

Оценка представителей рода *Syringa* L. с выявлением таксонов, обладающих высокой продуктивностью сирингина и антиоксидантной активностью

**Спиридович Е. В., Шабуня П. С., Башилов А. В.,
Зубарев А. В., Решетников В. Н.**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e.spiridovich@cbg.org.by

Резюме. Проведена экстракция сирингина из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Максимальное количество действующего вещества выявлено для *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. С помощью набора реагентов «ФитХем» определена антиоксидантная активность. Наибольшая активность установлена для *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. Полученные данные позволили выявить наиболее ценные представители рода *Syringa* L. в качестве источника сирингина.

Evaluation of the representatives of the genus *Syringa* L. for the the identification of taxa with high productivity of syringin and antioxidant activity. Spiridovich E. V., Shabunya P. S., Bashilov A. V., Zubarev A. V., Reshetnikov V. N. **Summary.** Syringin extraction from the cortex of 21 representatives of the genus *Syringa* L. (2015 (for some) and 2016 years of collection) was carried out, its amount was analyzed by HPLC chromatography. The maximum amount of active substance is revealed for *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. Ex Rchb. f. and *Syringa vulgaris* L. The antioxidant activity was determined using the Fit Chem reagent kit. The greatest activity was established for *Syringa villosa* Vahl. and *Syringa oblata* Lindl. The obtained data made it possible to identify the most valuable representatives of the genus *Syringa* L. as a source of syringin.

Введение

Коллекция представителей рода *Syringa* L. в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (далее — ЦБС) по видовому, сортовому и гибриднему разнообразию составляет более 250 таксонов, а видовая коллекция представлена 35 таксонами. Возраст растений в среднем 40–50 лет. Всего род включает в себя около четырех десятков видов, распространенных по всей Евразии и подразделяется на 2 подрода: сирени и лигустрина. Подрод сирени состоит из четырех серий: пушистые, волосистые, перистолистные и настоящие сирени [1–5].

Кроме высокой декоративности, род *Syringa* L. — является хозяйственно-ценным [2, 6–9]. Древесина некоторых видов используется в строительстве и для изготовления мебели. Фитохимические исследования представителей рода позволили выявить наличие более чем 140 вторичных метаболитов, в том числе иридоидов, лигнанов, фенилпропаноидов, незначительное количество органических кислот и эфирных масел. Лекарственным сырьем является кора стволов и ветвей, листья, соцветия. Из коры сиреней выделены различные вещества фенольной природы. Одним из преобладающих является фенилпропаноид сирингин, который характеризуется антибактериальным, жаропонижающим и противовирусным действиями [10–16].

Растущие потребности фармацевтического рынка, связанные с необходимостью разработки новых лекарственных препаратов, создали предпосылки для изучения химического состава растительного сырья, в том числе и представителей рода *Syringa* L. Детальные исследования показали, что в данном природном источнике обнаруживается ряд фенольных соединений, многие из которых находятся в гликозилированной форме. Наиболее известным из них является сирингин. Относительно недавно было показано, что сирингин обладает иммуномодулирующими, противоаллергическими и противовоспалительными свойствами [14]. Из доступных литературных источников следует, что кора сирени является важным источником биологически активных соединений. Однако информация по количественному содержанию данных веществ, в частности сирингина, у различных представителей рода *Syringa* L. произрастающих на территории Беларуси, в частности на территории ЦБС недостаточно полна.

Цель работы — проведение оценки представителей рода *Syringa* L. с выявлением таксонов обладающих высокой продуктивностью сирингина и антиоксидантной активностью.

Материалы и методы исследований

Сбор растительного сырья проводили в первой половине дня, в сухую погоду. Все растения произрастали на территории ЦБС. Отбор растительного сырья проводили от здоровых, хорошо развитых, не поврежденных насекомыми и микроорганизмами растений. Для исследования брали кору с двухлетних побегов, диаметр которых составлял от 5 до 15 мм.

Сушку растительного сырья проводили воздушно-теневым способом, в хорошо вентилируемых помещениях, без доступа прямых солнечных лучей. Растительный материал, раскладывали тонким слоем и регулярно переворачивали. Сушка считалась законченной при содержании в сырье 10–15% гигроскопической влаги.

Приведение растительного материала в стандартное состояние достигалось очисткой материала от некондиционных частей и посторонних примесей. Все операции осуществлялись на сортировочном столе в помещении снабженном вытяжной вентиляцией.

Отбор средней пробы для экспериментов позволил получить небольшое количество исходного сырья в котором количество всех компонентов адекватно соотношению их во всей анализируемой массе растительного материала.

Экстракция растительного материала. Для экстракции использовали листья и кору. Сырье измельчали и просеивали через сито. Полученный материал хранили в закрытых стеклянных емкостях. 1 г растительного сырья помещали в колбу объемом 150 мл и прибавляли 10 мл 70% спирта, после чего колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Полученные экстракты охлаждали до комнатной температуры, фильтровали, доводили объем фильтрата 70%-ым спиртом до 25 мл и хранили при 4°C без доступа света.

HPLC-хроматография. Для анализа был использован хроматограф «Agilent 1200» с диодно-матричным детектором. Разделение компонентов проб проводили на колонке «ZORBAXEclipseXDBC18» (4,6×50 мм; 1,8 мкм) при температуре +30°C. Температура в автосамплере составляла +15°C, объем инъекции — 2 мкл. Детекция при длине волны 270 нм. В качестве подвижной фазы А использовали 0,15 об.% раствор уксусной кислоты в деионизованной воде; подвижной фазы В — 100% ацетонитрил. Скорость потока — 0,5 мл/мин. Был использован градиентный режим элюирования при изменении фазы В от 5% до 80% в течение 15 минут.

Для построения калибровочной кривой был использован стандарт сирингина (Eleutheroside B, Fluka 90974–10 mg, ≥98%). Растворы сравнения готовили путем последовательного разведения сток-раствора стандарта метанолом. Сток-раствор готовили в концентрации 1 мг/мл в метаноле. Диапазон использованной калибровки составил от 0,1 до 1 мг/мл. Линейность методики в данных диапазонах концентраций подтверждается полученным коэффициентом корреляции (более 0,99).

Антиоксидантную активность (далее — АОА) определяли с помощью набора реагентов «ФитХем» по количественному определению АОА фитопрепаратов, биокорректоров и лекарственного растительного сырья.

Состав набора: А1 — фосфатный буфер, 50 ммоль/л, рН 7,4, жидкий препарат, 1 флакон, 50 мл; А2 — метмиоглобин в конечной концентрации 2,8 мкмоль/л, 5 флаконов;

А3 — АБТС ((2,2-азино — бис — [3-этилбенз-тиазолин-6 — сульфокислоты]-диаммонийная соль) в конечной концентрации 546 мкмоль/л, 5 флаконов; А4 — пероксид водорода в конечной концентрации 8,8 ммоль/л, жидкий препарат, 1 флакон, 2 мл; А5 — стандарт (6-гидрокси — 2,5,7,8-тетраметилхроман — 2-карбоновая кислота) концентрация зависит от лота, указана на упаковке, твердое вещество, 5 флаконов. Один набор рассчитан на 50 определений при использовании кюветы с длиной оптического пути 0,5 см. Перед использованием выдерживали компоненты набора при температуре (18–25°C) в течение 30 мин.

Приготовление растворов: буфер (А1) — готов к использованию. Стабилен в течение срока, указанного на этикетке при 2–8°C. Миоглобин (А2) — растворяли содержимое одного флакона (А2) в 5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 8 часов при 15–25°C. АБТС (А3) — растворяли содержимое одного флакона (А3) в 5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 8 часов при 15–25°C). Количественно переносили содержимое флакона А3 во флакон А2 и осторожно перемешивали (обозначили флакон как «хромоген»). Субстрат (А4) — разбавляли в 1 мл субстрата (А4) 9 мл буфера (А1) (стабилен 24 ч или (неразведенный) в течение срока указанного на этикетке при 2–8°C). Стандарт (А5) — растворяли содержимое одного флакона стандарта (А5) в 0,5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 1 месяц при –20°C).

Подготовка пробы: исследуемые пробы водно-этанольных вытяжек растительного сырья не требуют специальной подготовки. Пробы с высокой АОА (вызывающие понижение оптической плотности раствора более чем на 75% в течение времени проведения измерений по сравнению с оптической плотностью контроля) разбавляли дистиллированной водой. Реагенты вносили в пробирки в соответствии с табл. 1.

Таблица 1
Схема анализа АОА

Длина волны	600–735 нм
Температура	37°C
Кювета	Длина оптического пути 0,5 см
Измерение	В кювете сравнения дистиллированная вода

Содержимое пробирки «Контроль» перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 контроль) в соответствии с условиями, приведенными в табл. 1. Добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин повторно измеряли оптическую плотность раствора (А2 контроль).

Содержимое пробирки «Стандарт» перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 стандарт). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 стандарт).

Содержимое пробирки «Проба» № 1 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Содержимое пробирки «Проба» № 2 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность

раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Содержимое пробирки «Проба» № 3 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Определение АОА: для каждого из образцов (контроль, стандарт, проба) вычисляли значение:

$$A2 - A1 = \Delta A$$

Общее содержание антиоксиданта в пробе рассчитывали по формуле:

$$[\text{антиоксидант}] \text{ ммоль/л} = \text{Фактор} \times (\Delta A_{\text{контроль}} - \Delta A_{\text{пробы}}),$$

где:

$$\text{фактор} = [\text{Стандарта}] / (\Delta A_{\text{контроль}} - \Delta A_{\text{стандарта}})$$

Рассчитывали среднее арифметическое значение для всех проб исследуемого образца.

Все анализы проводились в четырёхкратной повторности, полученные результаты обрабатывались с использованием компьютерной программы «Statistica 6.0», данные считали достоверными при $P < 0,05$. Величины расхождения между исследуемыми данными в выборке и генеральной совокупности рассчитывали с использованием статистической ошибки для среднего.

Результаты и их обсуждение

Первоначально была подобрана методика экстракции сирингина из коры сирени, которая основана на использовании водно-этанольного экстрагента с целью увеличения выхода сирингина. Для удаления пигментов и других липофильных соединений экстракты дополнительно обрабатывали гексаном. На основе данного метода проведено извлечение действующего вещества из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), а его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Полученные данные представлены в табл. 2.

Хроматографический анализ образцов коры сирени показал, что содержание сирингина в них колеблется в пределах от 0,019 до 0,727 мг/мл водно-этанольного экстракта (авторы намеренно представляют содержание сирингина в мг/мл экстракта, так как именно водно-этанольная вытяжка будет использоваться для практического применения и определения АОА). Все изученные образцы можно разделить на три класса. К первому относятся экстракты с содержанием сирингина выше 0,400 мг/мл, а именно: *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. При этом последний показал за 2016 год наибольший выход действующего вещества — 0,727 мг/мл (табл. 2).

Ко второму классу можно отнести образцы с колебанием сирингина в галеновом препарате ниже 0,400, но выше 0,100 мг/мл. Сюда можно отнести 14 изученных таксонов, что составляет основную долю от всех изученных растений. При этом максимальное и минимально содержание действующего вещества зафиксировано для таксонов *Syringa villosa* Vahl. разного географического происхождения.

Для третьего класса уровень биологически активного вещества составляет 0,99 мг/мл и ниже. Сюда можно отнести 4 изученных таксона, два из которых относятся к *Syringa reticulata* subsp. *pekinensis* (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang.

Проведенные исследования позволили выявить наиболее перспективные источники биологически активного фенольного гликозида сирингина среди различных представителей рода *Syringa* L., произрастающих на территории ЦБС. Очевидно, что проведение селекционных работ, направленных на повышение содержания сирингина, целесообразно выполнять, используя *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. в качестве исходного материала.

Таблица 2

АОА и содержание сирингина в экстрактах коры представителей рода *Syringa* L.

Наименование таксона, страна происхождения	Сирингин, мг/мл		АОА, ед. (в пересчете на 0.95 мМ Trolox, ml экстракта)	
	2015	2016	2015	2016
<i>Syringa vulgaris</i> L. Сирень обыкновенная (неизвест. 1937)	–	0,727	456,8	321,4
<i>Syringa oblata</i> Lindl. Сирень широколистная (Казахстан, 1963)	0,421	0,451	860,5	742,3
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1948)	–	0,406	446,8	655,7
<i>Syringa villosa</i> Vahl. Сирень волосистая (Финлянд., 1950)	0,377	0,344	1071,5	832,7
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Nara. Сирень сетчатая (неизвест.)	0,219	0,338	306,5	423,6
<i>Syringa tomentella</i> subsp. <i>yunnanensis</i> (Franch.) Jin Y. Chen & D. Y. Hong. Сирень юньнаньская (Нидерланды, 1951)	0,240	0,319	262,0	181,4
<i>Syringa vulgaris</i> L. Сирень обыкновенная (неизвест.)	–	0,268	386,8	478,6
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1950)	0,165	0,290	358,3	542,6
<i>Syringa villosa</i> subsp. <i>Wolfii</i> (C. K. Schneid.) Jin Y. Chen & D. Y. Hong. Сирень Вольфа (Россия, 1951)	0,244	0,183	312,4	292,5
<i>Syringa emodi</i> Wall. ex Royle. Сирень гималайская (Румыния, 1936)	0,260	0,166	363,8	282,6
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Италия, 1935)	0,257	0,131	367,3	256,3
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1986)	0,188	0,175	261,8	318,7
<i>Syringa villosa</i> Vahl. Сирень волосистая (неизвест., 1935)	0,121	0,252	365,3	283,9
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Венгрия, 1937)	–	0,218	285,5	235,5
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Украина, 1951)	–	0,218	491,3	373,7
<i>Syringa pubescens</i> Turcz. Сирень пушистая (неизвест.)	–	0,198	252,5	421,5
<i>Syringa tomentella</i> subsp. <i>sweginzowii</i> (Koehe&Lingelsh.) Jin Y. Chen&D. Y. Hong. Сирень Звегинцова (Польша, 1938)	–	0,129	281,1	314,7
<i>Syringa komarowii</i> C. K. Schneid. Сирень Комарова (Россия, 1957)	0,045	0,046	489,3	362,6
<i>Syringa tomentella</i> Bureau&Franch. Сирень тонковолосистая (неизвестно, 1936)	0,019	0,035	433,8	516,7
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень пекинская (неизвест.)	0,046	0,058	310,2	652,4
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень пекинская (неизвест.)	0,034	0,049	288,3	314,6

Следующим этапом работы, было исследование антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов из коры 21 таксона сирени (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора) (табл. 2). АОА определяли с помощью набора реагентов «ФитХем». Принцип работы набора состоит в следующем: АБТС (2,2-азино-бис — [3-этилбенз-тиазолин-6 — сульфокислоты]-диаммонийная соль) инкубируют с метмиоглобином и H_2O_2 до образования радикала АБТСR⁺. Получаемый раствор имеет достаточно стабильный зелено-голубой цвет, оптическая плотность которого детектируется при 730 нм. Антиоксиданты, содержащиеся в тестируемой пробе, подавляют развитие окраски пропорционально их концентрации в образце.

Изученные образцы можно разделить на две группы в зависимости от АОА. Так к первой группе можно отнести *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. активность экстрактов которых составила более 700 ед. Водно-этанольные вытяжки второй группы показали снижение АОА более чем на 50% по отношению к первой группе (табл. 2).

Попытка выявить зависимость между АОА и количественным содержанием сирингина в водно-этанольных экстрактах представителей рода *Syringa* L. не дала положительного результата, т. к. в пределах данной выборки использовали более 10 уравнений модели для которых был получен коэффициент аппроксимации менее 0,2, что свидетельствует об отсутствии корреляции между содержанием сирингина и АОА. Отсутствие данной зависимости, предположительно, связано с тем, что АОА водно-этанольных экстрактов формируется не только сирингином, а всем пулом фенольных соединений перешедших из коры в жидкую фазу.

Выводы

Проведена экстракция сирингина из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), а его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Хроматографический анализ образцов коры сирени показал, что содержание сирингина в них колеблется в пределах от 0,019 до 0,727 мг/мл водно-этанольного экстракта.

Проведенные исследования позволили выявить наиболее перспективные источники биологически активного фенольного гликозида сирингина среди различных представителей рода *Syringa* L., произрастающих на территории ЦБС. Очевидно, что проведение селекционных работ, направленных на повышение содержания сирингина, целесообразно выполнять, используя *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. в качестве исходного материала.

С помощью набора реагентов «ФитХем» определена АОА21 экстракта. Изученные образцы можно разделить на две группы в зависимости от АОА. Так к первой группе относятся *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. активность которых составила более 700 ед. Водно-этанольные вытяжки остальных таксонов показали снижение АОА более чем на 50% по отношению к первой группе.

Попытка выявить зависимость между АОА и количественным содержанием сирингина в водно-этанольных экстрактах представителей рода *Syringa* L. не дала положительного результата. Предположительно это связано с тем, что АОА водно-этанольных экстрактов формируется не только сирингином но и всем пулом фенольных соединений перешедших из коры в жидкую фазу.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории интродукции древесных растений ЦБС: к. б. н., доценту И. М. Гарановичу, С. Е. Булыко и В. Г. Гринкевичу за предоставленный растительный материал сиреней и помощь в таксономической оценке.

Список литературы

1. Васильев, В. Н. Сирень/ В. Н. Васильев// Флора СССР — М.; Л., 1952. — Т. 18. — С. 502–510.
2. Сааков, С. Г. Род сирень/ С. Г. Сааков// Деревья и кустарники СССР — М.; Л., 1960. — Т. 5. — С. 435–458.
3. Деревья и кустарники, розы и сирень. Краткие итоги интродукции/ В. Ф. Бибилова [и др.]; ред. Н. В. Смольский. — Минск: Наука и техника, 1968. — 384 с.
4. Обогащение, сохранение и изучение генофонда сирени в ЦБС НАН Беларуси/ В. Н. Решетников [и др.]// Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 27–29 сент. 2005 г./ Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад; редкол.: В. Н. Решетников (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2005. — С. 250–254.
5. Сохранение и изучение генофонда сирени в ЦБС НАН Беларуси/ В. Н. Решетников [и др.]// Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр./ Ин-т леса НАН Беларуси. — Гомель, 2007. — Вып. 67. — С. 238–245.
6. Лунева, З. С. Сирень/ З. С. Лунева, Н. Л. Михайлов, Е. А. Судакова. — М.: Агропромиздат, 1989. — 256 с.
7. Белорусец, Е. Ш. Сирень/ Е. Ш. Белорусец, В. К. Горб. — Киев: Урожай, 1990. — 176 с.
8. Fiala, J. L. Lilacs: a gardener's encyclopedia/ J. L. Fiala, F. Vrugtman. — 2 nd ed. — Portland: Timber Press, 2008. — 416 p.
9. Vrugtman, F. The garden lilac/ F. Vrugtman// The Gardens Bull. — 1973. — Vol. 27, № 1. — 6 p.
10. Куркин, В. А. Флавоноиды и маннитозиды листьев *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин, Г. Г. Запесочная, П. Е. Кривенчук// Химия природ. соединений. — 1980. — № 3. — С. 418–419.
11. Куркин, В. А. Лигнаны и изкоры *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин, Н. А. Гриненко, Г. Г. Запесочная// Химия природ. соединений. — 1991. — № 6. — С. 768–771.
12. Фенольные соединения коры *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин [и др.]// Химия природ. соединений. — 1989. — № 4. — С. 581–582.
13. Фенольные соединения коры из *Syringa amurensis*/ В. А. Куркин [и др.]// Химия природ. соединений. — 1992. — № 5. — С. 583–585.
14. Хроматографическое определение сирингина в коре сирени различной видовой принадлежности/ В. С. Подберезкин [и др.]// Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер. Физиол., биохим. и молекуляр. основы функционирования биосистем. — 2010. — Т. 5, ч. 2. — С. 34–39.
15. Phytochemical and pharmacological progress on the genus *Syringa*/ G. Su [et al.]// Chemistry Centr. J. — 2015. — Vol. 9, № 1. — P. 1–12.
16. Inouye, H. On the monoterpeneglucoside and related natural matter. xix. on the structure of nuzhenide, a bitter tasting glucoside from *Ligustrum lucidum* as well as *Ligustrum japonicum*/ H. Inouye, T. Nishioka// Tetrahedron. — 1972. — Vol. 28, № 15. — P. 4231–4237.
17. Phylogenetics and Diversification of *Syringa* Inferred from Nuclear and Plastid DNA Sequences/ Li Jianhua [et al.]// Castanea. — 2012. — Vol. 77, № 1. — P. 82–88.