложной популяционной структурой и возможным наличием внутривидовых подразделений неясного таксономического ранга. Нередко авторы обработок таксона разделяют *F. ulmaria* на два вида: *F. ulmaria* s.str. (лабазник вязолистный в узком смысле) и *F. denudata* (J. et C. Presl) Fritsch (лабазник обнаженный), которые различаются на основе интенсивности опушения листьев [4]. Другие исследователи склонны считать их подвидами *subsp. ulmaria* и *subsp. denudata* (J. et C. Presl) Наук [5], либо вообще не признают существования внутривидовых различий [6-7], считая, что вышеуказанные особенности обусловлены только экологическими причинами. Ареал *F. ulmaria* s. str. охватывает всю Северную Евразию, в то время как *F. denudata* распространен только в Европе. По территории Урала проходит восточная граница ареала последнего таксона. Представляет интерес выяснение различий между данными таксонами по химическому составу, в частности по содержанию флавоноидов, обуславливающих фармакологическое действие цветков лабазника.

Целью данной работы явилось изучение особенностей накопления флавоноидов в цветках лабазника в различных популяциях на территории Среднего Урала, а также в условиях культуры в Ботаническом саду УрО РАН, исследование влияния различных факторов на накопление этих биологически активных веществ.

Материал и методы работы. Образцы цветков собирали в 2009-2011 гг. в южной части Свердловской области. Была также изучена одна популяция на крайнем юго-востоке Кировской области.

Кроме того, материал собирали в условиях культуры на территории Ботанического сада УрО РАН: в 2010 г. — на увлажненном участке, в 2011 г. — на увлажненном и на более сухом участках.

Цветки заготавливали в июле, в фазе массового цветения растений; сушили воздушно-теневым способом.

В соответствии с действующей нормативной документацией стандартизация цветков лабазника проводится по сумме флавоноидов в пересчете на гликозиды кверцетина [2]. Для определения содержания флавоноидов в цветках мы применяли метод дифференциальной спектрофотометрии с использованием реакции комплексообразования с алюминия хлоридом. В качестве раствора сравнения использовали извлечение без добавления алюминия хлорида, что позволило исключить влияние на результаты анализа других групп соединений, имеющих оптическую плотность в области максимума поглощения извлечений из сырья. В качестве стандартного образца использовали рутин, т.к. он близок по своим спектральным характеристикам к другим гликозидам кверцетина, также со-

держатся в цветках *F. ulmaria*. В условиях комплексообразования с $AlCl_3$ спектр извлечения из цветков лабазника имеет максимум поглощения при длине волны 420 нм, а раствор рутина — при 410 нм.

Экстракцию флавоноидов из сырья проводили в соответствии с методикой, разработанной Е.Ю. Авдеевой с соавторами для *F. ulmaria* [8, 9]. Каждый образец анализировали в трех повторностях.

Результаты и их обсуждение. Результаты анализа показали высокое содержание флавоноидов (в пересчете на рутин) в цветках *F. ulmaria* в уральских популяциях и в популяции из Кировской области (табл. 1). По данным других исследователей, содержание флавоноидов в пересчете на рутин в цветках этого вида, собранных в Московской области, составляет 4,5% [10], в Новосибирской области — от 5,2% [11] до 9,8% [12].

Таблица 1

Содержание флавоноидов в цветках *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* из различных популяций

Номер популяции	Номер образца	Год сбора	Таксон	Содержание флавоноидов, %
Свердловская область				
1	1	2009	<i>F. ulmaria</i> s. str.	10.8 ± 0.04
1	2	2010	- " -	11.6 ± 0.1
2	3	2010	- " -	12.8 ± 0.2
3	4	2010	- " -	11.8 ± 0.4
3	5	2011	- " -	9.1 ± 0.1
4	6	2010	- " -	11.5 ± 0.3
5	7	2010	- " -	8.4 ± 0.1
6	8	2010	Объединенная выборка <i>F. ulmaria</i> s. str. и <i>F. denudata</i>	13.2 ± 0.2
7	9	2010	- " -	12.4 ± 0.2
8	10	2010	- " -	13.0 ± 0.2
9	11	2010	- " -	9.9 ± 0.2
9	12	2011	<i>F. ulmaria</i> s. str.	6.4 ± 0.01
9	13	2011	<i>F. denudata</i>	8.0 ± 0.3
10	14	2010	Объединенная выборка <i>F. ulmaria</i> s. str. и <i>F. denudata</i>	12.2 ± 0.7
10	15	2011	<i>F. ulmaria</i> s. str.	10.1 ± 0.2
10	16	2011	<i>F. denudata</i>	9.9 ± 0.3
11	17	2011	<i>F. ulmaria</i> s. str.	9.7 ± 0.1
11	18	2011	<i>F. denudata</i>	9.5 ± 0.4
Кировская область				
12	19	2011	<i>F. ulmaria</i> s. str.	9.9 ± 0.2
12	20	2011	<i>F. denudata</i>	9.5 ± 0.1

Анализ образцов, собранных в 2010 г., показал, что в «смешанных», т.е. содержащих одновременно *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata*, природных популяциях (№№ 6-10) содержание флавоноидов в цветках в большинстве случаев

было немного повышено по сравнению с популяциями, содержащих только *F. ulmaria* s. str. (№№ 1-5): соответственно 9.9 — 13.2% и 8.4 — 12.8% (табл. 1). В среднем, содержание флавоноидов в «смешанных» популяциях составляло 12.1 ± 0.4 , в «чистых» популяциях — 11.2 ± 0.4 .

В 2011 г. был проведен отдельный сбор цветков *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* в ряде «смешанных» природных популяций (№№ 9-12). Анализ данных показал, что в популяциях 10-12 различие между изучаемыми таксонами незначительно; только в популяции 9 цветки *F. denudata* содержали заметно больше флавоноидов, чем у *F. ulmaria* s. str. (рис. 1).

Был проведен двухфакторный дисперсионный анализ данных для «смешанных» популяций, где в качестве одного из факторов выступала таксономическая принадлежность, а в качестве другого — принадлежность к конкретной популяции. Установлено отсутствие значимых различий между *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* ($p=0.24$); содержание флавоноидов у первого таксона составляло в среднем $9,0 \pm 0,11$, у второго — 9.2 ± 0.1 . Однако наблюдались значимые различия между популяциями ($p < 10^{-10}$) в пределах каждого таксона (рис. 1).

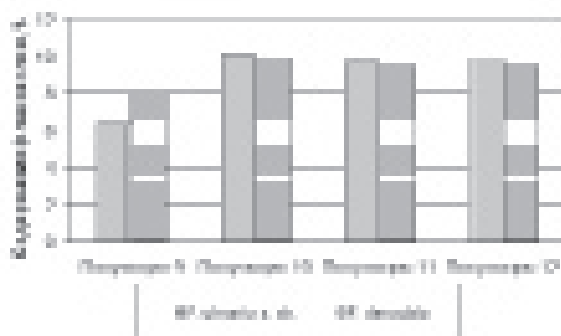


Рис. 1. Содержание флавоноидов в цветках *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* из смешанных популяций №№ 9-12 в 2011 году

Выявлено также значимое взаимодействие между изученными факторами ($p=1.8 \cdot 10^{-3}$). В популяции 9 содержание флавоноидов как среднее по популяции, так и по каждому таксону достоверно ниже, чем в остальных популяциях; при этом в данной популяции содержание флавоноидов у *F. denudata* значимо выше, чем у *F. ulmaria* s. str. В популяциях 10-12 различия в содержании флавоноидов у изученных таксонов недостоверны. Можно предположить, что содержание флавоноидов у *F. ulmaria* s. str. характеризуется большей межпопуляционной изменчивостью, чем у *F. denudata*; количество флавоноидов колеблется от 6.4 до 10.1% у *F. ulmaria* s. str. и от 8.0 до 9.9% у *F. denudata*.

Не прослеживается взаимосвязь между содержанием флавоноидов в цветках и географическим расположением изученных популяций. Так, в популяциях 9 и 10, расположенных друг от друга на расстоянии около 10 км, содержание флавоноидов различалось в 2010 г. для объединенных выборок в 1.2 раза, в 2011 г. для *F. ulmaria* s. str. — в 1.6 раза, для *F. denudata* — в 1.2 раза. В то же время популяция 10 почти не отличалась по содержанию флавоноидов от популяции 7, расположенной в 70 км к северо-востоку от нее (в 2010 г.)

и от популяции 12, находящейся в 500 км западнее, за пределами Урала (в 2011 г.) (табл. 1).

В 2010 г. минимальное содержание флавоноидов (7.8 %) отмечено в цветках растений *F. ulmaria* s. str., выращенных в Ботаническом саду УрО РАН (образец 21; табл. 2). В 2011 г. содержание флавоноидов в цветках растений, выращенных в условиях культуры (образцы 22 и 23), также было ниже, чем в природных популяциях (соответственно 6.7 и 6.5%). Только в популяции 9 количество флавоноидов в 2011 г. было примерно таким же, как в ботаническом саду — 6.4% для *F. ulmaria* s. str. (табл. 1, 2). Таким образом, условия культуры, возможно, неблагоприятно влияют на накопление флавоноидов в цветках *F. ulmaria*. Однако, по данным Н.Ю. Гудковой [10], перенесение растений этого вида из природных условий на опытное поле Ботанического сада ВИЛАР не оказало отрицательного влияния на содержание этих веществ.

Таблица 2

Содержание флавоноидов в цветках *F. ulmaria* s. str. в условиях культуры

Условия выращивания в Ботаническом саду	Номер образца	Год сбора	Содержание флавоноидов, %
Увлажненный участок	21	2010	7.8 ± 0.1
- " -	22	2011	6.7 ± 0.1
Сухой участок	23	2011	6.5 ± 0.4

В Ботаническом саду УрО РАН растения выращивались на двух различных участках: в условиях повышенной влажности (образцы 21 и 22) и на более сухой почве (образец 23). Сравнение растений на этих участках показало отсутствие достоверных различий по содержанию флавоноидов в цветках (табл. 2). Однако растения на этих участках значительно различались по скорости сезонного развития: в 2011 г. на сухом участке достоверно раньше, чем на увлажненном, растения вступали в фазы отрастания (на 4 дня), бутонизации (на 6 дней), созревания семян (на 15 дней) (результаты фенологических наблюдений обработаны по методике Г.Н. Зайцева [13]).

Некоторые из изученных популяций были проанализированы нами дважды — в 2009 и 2010 гг. (популяция 1 — образцы 1 и 2), 2010 и 2011 гг. (популяция 3 — образцы 4 и 5, а также образцы 21 и 22 в условиях культуры). Установлено, что в 2010 г. накопление флавоноидов было более высоким, чем в 2011 г. как в условиях культуры, так и в природной популяции (табл. 1, 2). В популяции 9 в 2010 г. содержание флавоноидов в объединенной выборке цветков было выше, чем в 2011 г. у каждого из изученных таксонов (*F. ulmaria* s. str. и *F. denudata*) по отдельности. В популяции 10 в 2010 г. количество флавоноидов в объединенной выборке было также больше, чем в 2011 г., для *F. ulmaria* s. str. (рис. 2).

Таким образом, в 2010 г. накопление флавоноидов в целом было заметно выше, чем в 2011 г. В популяции 1 в 2010 г. накопление флавоноидов также было более высоким по сравнению с 2009 г. (табл. 1). Это может быть связано с условиями вегетационного периода, который в 2010 г. был намного более теплым и сухим, чем обычно, с большим количеством солнечных дней.

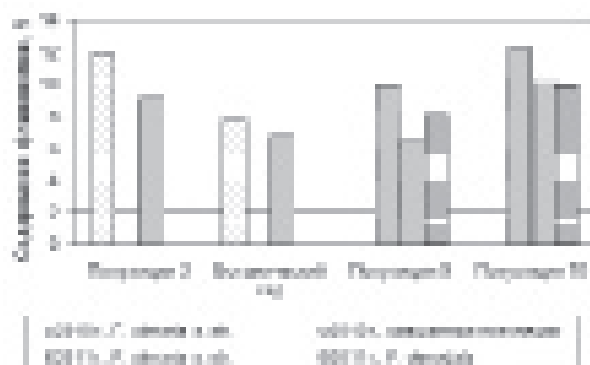


Рис. 2. Накопление флавоноидов в различные вегетационные сезоны в природных популяциях лабазника и в условиях культуры

Выводы.

Изучение особенностей накопления флавоноидов в цветках растений лабазника вязолистного в различных природных популяциях показало высокое содержание этих веществ (в пересчете на рутин) в уральских популяциях (на территории Свердловской области) и в популяции из Кировской области: от 6.4 до 13.2%.

В популяциях, содержащих одновременно растения *F. ulmaria* s. str. и *F. denudata* (J. et C. Presl) Fritsch, в большинстве случаев не наблюдается различий между данными таксонами по содержанию флавоноидов; в целом, их количество колебалось в 2011 г. от 6.4 до 10.1% у *F. ulmaria* s. str. и от 8.0 до 9.9% у *F. denudata*.

Межпопуляционная изменчивость содержания флавоноидов в цветках достаточно высока, особенно для *F. ulmaria* s. str. При этом не прослеживается взаимосвязь между содержанием флавоноидов в цветках и географическим расположением изученных популяций.

Отмечено влияние условий вегетационного сезона на накопление флавоноидов: в 2010 г., в условиях необычно теплого и сухого вегетационного сезона, оно было заметно выше, чем в 2009 и 2011 гг. (в 1.1-1.3 раза).

В условиях культуры в Ботаническом саду УрО РАН содержание флавоноидов ниже, чем в большинстве природных популяций. По-видимому, условия культуры оказывают неблагоприятное влияние на накопление флавоноидов. При этом в цветках растений, выращенных на увлажненном участке, содержится такое же количество флавоноидов, что и на более сухой почве: соответственно 6.7 и 6.5% (в 2011 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас лекарственных растений России. М.: ВИЛАР, 2006. 352 с.
2. ВФС 42-1777-87 «Лабазника вязолистного цветки».
3. Авдеева Е.Ю., Краснов Е.А. Биологическая активность *Filipendula ulmaria* (*Rosaceae*) // Раст. ресурсы. 2010. Вып. 3. С. 123-130.
4. Сергиевская Е.В. Подрод *Ulmaria* Moench рода *Filipendula* Adans. на территории СССР и распространение его видов // Ареалы растений флоры СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. С. 179-190.

5. Камелин Р. В. Род 3. Лабазник, Таволга — *Filipendula* Mill. // Флора Восточной Европы. Т. 10. Покрытосеменные, Двудольные. СПб.: Мир и семья, 2001. С. 314-317.
6. Шанцер И.А. О географической изменчивости и эволюции *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. и близких видов // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 1989. Т. 94. Вып. 6. С. 59-69.
7. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 292.
8. Авдеева Е.Ю., Краснов Е.А., Шилова Е.В. Динамика содержания флавоноидов и фенолокислот в надземной части *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) // Растит. ресурсы. 2009. Вып. 1. С. 107-112.
9. Авдеева Е.Ю. Исследование лабазника вязолистного как источника эффективного ноотропного средства: Автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2008. 27 с.
10. Гудкова Н.Ю. Биологические особенности видов рода *Filipendula* Mill., интродуцируемых в Нечерноземной зоне: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2008. 27 с.
11. Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Коцупий О.В., Загурская Ю.В., Баяндина И.И. Изучение флоры лесостепной зоны Западной Сибири как источника биологически активных соединений // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 273-284.
12. Кудряшова М.Ю. Фармакогностическое исследование *Filipendula ulmaria* Maxim. // М-лы Всеросс. 67-й студенческой науч. конф. им. Н.И. Пирогова. Томск, 2008. С. 320-322.
13. Зайцев Г.Н. Фенология травянистых многолетников. М.: Наука, 1978. 149 с.

REFERENCES

1. *Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii* [Atlas of Medicinal Plants of Russia]. Moscow: VILAR, 2006. 352 p. (in Russian).
2. ВФС 42-1777-87 «*Labaznika vjazolistnogo cvetki*» [«Meadowsweet Flowers»].
3. Avdeeva, E.Ju., Krasnov, E.A. Biological Activity of the *Filipendula ulmaria* (Rosaceae). *Rastitel'nye resursy — Plant Resources*. 2010. Issue. 3. Pp. 123-130 (in Russian).
4. Sergievskaja, E.V. Subgenus *Ulmaria* Moench of genus *Filipendula* Adans. *Arealy rastenij flory SSSR — Plant Areas of the USSR Flora*. Leningrad: Leningrad State University publ., 1965. Pp. 179-190 (in Russian).
5. Kamelin, R.V. Genus 3. Queen-of-the-Meadow, Meadowsweet — *Filipendula* Mill. *Flora Vostochnoj Evropy — Eastern European Flora*. Vol. 10. Angiosperms, Magnoliopsida. St. Petersburg: Mir i sem'ja, 2001. Pp. 314-317 (in Russian).
6. Shancer, I.A. On the Geographical Variability and Evolution of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. and Allied Species. *Bjulleten' MOIP — Bulletin of the Moscow Society of Nature Researchers*. Biological Department. 1989. Vol. 94. Issue 6. Pp. 59-69 (in Russian).
7. Maevskij, P.F. *Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii* [Flora of the Russian Midlands: European Part of the Country]. Ed. 10. Moscow, 2006. p. 292 (in Russian).
8. Avdeeva, E.Ju., Krasnov, E.A., Shilova, E.V. Dynamics of the Contents of Flavonoids and Phenolic Acids in the Aboveground Part of *Filipendula ulmaria* (Rosaceae). *Rastitel'nye resursy — Plant Resources*. 2009. Issue 1. Pp. 107-112 (in Russian).
9. Avdeeva, E.Ju. *Issledovanie labaznika vjazolistnogo kak istochnika jeffektivnogo nootropnogo sredstva* (Avtoref. diss. kand.) [Study fo the Meadowsweet as a Source of an Effective Nootropic Agent (Cand. Diss. thesis)]. Perm', 2008. 27 p. (in Russian).
10. Gudkova, N.Ju. *Biologicheskie osobennosti vidov roda Filipendula Mill., introduciruemyh v Nechernozemnoj zone* (Avtoref. diss. kand.) [Biological Peculiarities of the Species of Genus *Filipendula* Mill. Introduced in the Nonblack Soil Zone (Cand. Diss. thesis)]. Moscow, 2008. 27 p. (in Russian).
11. Vysochina, G.I., Kukushkina, T.A., Kocupij, O.V., Zagurskaja, Yu.V., Bajandina, I.I. Study of the Flora of the Woodland-Steppe Zone of Western Siberia as a Source of Bioactive Compounds. *Sibirskij jekologicheskij zhurnal — Siberian Ecological Journal*. 2011. № 2. Pp. 273-284 (in Russian).

12. Kudrjashova, M.Yu. *Filipendula ulmaria* Maxim. Pharmacognostic Research of *Filipendula ulmaria* Maxim. *M-ly Vseross. 67-j studencheskoj nauch. konf. im. N.I. Pirogova* (Materials of the All-Russian 67-th Student Scientific Conference Named After N.I. Pirogov). Tomsk, 2008. Pp. 320-322 (in Russian).

13. Zajcev, G.N. *Fenologija travjanistyh mnogoletnikov* [Phenology of Perennial Grass Species]. Moscow: Nauka, 1978. 149 p. (in Russian).