

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
РАСТЕНИЙ

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ЛИСТЬЯХ И СОЦВЕТИЯХ  
*SPIRAEA MEDIA* (ROSACEAE) В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ  
И В КУЛЬТУРЕ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

© 2020 г. Т. И. Ширшова<sup>1</sup>, \*, А. Н. Смирнова<sup>1</sup>, И. В. Бешлей<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

\*e-mail: shirshova@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 16.01.2020 г.

После доработки 29.02.2020 г.

Принята к публикации 18.03.2020 г.

Проведены исследования экстрактов листьев и соцветий растений-интродуцентов *Spiraea media* Franz Schmidt из коллекции Ботанического сада Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук и природной популяции из Усть-Куломского района Республики Коми на содержание биологически активных веществ: сквалена, нейтральных липидов и их жирнокислотного состава. Наиболее высокое содержание нейтральных липидов обнаружено в листьях (6.5% сухой массы) и соцветиях (4.5%) растения-интродуцента, минимальное – в природном образце из Усть-Куломского района (3.9 и 2.6% сухой массы соответственно). Преобладающими по содержанию, как в листьях, так и в соцветиях являются пальмитиновая (С16:0) и линоленовая (С18:3Δ9,12,15) кислоты. Во всех случаях, за исключением природного образца, преобладают предельные кислоты. Отмечено довольно высокое содержание таких редко встречающихся кислот, как непредельные вакценовая и гадолеиновая и предельных – бегеновая и лигноцереновая, содержание которых в нейтральных липидах листьев и соцветий достигает 6.7 и 11.7% соответственно. Содержание сквалена во всех образцах незначительно, более высокое обнаружено в соцветиях *S. media* из природной популяции (0.12% массы липидов), минимальное – в листьях и соцветиях (0.05/0.05%) интродуцента из Сыктывдинского района.

**Ключевые слова:** *Spiraea media*, нейтральные липиды, высшие жирные кислоты, сквален

**DOI:** 10.31857/S0033994620020089

Спирея средняя *Spiraea media* Franz Schmidt – единственный вид из рода спирея *Spiraea* L., произрастающий на территории Республики Коми [1]. Род спирея относится к семейству розоцветных Rosaceae и насчитывает около 100 видов, распространенных в основном во флоре умеренной зоны Северного полушария. На территории России в естественных условиях встречается 22 вида [2, 3].

Одним из основных достоинств видов этого рода являются декоративные качества, благодаря чему они используются для озеленения городов, поселков и территорий промышленных предприятий.

Исследователями отмечено, что виды рода спирея устойчивы к засухе и холоду [4–6], хорошо переносят заморозки весной и осенью, неприхотливы к почвенным условиям и могут быть успешно выращены в северных регионах России [11, 12]. Кроме того они хорошо адаптируются к городской среде [8–10] и являются одними из лучших лиственных растений, снижающих шумовой фон в городе [7]. Исследования, проведенные в

Ботаническом саду Института общей и экспериментальной биологии АН Монголии, посвященные изучению интродукции спиреи средней, показали ее способность к выживанию и возможность культивирования в городских условиях Улан-Батора [13]. В озеленении г. Сыктывкара и других городов Коми Республики спирея встречается редко.

*Spiraea media* – бореальный евроазиатский вид, представляющий собой декоративный и медоносный ветвистый кустарник с округлой кроной и ярко-зелеными листьями, высотой 1–2 м. Родиной спиреи считают Юго-Восточную Европу, Сибирь, север Средней Азии. Наиболее распространены виды этого рода в долинах рек и ручьев, по склонам пойменных грив, произрастают группами на лесных опушках, облесенных склонах, а также на лугах. Часто встречаются на песчано-галечниковых берегах, обнажениях коренных пород (известняков). Реже и в небольших количествах растут в подлеске смешанных лиственных, еловых и сосновых травянистых лесов [1].

В последние годы род спирея привлекает внимание ученых как источник целого набора биологически активных веществ, проявляющих высокую антиоксидантную активность (АОА), которые издавна используются в народной медицине [14, 15]. Изучению биологически активных веществ видов рода *Spiraea* посвящен ряд публикаций отечественных авторов, среди которых лидируют исследования фенольных соединений [16, 17]. К изучению биологической активности видов рода *Spiraea* обращались и зарубежные исследователи [18, 19].

Результаты исследования девяти видов рода *Spiraea*, произрастающих на территории Дальнего Востока России, показали, что листья и соцветия всех исследованных растений обладают антиоксидантной активностью. При этом показатели АОА водных экстрактов листьев и соцветий спирей в большинстве случаев выше, чем водно-спиртовых. По предположению авторов, в растениях рода спирея содержатся большей частью водорастворимые антиоксиданты, которые легко переходят в раствор, придавая ему лекарственные свойства [15].

Фармакологические свойства спиреи средней *S. media* и спиреи иволистной *S. salicifolia* изучены лучше, чем других видов. Им свойственны антибактериальная, антигельминтная, жаропонижающая, противовоспалительная активность, что, по мнению авторов, может быть связано с высоким содержанием катехинов [15, 20]. Катехины относятся к уникальным природным антиоксидантам, которые обладают антибактериальными свойствами, препятствуют повреждению и разрушению клеток, тем самым замедляя старение организма и способствуя профилактике онкологических заболеваний. Самое высокое содержание катехинов обнаружено в соцветиях *S. media* var. *media* – 5.7%. В листьях этого растения их значительно меньше – 1.5% [15]. Кроме того в листьях и соцветиях этих видов найдены флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты [16, 21].

В коллекции дендрария Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН представлено более 40 видов рода *Spiraea*, форм и сортов разного географического происхождения и возраста [22, 23]. Подробно изучено два многолетних образца *Spiraea media*. Растения изучаются по методике фенологических наблюдений, разработанной в Главном ботаническом саду [24, 25].

Целью наших исследований было сравнительное изучение содержания биологически активных веществ – сквалена, липидов и входящих в них высших жирных кислот в листьях и соцветиях растений-интродуцентов *Spiraea media* и природного образца из Усть-Куломского р-на Республики Коми.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – культивируемые в дендрарии Ботанического сада растения *S. media* и природный образец из Усть-Куломского р-на Республики Коми (левый берег верхнего течения р. Вычегда, в 250 км к северо-востоку от г. Сыктывкар: 62°04' с.ш., 54°17' в.д.), относящегося к подзоне средней тайги [26].

Первые растения были привлечены к интродукции в 1938 г. саженцами из Сыктывдинского р-на (табл. 1, обр. 2). Высота растений до 1.9 м, диаметр кроны до 1.6 м. Вегетационный период длится с середины мая до середины сентября. Обильное цветение наблюдается с начала июня, средняя продолжительность цветения 12 дней. Семена созревают в конце августа.

Второй образец (табл. 1, обр. 3) привлечен к интродукции в 2008 г. саженцами из Интинского р-на, который находится в 665 км к северо-востоку от г. Сыктывкар (географические координаты: 66°02' с.ш., 60°08' в.д.). Высота растений до 1 м, диаметр кроны – до 0.6 м. Небольшие размеры растений этого образца, вероятно, связаны с их интродукцией из северного района республики и более молодым возрастом. Вегетационный период длится с середины мая до середины сентября. Цветение этого образца начинается немного раньше, в конце мая – начале июня. Средняя продолжительность цветения 14 дней. Семена созревают в конце августа. На более рыхлом грунте у этого образца отмечен самосев. Зимостойкость обоих образцов оценивается в I балл [23].

Период цветения растений непродолжительный – 12–14 дней, но оно дружное и обильное, что свидетельствует об их высоких декоративных качествах и привлекает большое количество насекомых-опылителей. Продолжительность цветения составляет от 9 (обр. 2) до 11% (обр. 3) от периода вегетации.

Растительный материал для биохимического анализа собирали в 2019 г. в фазе массового цветения. В сухую погоду срезали верхушки побегов (листья и соцветия), сушили под навесом в отсутствие солнечного света. Для сравнения в табл. 1 приведены данные для растения-интродуцента (обр. 4), и природного образца из Усть-Куломского р-на (обр. 5), которые были собраны летом 2018 г. в фазе массового цветения [27].

Липидные фракции извлекали трехкратной экстракцией гексаном при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Гексановые экстракты объединяли, фильтровали через складчатый фильтр с безводным сульфатом натрия и упаривали в вакууме при температуре не выше 40 °С до полного удаления растворителя. Определяли массу полученных маслообразных остатков гравиметрическим методом (табл. 1).

**Таблица 1.** Содержание биологически активных веществ в листьях (числитель) и соцветиях (знаменатель) *Spiraea media*  
**Table 1.** The content of biologically active substances in leaves (numerator) and inflorescences (denominator) of *Spiraea media*

Номер образца Sample number	Происхождение исходного образца Origin of the original sample	Дата сбора материала, фенофаза Date of collection of the material, phenological phase	Масса сухого вещества (г) Dry weight (g)	Содержание нейтральных липидов Content of neutral lipids		Содержание сквалена в нейтральных липидах Content of squalene in neutral lipids	
				мг, mg	%	мг, mg	%
1	Природная популяция, Усть-Куломский р-он Республики Коми Natural population, Ust-Kulom district of the Republic of Komi	Массовое цветение 12.06.2019 Mass blooming	21/24	810/630	3.9/2.6	0.3/0.8	0.04/0.12
2	БС, интродуцент 1938 г., местная флора, Сыктывдинский р-он Республики Коми (саженцы) Botanical garden, introduced in 1938 from local flora, Syktyvdiin district of Republic of Komi (nursery transplants)	Массовое цветение 07.06.2019 Mass blooming	13/7	780/310	6.5/4.5	0.4/0.2	0.05/0.05
3	БС, интродуцент 2008 г., местная флора, Интинский р-он Республики Коми Botanical garden, introduced in 2008 from local flora, Intin district of the Republic of Komi	07.06.2019 Массовое цветение Mass blooming	12/11	590/400	4.9/3.7	0.2/0.4	0.03/0.09
4*	БС, интродуцент 1938 г., местная флора, Сыктывдинский р-он Республики Коми (саженцы) Botanical garden, introduced in 1938 from local flora, Syktyvdiin district of the Republic of Komi (nursery transplants)	22.06.2018 Массовое цветение Mass blooming	2.1/1.7	94/54	4.5/3.2	0.1/0.1	0.09/0.14
5*	Природная популяция, Усть-Куломский р-он Республики Коми Natural population, Ust-Kulom district of the Republic of Komi	30.06.2018 Массовое цветение Mass blooming	0.3/0.6	18.3/9.0	5.4/1.6	0.002/0.0002	0.004/0.04

Примечание: \* см. статья Т.И. Ширишовой и др., 2019 [27].  
 Note: \* See: Shirishova et al., 2019 [27].

Жирнокислотный состав липидов устанавливали методом газо-жидкостной хроматографии метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК), входящих в их состав. Метилирование проводили в запаянных ампулах по модифицированному методу [28], для чего 10 мг анализируемого образца выдерживали в запаянной ампуле в 5 мл 1.5%-ного метанольного раствора концентрированной серной кислоты в течение 1 ч при 105 °С. Содержимое вскрытых после охлаждения ампул выливали в пробирки с притертыми пробками, добавляли 3–6 мл дистиллированной воды и проводили трехкратную экстракцию 3 мл гексана. После расслоения смеси осторожно отбирали гексановую фракцию, сушили фильтрацией через слой безводного сульфата натрия и упаривали на ротонном испарителе. Анализ проводили в Центре коллективного пользования “Хроматография” Института биологии КНЦ УрО РАН на газовом хроматографе Кристалл 2000 М (Россия) с пламенно-ионизационным детектором. МЭЖК разделяли в изотермическом режиме при температуре термостата 200 °С на кварцевой капиллярной колонке (TR-WAX, Thermo-Electron США, 30 м × 0.2 мм × 0.25 мкм). Газ-носитель – гелий, чистота 99.99%. Скорость потока газа-носителя через колонку 0.6 мл/мин, деление потока – 1 : 50. Расход вспомогательных газов: водород – 20 мл/мин, воздух – 200 мл/мин. Температура испарителя и детектора 250 °С. Регистрацию и обработку хроматограмм осуществляли с помощью системы сбора и обработки хроматографических данных “Хроматэк” (Кристалл, Россия). Идентификацию МЭЖК проводили методом хромато-масс-спектрометрии на приборе Finnigan Trace DSQ Thermo-Electron (США). Данные, приведенные в таблицах, представляют результат анализа одного усредненного биологического образца.

Определение содержания сквалена в нейтральных липидах осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в изократическом режиме на хроматографе Smartline (Knauer, Германия). Колонка Nucleosil 5-C18, 5 мкм, 250 × 4 мм, термостат колонки 40 °С, объем петли дозирования 20 мкл, элюент – ацетонитрил, расход 1.5 мл/мин, детектирование при 218 нм. Концентрацию сквалена в гексановых экстрактах рассчитывали с использованием программы ClarityChrom методом внешнего стандарта по площади пика. В качестве стандарта для калибровки использовали Squalene (98%, Sigma, Australia). Перед анализом образцы очищали на концентрирующем патроне Диапак Силикагель. Пробу вводили в ацетонитриле.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Липиды лекарственных растений представляют важную группу биологически активных ве-

ществ. Ранее сведений о содержании их в растениях рода *Spiraea* мы в литературе не обнаружили. Проведенные нами исследования экстрактов листьев и соцветий девяти представителей рода *Spiraea* L. из коллекции Ботанического сада и природной популяции позволили впервые охарактеризовать содержание в них трех групп биологически активных веществ: нейтральных липидов, сквалена, сапонинов [27]. Было обнаружено, что наибольшие количества нейтральных липидов накапливаются в листьях *S. media*. В соцветиях растений этого вида из природной популяции найдено относительно более высокое содержание сквалена по сравнению с другими исследованными видами (табл. 1, обр. 4, 5). У большинства видов (*S. humilis*, *S. beauverdiana*, *S. corymbosa*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. media*) максимальное количество суммы экстрактивных веществ, содержащих сапонины, обнаружено в соцветиях (от 1.8 до 8.1% сухой массы), самое высокое – в листьях и соцветиях *S. betulifolia* (7.1 и 7.2% соответственно). В листьях всех видов, за исключением *S. betulifolia*, найдено от 0.8 (*S. salicifolia*) до 3.0% (*S. media*) сапонинсодержащих веществ [27].

Многолетние исследования *S. media*, единственного вида рода *Spiraea*, встречающегося в природе на территории Республики Коми и впервые интродуцированного в Ботаническом саду в 1938 г., позволили выявить особенности его биологии в условиях культивирования на Севере. Сезонный ритм развития, высокая зимостойкость, декоративные качества, показатели цветения, плодоношения, семенного размножения, долговечность, свидетельствуют о высоком адаптационном потенциале вида и позволяют рекомендовать его для более широкого использования в декоративном садоводстве Республики [23, 25].

Показатели количества нейтральных липидов в гексановых экстрактах листьев и соцветий лежат в диапазоне соответственно от 3.9 до 6.5% и от 1.6 до 4.5% массы сухого сырья (табл. 1). Максимальное содержание найдено в листьях и соцветиях растения-интродуцента (обр. 2), минимальное – в природном образце из Усть-Куломского района.

В липидах, выделенных из листьев и соцветий, преобладающими по содержанию являются пальмитиновая (С16:0) и линоленовая (С18:3Δ9,12,15) кислоты. В листьях количество предельной пальмитиновой кислоты лежит в интервале 35–44% суммы основных кислот, линоленовой 26–32% (табл. 2). Суммарное содержание предельных кислот в листьях (53–64%) значительно превышает содержание непредельных кислот (36–47%). В соцветиях количество предельных кислот более значительно (56–81%), чем в листьях.

Следует обратить внимание на присутствие в этом растении таких непредельных кислот, как

**Таблица 2.** Содержание основных высших жирных кислот в нейтральных липидах листьев (числитель) и соцветий (знаменатель) *Spiraea media* (% общей суммы)**Table 2.** The content of basic higher fatty acids in neutral lipids from *Spiraea media* leaves (numerator) and inflorescences (denominator) (% of total)

Название кислоты Acid	Номер образца Sample number		
	1	2	3
Лауриновая (C12:0) Lauric acid	0.4/2.7	0.3/2.6	0.3/2.5
Миристиновая (C14:0) Myristic acid	6.4/6.5	5.2/6.5	7.4/6.1
Пентадециловая (пентадекановая) C15:0 Pentadecyl acid	0.3/1.5	0.2/1.2	0.1/0.7
Пальмитиновая (C16:0) Palmitic acid	35.0/32.0	38.0/51.0	44.0/38.0
Пальмитолеиновая (C16:1Δ9) Palmitoleic acid	0.3/0.4	0.2/0.2	0.2/0.3
Маргариновая (гептадекановая) C17:0 Margaric acid	0.2/0.3	0.2/0.4	0.2/0.3
Стеариновая (C18:0) Stearic acid	1.5/3.6	1.4/4.2	1.4/3.8
Олеиновая (C18:1Δ9) Oleic acid	4.8/3.1	3.6/4.3	3.0/3.0
Вакценовая (C18:1Δ11) Vaccenic acid	0.2/0.4	0.2/0.6	0.2/0.4
Линолевая (C18:2Δ9,12) Linolic acid	8.0/12.0	10.0/7.7	6.9/9.7
Линоленовая (C18:3Δ9,12,15) Linolenic acid	32.0/28.0	32.4/6.1	26.0/21.2
Арахидиновая (C20:0) Arachic acid	4.1/2.1	2.3/3.5	3.6/3.5
Гадолеиновая (цисэйкозеновая) C20:1Δ11 Gadoleic acid	0.4/0.3	0.3/0.6	0.2/0.3
Бегеновая (докозановая) C22:0 Begen (docosan) acid	3.8/4.2	2.6/7.1	3.6/6.2
Лигноцерининовая (тетракозановая) C24:0 Lignoceric (tetracosanoic) acid	2.8/2.8	3.0/4.8	3.1/4.0
Суммарное содержание предельных кислот Total content of saturated acids	54.5/55.7	53.2/80.5	63.7/65.0
Суммарное содержание непредельных кислот Total content of unsaturated acids	45.5/44.3	46.8/19.5	36.3/35.0

Примечание: номера образцов соответствуют приведенным в табл. 1.  
Note: sample numbers correspond to those given in table 1.

вакценовая С18:1Δ11 и гадолеиновая (*цис*-эйкозеновая) С20:1Δ11. Их суммарное содержание в образцах 1–3 в листьях составляет соответственно 0,6, 0,5, 0,4%, в соцветиях – 0,8, 1,2, 0,7%. Кроме того в образцах выявлено довольно высокое содержание таких редко встречающихся предельных кислот, как бегеновая (докозановая) С22:0 и лигноцериновая (тетракозановая) С24:0, суммарное содержание которых в листьях достигает 6,6, 5,6, 6,7%, в соцветиях 7,0, 11,9, 10,2% соответственно. Наибольшее содержание предельных и, соответственно, наименьшее – непредельных кислот обнаружено в растении-интродуценте из Интинского района (обр. 3), в основном за счет значительного меньшего содержания линоленовой кислоты.

Сквален – природный ненасыщенный углеводород тритерпенового ряда в последние годы привлекает внимание ученых и медиков благодаря своему мощному противоопухолевому действию [29]. В настоящее время это вещество активно применяют в качестве иммуностимулятора [30], а также в качестве эффективного противоопухолевого средства [31]. Он признан важнейшим компонентом, выполняющим в организме человека роль регулятора липидного и стероидного обмена [32, 33].

Содержание сквалена в липидных фракциях изученных нами ранее семи видов спиреи из коллекции Ботанического сада очень низкое, однако, он содержится во всех образцах. Наибольшее количество сквалена обнаружено в листьях спиреи иволистной *S. salicifolia* (0,16% массы нейтральных липидов) и в соцветиях спиреи средней *S. media* (0,14%) [27]. В растениях сбора 2019 г. максимальное содержание сквалена (0,12% нейтральных липидов) также было обнаружено в соцветиях (табл. 2, обр. 1). В листьях всех образцов содержание сквалена ниже, чем в соцветиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые выполненное исследование содержания ряда биологически активных веществ в листьях и соцветиях растений *S. media* из коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН и из природной популяции из Усть-Куломского района Республики Коми показало максимальное содержание нейтральных липидов

в листьях и соцветиях растения-интродуцента, минимальное – в природном образце. В липидах как листьев, так и соцветий преобладающими по содержанию являются пальмитиновая и линоленовая кислоты. В липидах листьев преобладают предельные кислоты, содержание которых значительно превышает содержание непредельных кислот. Наибольшее количество предельных и наименьшее – непредельных кислот обнаружено в растении-интродуценте из Интинского района, в основном за счет значительного более низкого содержания линоленовой кислоты.

Установлено довольно высокое содержание таких редко встречающихся кислот, как предельные вакценовая и гадолеиновая и предельных – бегеновая и лигноцериновая, суммарное содержание которых в листьях достигает 6,7, в соцветиях 11,9%.

Сквален как в листьях, так и в соцветиях накапливается в небольших количествах. Наиболее высокое его содержание обнаружено в липидах соцветий *S. media* из природной популяции, минимальное – в листьях и соцветиях растения-интродуцента из Сыктывдинского района.

Предварительные исследования антиоксидантной активности спиртовых и водно-спиртовых экстрактов листьев и соцветий видов рода *Spiraea* показали, что экстракты характеризуются высоким содержанием полифенолов, являющихся важными природными антиоксидантами, и высокой хелатирующей активностью, что, несомненно, является стимулом для дальнейших исследований.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках тем госзаданий “Разработка биокаталитических систем на основе ферментов, микроорганизмов и растительных клеток, их иммобилизованных форм и ассоциаций для переработки растительного сырья, получения биологически активных веществ, биотоплива, ремедиации загрязненных почв и очистки сточных вод” (№ госрегистрации АААА-А17-117121270025-1) и “Закономерности процессов репродукции ресурсных растений в культуре на европейском Северо-Востоке” (№ госрегистрации АААА-А17-117122090004-9) на базе УНУ “Научная коллекция живых растений” Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН (регистрационный № 507428).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флора северо-востока европейской части СССР. 1976. в 4 т. Т. III. Семейства Nymphaeaceae – Hippuridaceae. Л. 293 с.
2. Атрохин В.Г., Калуцкий К.К., Тюриков Ф.Т. 1982. Древесные породы мира. Под ред. Калуцкого К.К. Т. 3 Древесные породы СССР. М. 264 с.
3. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. 2002. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск. 707 с.

4. Аширов Д.Ш. 1984. Биологические особенности спирей в условиях Чуйской долины. Фрунзе. 101 с.
5. Ивченко Н.И. 1984. Некоторые итоги интродукции и акклиматизации древесных растений в условиях Саратовской области. – В кн.: Интродукция и акклиматизация растений в Поволжье и на Урале. Куйбышев. С. 16–21.
6. Семенова И.П. 1989. Цветение спирей и других красивоцветущих кустарников в условиях Мичуринска. – В кн.: Сезонная ритмика декоративных древесных растений. М. С. 24–28.
7. Литвинова Л.И., Левон Ф.М. 1986. Зеленые насаждения и охрана окружающей среды. Киев. 64 с.
8. Александрова М.С. 2000. Аристократы сада: красивоцветущие кустарники. М. С. 138–148.
9. Скупченко Л.А., Скряцкая О.В. 2006. Интродукция видов рода таволга (*Spiraea* L.) в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми. – В кн. Создание и сохранение коллекции полезных растений и выявление путей их адаптации к условиям Севера. Труды Коми научного центра УрО Российской АН, № 179. Сыктывкар, С. 75–93.
10. Александрова М.С. 2009. Спирей. М. 32 с.
11. Мартынов Л.Г. 1980. Особенности роста, развития и зимостойкость некоторых видов *Spiraea* L. в условиях среднетаежной подзоны Коми АССР. – В кн.: Новые виды растений в культуре на Севере. Тр. Коми филиала АН СССР, № 47. Сыктывкар, С. 146–153.
12. Смирнова З.И., Рябченко М.Г. 2009. Использование декоративных растений рода спирея (*Spiraea* L.) в озеленении. – В кн.: Проблемы современной дендрологии: материалы межд. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР П.И. Лапина. М. С. 504–508.
13. Гэрэлчулуун Я., Тушигмаа Ж. 2017. Рост и развитие у интродуцируемой *Spiraea media* Franz Schmidt. – В сб.: Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: науч. ст. по матер. XVI междунар. науч.-практ. конф. Барнаул. С. 332–336.  
<http://elibrary.asu.ru/xmlui/bitstream/handle/asu/3632/read.7book?sequence=1&isAllowed=y>
14. Дикорастущие полезные растения России. 2001. СПб. 663 с.
15. Костикова В.А., Шалдаева Т.М. 2016. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Spiraea* L. Дальнего Востока России. – Химия раст. сырья. 2: 73–78.  
<https://doi.org/10.14258/jcprgm.201602784>
16. Карнова Е.А., Полякова Т.А. 2009. Содержание фенольных соединений и потенциал биологической активности сибирских и дальневосточных видов рода *Spiraea* L. – Растительный мир азиатской России. 2: 79–88.  
<http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2009-2/79.pdf>
17. Серебрякова В.А., Высочина Г.И. 2011. Исследование состава и содержания биологически активных веществ у представителей рода *Spiraea* (Rosaceae) Дальнего Востока. – Растительный мир азиатской России. 2: 120–121.  
<http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2011-2/120.pdf>
18. Xie Z.W. 1996. Quanguo Zhongcaoyao Huibian. – In.: A Collection of Chinese Herbal Drugs. 2 ed. Beijing. P. 514–515.
19. Hiradate S., Morita S., Sugie H, Fuji Y., Harada J. 2004. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii*. – Phytochem. 65: 731–739.  
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.01.010>
20. Запромётов М.Н. 1964. Биохимия катехинов. М. 200 с.
21. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. 1987. Семейства Hydrogenaceae – Haloragaceae. Л. С. 99–101.
22. Смирнова А.Н., Зайнуллина К.С. 2017. Биоморфологическая характеристика некоторых видов рода *Spiraea* L. в культуре на европейском северо-востоке (Республика Коми) – Изв. Коми НЦ УрО РАН. 1: 28–35.  
[http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i29\\_ann.files/A.N.\\_SMIRNOVA\\_\\_K.S.\\_ZAINULLINA.pdf](http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i29_ann.files/A.N._SMIRNOVA__K.S._ZAINULLINA.pdf)
23. Смирнова А.Н., Зайнуллина К.С. 2018. Особенности вегетации, цветения и плодоношения видов рода *Spiraea* L. при культивировании на европейском северо-востоке (Республика Коми) – Самарский научный вестник. 7(2): 115–120. <http://biosamara.ru/const/snv/numbers/snv23.pdf>
24. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. 1975. М. 27 с.
25. Смирнова А.Н., Зайнуллина К.С. 2019. Особенности биологии и фенологии видов *Spiraea* на европейском северо-востоке (Республика Коми). – Новости науки в АПК. 1(1): 132–137.  
<https://doi.org/10.25930/mj54-m991>
26. Атлас Республики Коми. 2011. М. 448 с.
27. Ширшова Т.И., Смирнова А.Н., Бешлей И.В., Уфимцев К.Г. 2019. Ценные биологически активные вещества видов *Spiraea* L. (Rosaceae) в условиях Республики Коми. – Раст. ресурсы. 55(4): 528–536.  
<https://doi.org/10.1134/S0033994619040125>
28. Синяк К.М., Даниленко И.И., Васюренко З.П. Крук В.И. Способ приготовления проб липидов: А.с. 542932, № 2138675; Заявл. 26.05.75; Опубл. 15.01.77. Бюл. № 2.
29. Sala V., Berardi S., Bondioli P. 1998. Amaranth seed: the potentials. – Riv. Ital. Sostanze Grasse. 75(11): 503–506.

30. Чернеховская Н.Е., Чернеховский Д.В., Черных С.Б., Данков В.С. Иммуностимулирующее средство. Пат. 2170096, № 2000128729/14; Заявл. 17.11.2000. Оpubл. 10.07.2001. Бюл. № 19.
31. Newmark H.L. 1997. Squalene, olive oil, and cancer risk: a review and hypothesis. — *Cancer Epidem. Biomark. Prevent.* 6(12): 1101–1103. <https://cebpr.aacrjournals.org/content/6/12/1101.full-text.pdf>
32. Гинс В.К., Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С., Кононков Ф.П. Антиоксидант: Пат. 2140432, № 98107872/13; Заявл. 22.04.98. Оpubл. 27.10.99.
33. Cai Y., Sun M., Corke H. 2003. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. — *J. Agric. Food Chem.* 51(8): 2288–2294. <https://doi.org/10.1021/jf030045u>

## Biologically Active Compounds in Leaves and Inflorescences of Wild and Cultivated *Spiraea media* (Rosaceae) from the Komi Republic

T. I. Shirshova<sup>a</sup>, \*, A. N. Smirnova<sup>a</sup>, I. V. Beshley<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*

\**e-mail: shirshova@ib.komisc.ru*

**Abstract**—*Spiraea media* (Franz Schmidt) leaves and inflorescences extracts from plants cultivated in the Botanical garden of the Institute of biology of the Komi scientific center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences and from natural population from Ust-Kulom area of the Komi Republic were studied. *S. media* was, for the first time, tested for the content of biologically active compounds: squalene, neutral lipids and their fatty acid composition. The highest content of neutral lipids was found in the leaves and inflorescences of the introduced plant, the minimum – in a natural sample from Ust-Kulom district. In the lipids of both leaves and inflorescences, palmitic and linolenic acids are predominant. Saturated fatty acids prevail in leaves lipids, significantly exceeding the content of unsaturated fatty acids. The highest content of saturated acids and, accordingly, the lowest of unsaturated ones was found in the cultivated plant from the Inta region, mainly due to the significantly lower content of linolenic acid. The observed rather high content of such rare acids as vaccenic, gadoleic, behenic and lignoceric can be used as a taxonomic characteristic of this species. Squalene both in leaves and inflorescences is accumulated in small quantities. The highest content of squalene was found in the lipids of *S. media* inflorescences from the natural population, and the lowest – in the leaves and inflorescences of the introduced plant from the Syktyvkar region.

*Key words:* *Spiraea media*, neutral lipids, highest fatty acids, squalene

### ACKNOWLEDGMENTS

This work is performed under the state assignment “Development of biocatalytic systems based on enzymes, microorganisms and plant cells and their immobilized forms and associations for the processing of vegetable raw materials, the production of biologically active substances, bio-fuels, remediation of polluted soils and wastewater treatment” (state registration № AAAA-A17-117121270025-1) and “Regularities of reproduction processes of resource plants in culture at the European North-East” (state registration № AAAA-A17-117122090004-9). The study was carried out at CF “The scientific collection of live plants” of the Botanical garden of the Institute of biology Komi SC RAS (core facilities Reg. № 507428).

### REFERENCES

1. [Flora of the North-East of the European part of the USSR]. 1976. Т. III. Nymphaeaceae – Hippuridaceae. Leningrad. 293 p. (In Russian)
2. Atrohin V.G., Kalutskiy K.K., Tyurikov F.T. 1982. [Tree species of the world. Т. 3 Woody plants of the USSR]. Moscow. 264 p. (In Russian)
3. Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. 2002. [Woody plants of the Asian part of Russia]. Novosibirsk. 707 p. (In Russian)
4. Ashirov D.Sh. 1984. [Biological features of spireas from the Chuya valley]. Frunze. 101 p. (In Russian)
5. Ivchenko N.I. 1984. [Some results of introduction and acclimatization of woody plants in the Saratov region]. — In: [Plant introduction and acclimatization in the Volga region and Urals]. Kuibyshev. P. 16–21. (In Russian)
6. Semenova I.P. 1989. [Flowering of spireas and other beautiful flowering shrubs in Michurinsk]. — In: [Seasonal rhythms of ornamental woody plants]. Moscow. P. 24–28. (In Russian)
7. Litvinova L.I., Levon F.M. 1986. [Green planting and environmental protection]. Kiev. 64 p. (In Russian)
8. Aleksandrova M.S. 2000. [Aristocrats of the garden: Beautiful flowering shrubs]. Moscow. P. 138–148. (In Russian)



9. *Skupchenko L.A., Skrotskaya O.V.* 2006. [Introduction species of the genus *Spiraea* L. under the conditions of middle taiga subzone of the Komi Republic]. – In: [Establishment and preservation of useful plants collections and determination means of their adaptation to northern environments]. Trudi Komi nauchnogo tsentra UrO RAN. № 179. Syktyvkar. P. 75–93. (In Russian)
10. *Aleksandrova M.S.* 2009. [Spireas]. Moscow. 32 p. (In Russian)
11. *Martynov L.G.* 1980. [Features of growth, development and winter hardiness of some species of *Spiraea* L. in the middle taiga subzone of the Komi ASSR]. – In: [Plant species new for northern cultivation]. Trudy Komi filiala AN SSSR. № 47. Syktyvkar. P. 146–153. (In Russian)
12. *Smirnova Z.I., Ryabchenko M.G.* 2009. [Use of ornamental plants of the genus spirea (*Spiraea* L.) in green planting]. – In: [Problems of Modern Dendrology. Proceedings of the international scientific conference] Moscow. P. 504–508. (In Russian)
13. *Gerelchuluun Ya., Tushigmaa Zh.* 2017. Development and growth of introducing *Spiraea media* Franz Schmidt. – In: Problems of botany of South Siberia and Mongolia: Proceedings of the 16th international scientific and practical conference (Barnaul, 5–8 June, 2017). Barnaul. P. 332–336. <http://elibrary.asu.ru/xmlui/bitstream/handle/asu/3632/read.7book?sequence=1&isAllowed=y> (In Russian)
14. [Useful wild plants of Russia]. 2001. St.-Petersburg. 663 p. (In Russian)
15. *Kostikova V.A., Shaldayeva T.M.* 2016. The antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the genus *Spiraea* L. (*Rosaceae* Juss.) – *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 2: 73–78. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201602784> (In Russian)
16. *Karpova E.A., Polyakova T.A.* 2009. Content of phenolic compounds and potential of biological activity of Siberian and Russian Far Eastern species of the genus *Spiraea* L. (*Rosaceae* Juss.) – *Rastitelniy mir aziatskoy Rossii*. 2: 79–88. <http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2009-2/79.pdf> (In Russian)
17. *Serebryakova V.A., Vysochina G.I.* 2011. [Study of the composition and content of biologically active substances in representatives of the genus *Spiraea* (*Rosaceae*) of the Far East]. – *Rastitelniy mir aziatskoy Rossii*. 2: 120–121. (In Russian) <http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2011-2/120.pdf>
18. *Xie Z.W.* 1996. *Quanguo Zhongcaoyao Huibian*. – In.: A Collection of Chinese Herbal Drugs. 2 ed. Beijing. P. 514–515.
19. *Hiradate S., Morita S., Sugie H, Fuji Y., Harada J.* 2004. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii*. – *Phytochem.* 65: 731–739. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.01.010>
20. *Zaprometov M.N.* 1964. [Biochemistry of catechins]. Moscow. 200 p. (In Russian)
21. [Plant Resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition and use. 1987. Hydrogenaceae – Haloragaceae]. Leningrad. P. 99–101. (In Russian)
22. *Smirnova A.N., Zaynullina K.S.* 2017. Biomorphological characteristics of some species of the genus *Spiraea* L. in culture in the European northeast (Republic of Komi). – *Izvestiya Komi NTs UrO RAN*. 1: 28–35. (In Russian) [http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i29\\_ann.files/A.N.\\_SMIRNOVA\\_K.S.\\_ZAINULLINA.pdf](http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i29_ann.files/A.N._SMIRNOVA_K.S._ZAINULLINA.pdf)
23. *Smirnova A.N., Zaynullina K.S.* 2018. [Features of vegetation, flowering and fruiting of the genus *Spiraea* L. species in the cultivation in the European North-East (Republic of Komi)]. – *Samara Journal of Science*. 7(2): 115–120. (In Russian) <http://biosamara.ru/const/snv/numbers/snv23.pdf>
24. [Methods of phenological observations in Botanical gardens of the USSR]. 1975. Moscow. 27 p. (In Russian)
25. *Smirnova A.N., Zaynullina K.S.* 2019. [Features of the biology and phenology of *Spiraea* species in the European northeast (Republic of Komi)]. – *Novosti nauki v APK*. 1(1): 132–137. <https://doi.org/10.25930/mj54-m991> (In Russian)
26. [Atlas of the Republic of Komi] 2011. Moscow. 448 p. (In Russian)
27. *Shirshova T.I., Smirnova A.N., Beshley I.V., Ufimtsev K.G.* 2019. Valuable bioactive substances of *Spiraea* (*Rosaceae*) species from the Republic of Komi. – *Rast. resursy*. 55(4): 528–536. (In Russian) <https://doi.org/10.1134/S0033994619040125>
28. *Sinyak K.M., Danilenko I.I., Vasyurenko Z.P. Kruk V.I.* [Method for preparing lipid samples]: Copyright certificate 542932, № 2138675; Dec. 26.05.75; Pub. 15.01.77. Bul. № 2.
29. *Sala V., Berardi S., Bondioli P.* 1998. Amaranth seed: the potentials. – *Riv. Ital. Sostanze Grasse*. 75(11): 503–506. (In Italian)
30. *Chernekhovskaya N.E., Chernekhovskiy D.V., Cherhikh S.B., Dankov V.S.* [Immunostimulatory remedy]: Pat. 2170096, № 2000128729/14; Dec. 17.11.2000; Pub. 10.07.2001. Bul. № 19. (In Russian)
31. *Newmark H.L.* 1997. Squalene, olive oil, and cancer risk: a review and hypothesis. – *Cancer Epidem. Biomark. Prev.* 6(12): 1101–1103. <https://cebp.aacrjournals.org/content/6/12/1101.full-text.pdf>
32. *Gins V.K., Kononkov P.F., Pivovarov V.F., Gins M.S., Kononkov F.P.* [Antioxidant]: Pat. 2140432, № 98107872/13; Dec. 22.04.98; Pub. 27.10.99. (In Russian)
33. *Cai Y., Sun M., Corke H.* 2003. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. – *J. Agric. Food Chem.* 51(8): 2288–2294. <https://doi.org/10.1021/jf030045u>